

SOCIÉTÉ
GÉOLOGIQUE
DU
NORD

ANNALES

Tome LXXXIII

1963

1^{er} trimestre

VOLUME PUBLIÉ AVEC LE CONCOURS DU
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD
23, RUE GOSSELET
IRIS - LILLIAD - Université Lille 1
LILLE

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD
23, Rue Gosselet, LILLE — Tél. 53.05.38

Extraits des Statuts

ARTICLE 2.

— Cette Société a pour objet de concourir à l'avancement de la géologie en général, et particulièrement de la géologie de la région du Nord de la France.

— La Société se réunit de droit une fois par mois, sauf pendant la période des vacances. Elle peut tenir des séances extraordinaires décidées par le Conseil d'Administration.

ARTICLE 5.

Le nombre des membres de la Société est illimité. Pour faire partie de la Société, il faut s'être fait présenter dans une de ses séances par deux membres de la Société qui auront signé la présentation, et avoir été proclamé membre au cours de la séance suivante.

La cotisation annuelle minimum est de 20 F pour les sociétaires résidant en France, elle peut être majorée pour les sociétaires résidant à l'étranger. Elle peut varier par décision de l'Assemblée générale, sur proposition du Conseil.

Extraits du Règlement intérieur

§ 7. — Les Annales et leur supplément constituent le compte rendu des séances.

§ 17. — Les notes et mémoires originaux (texte et illustration) communiqués à la Société et destinés aux Annales doivent être remis au Secrétariat le jour même de leur présentation. A défaut de remise dans ce délai, ces communications prennent rang dans une publication postérieure.

§ 18. — Les Mémoires sont publiés par fascicules après décision du Conseil.

Tirages à part

Conformément au paragraphe 14 du Règlement Intérieur (tome LXXXI, p. 12), les tirages à part sont à la charge des auteurs qui doivent en faire par écrit la déclaration expresse en tête des épreuves du bon à tirer.

Cotisation : 20 F. — Etranger : 25 F (frais de port supplémentaires inclus).

Abonnement annuel : 40 F.

Pour tous renseignements et abonnement, s'adresser à :

M. le Secrétaire de la Société, Institut de Géologie, 23, rue Gosselet, LILLE.
Compte Chèques Postaux : Lille 5247 — Téléphone : 53.05.38

ANNALES DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD

Compte Chèques Postaux : Lille 5247

Tome I à X (moins I, II, III, VIII, IX épuisés) ne se vendent plus qu'avec la série complète ..	8,00 F.
Tomes XI à XLVI (sauf XXXVIII, XXXIX et XLV épuisés)	8,00 >
Tomes XLVII à L (sauf XLVIII épuisé)	10,00 >
Tomes LI à LXVII, chacun	12,00 >
Tome LXIV (disparu pendant l'occupation)	>
Tomes LXVIII à LXXI, chacun	16,00 >
Tomes LXXII à LXXIV, chacun	24,00 >
Tomes LXXV à LXXXII, chacun	30,00 >
Tome LXXXIII	40,00 >
Tables générales :	
1 ^{re} table : Tomes I à XX (1870 à 1892) (épuisée)	>
2 ^{me} table : Tomes XXI à XXX (1893 à 1901) (épuisée)	>
3 ^{me} table : Tomes XXXI à XL (1902 à 1911) (épuisée)	>
4 ^{me} table : Tomes XLI à LXXIX (1912 à 1959)	15,00 >

SOCIÉTÉ
GÉOLOGIQUE
DU
NORD

ANNALES

Tome LXXXIII

1963

1^{er} trimestre

VOLUME PUBLIÉ AVEC LE CONCOURS DU
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD
23, RUE GOSSELET
IRIS - LILLIAD - Université Lille 1
LILLE

CONSEIL D'ADMINISTRATION

— 1963 —

<i>Président d'Honneur</i>	M. P. PRUVOST
<i>Président</i>	M. J. POLVÊCHE
<i>Vice-Présidents</i>	M. A. BEUGNIES
	M. J. DANZÉ
	M. C. DELATTRE
<i>Secrétaire</i>	M. M. WATERLOT
<i>Secrétaire-adjoint</i>	M. J. PAQUET
<i>Trésorier</i>	M. l'Abbé TIEGHEM
<i>Délégué aux publications</i>	M. P. CELET
<i>Archiviste-bibliothécaire</i>	M. E. MÉRIAUX
<i>Conseillers</i>	M ^{lle} LE MAÎTRE
	M. DUMON
	M. BOUROZ
	M. RICOUR
	M. J. CHALARD
	M. G. WATERLOT

LISTE DES MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD

AU 1^{ER} JANVIER 1963

AGRALI, Licencié ès-Sciences, Résidence Académique, Avenue Cordonnier, Lille.
ALIN, Pharmacien, 43, rue Arthur Lamendin, Bruay (Pas-de-Calais).
ANSART-LELIEVRE, 333, Route de Rouen, Amiens (Somme).
ANDRELEFF, Assistant, 23, rue Gosselet, Lille.
ARENTS C., Ingénieur géologue, 278, rue Nationale, Lille.
ARSIGNY L., Professeur, 15, rue Cuvier, Le Cateau (Nord).
BABIN, 2, rue Léon-Blum, Brest.
** BACKEROOT, Professeur aux Facultés Catholiques de Lille, 7, rue Roland, Poix-du-Nord.
BALTHAZARD, Technicien-géologue, 63, chemin des Pompes, Douai (Nord).
BARCAT, Groupe de Valenciennes, 25, rue de la Liberté, Anzin.
* BARROIS Ch., Membre de l'Institut, 41, rue Pascal, Lille.
* BARROIS C.E., à Fontaine-les-Grès (Aube).
* BARROIS J., Docteur, 20, rue des Jardins, Lille.
BAUDET J., Attaché à l'Institut de Paléontologie humaine, 1, rue René Panhard, Paris-13^e.
BEAUMONT C., Directeur scientifique du B.R.G.M., 4, rue des Capucins, Meudon-Bellevue.
BEAUVAIS M., Chef de Travaux à la Sorbonne, 4, rue Pasteur, Bourg-la-Reine (Seine).
BELLEGARDE, Aide Géologue au Service des Mines, Allée des Erables, Gradignan (Gironde).
BERGOUNIOUX R.P., Professeur de Géologie à l'Institut catholique, 31, rue de la Fonderie, Toulouse (Haute-Garonne).
BERKALOFF E., Ingénieur géologue au B.R.G.M., 12, rue Jules Michelet, Epinay (Seine).
BERTHELOOT, Ingénieur Chimiste, 49, rue d'Arras, Douai.
BERTHOIS L., Docteur ès-Sciences, 30, quai Saint-Gast, Rennes (Ille-et-Vilaine).
BESTEL, Professeur honoraire, 28, rue des Pâquis, Moncy-Saint-Pierre (Ardennes).
BEUGNIES A., Professeur à la Faculté Polytechnique de Mons, rue Houdain, Mons (Belgique).
BIBLIOTHEQUE UNIVERSITAIRE, 16, rue du Gaillon, Caen (Calvados).
BIBLIOTHEQUE MUNICIPALE, 1, place Georges Lyon, Lille.
BIBLIOTHEQUE UNIVERSITAIRE, 1, place Georges Lyon, Lille.
BIBLIOTHEQUE UNIVERSITAIRE D'AIX-MARSEILLE, 1, place Victor Hugo, Marseille (Bouches-du-Rhône).
BIBLIOTHEQUE UNIVERSITAIRE, place du Marché Notre-Dame, Poitiers (Vienne).
BIBLIOTHEQUE UNIVERSITAIRE, 1, rue de la Borderie, Rennes (Ille-et-Vilaine).
BIBLIOTHEQUE UNIVERSITAIRE, 56, rue de Taur, Toulouse (Haute-Garonne).
BCEUF Michel, Ingénieur géologue, 129, rue Victor Hugo, Hellemmes (Nord).
BOLEWSKI A., Krakow, Aleja Mickiewicza 30, Akademi Gorniczo-Hutnicza (Pologne).
BOGDANSKI, Chef d'Exploitation, Boulevard de la Mer, Deauville (Calvados).
BONTE A., Professeur à la Faculté des Sciences de Lille, 71, rue du Maréchal Foch, Marcq-en-Barœul (Nord).
BOREL A., Professeur à la Faculté libre de Médecine et Pharmacie, 33, rue du Faubourg d'Arras, Lille.
BOUCLET A., Ingénieur honoraire de l'E.D.F., 37, rue des Saintes-Maries, Abbeville (Somme).
BOUGNERES L., rue Chanez, Paris (16^e).
BOURCZ A., Chef du Service géologique aux H.B.N.P.C., 9, rue Proust, Douai (Nord).
BOUT P., Professeur, 27, Cottage des Paulines, Clermont-Ferrand.

Les noms des membres à perpétuité sont précédés d'un astérisque, ceux des membres à vie de deux astérisques.

- BOUTRY, Abbaye Saint-Paul, Wisques par Saint-Omer.
- BRICE (M^{lle}), Assistante à la Faculté libre des Sciences de Lille, route de Fretin, Ennevelin par Pont-à-Marcq (Nord).
- BRIOS, Aide-Géologue, 5, rue Jules-Guesde, Divion (Pas-de-Calais).
- BROQUET Paul, Assistant de géologie, Saily-Flibeaucourt (Somme).
- BUISINE M., Géologue aux H.B.N.P.C., 56, rue du Pôle Nord, Lens (Pas-de-Calais).
- BUTEL P., Licencié ès-Sciences, rue de la Gare, Cesson.
- CALLENS A., Industriel, 217, boulevard de la Liberté, Lille.
- CARO-MONNIEZ, 14, Avenue du Président-Hoover, Lille.
- CARRETTE, Ingénieur civil des Mines, 164, faubourg Saint-Honoré, Paris-8^e.
- CASTANY G., Ingénieur géologue en Chef au B.R.G.M., 74, rue de la Fédération, Paris-15^e.
- CASTELAIN J., Ingénieur géologue, rue de l'Egalité, Cuinchy (Pas-de-Calais).
- CAVELIER, Technicien géologue, 74, rue de la Fédération, Paris-15^e.
- C.E.R.C.H.A.R., Laboratoire de Verneuil, B.P. 27, Creil (Oise).
- CELET P., Maître de Conférences, 218, rue du Faubourg-de-Roubaix, Lille.
- CHALARD J., Ingénieur géologue, Le Chalet, 205, rue Jean-Jaurès, Onnaing (Nord).
- CHAMBRE DE COMMERCE, 20, rue P. Doumer, Arras (Pas-de-Calais).
- CHAMBRE DE COMMERCE, Hôtel Consulaire, quai Gambetta, Boulogne-sur-Mer (Pas-de-Calais).
- CHAMBRE DE COMMERCE, Cambrai (Nord).
- CHAMBRE DE COMMERCE, Douai (Nord).
- CHAMBRE DE COMMERCE, Dunkerque (Nord).
- CHAMBRE DE COMMERCE, 2, rue du Château, Roubaix (Nord).
- CHAMBRE DE COMMERCE, Tourcoing (Nord).
- CHARBONNAGE DE FRANCE, Service information, 26, rue de la Paume, B.P. 396.08, Paris-8^e.
- CHARLET, Ingénieur, Faculté Polytechnique, rue Houdain, Mons (Belgique).
- CHARLES-ROBERT, Conservateur de la biblio. du Cabinet d'Égyptologie au Collège de France, 55, rue Lacordaire, Paris-15^e.
- CHARTIEZ Ch., Entrepreneur de forages, 2, rue Rouget-de-l'Isle, Béthune (Pas-de-Calais).
- CHAVY J., Ingénieur, ancien Directeur de la Cie des Mines de Liévin, 24, rue Delpech, Amiens (Somme).
- CHOQUET M., Assistant de zoologie, 33, rue du Dr Yersin, Lille.
- CHRISTOPH H.J., Ingénieur, Institut Géologie, Freiberg/Sa
- COINTEMENT, Ingénieur, 87, rue Fougères, Rennes (Ille-et-Vilaine).
- COLLIGNON M., Général de Division du Cadre de Réserve, 7, rue de l'Isère, Gières (Isère).
- COLLIN J.J., Ingénieur géologue, 3, boulevard Calmette, Lille.
- ** COMTE P., Commissariat à l'Énergie Atomique, 69, rue de Varenne, Paris-7^e.
- COMPTOIR TUILIER DU NORD, 117, route Nationale, Marcq-en-Barœul (Nord).
- CORSIN P., Professeur de Paléobotanique, 10, rue du Capitaine Michel, Lille.
- DALINVAL A., Ingénieur géologue, 18, rue de l'Egalité, Dechy (Nord).
- DANGEARD P., Professeur de géologie à la Faculté des Sciences, Caen (Calvados).
- DANLOUX, rue du Moulin, Glageon (Nord).
- DANZE-CORSIN, Maître Assistante de Paléobotanique, 132, rue de Cambrai, Lille.
- DANZE J., Maître-assistant à la Faculté des Sciences, 23, rue Gosselet, Lille.
- DASSONVILLE, 20, Quai des Fontenettes, Douai (Nord).
- DAVID, Professeur, Faculté des Sciences de Lyon, rue Emile-Zola, Villeurbanne.
- DEBRABANT, 55, rue Dutilleux, Douai (Nord).
- DECLERCQ-LEFEBVRE (Mme), 28, rue de la Tribounerie, Hem (Nord).
- DEFRETIN (Mme), Maître Assistante, 124 bis, rue Barthélémy-Delespaul, Lille.
- DEFRETIN Chr., Géologue, 18, Cité Henry, Paris (19^e).
- DEGROLARD, Chimiste, rue P.E.-Janson, Chooz par Givet (Ardennes).
- ** DEHAY Ch., Professeur à la Faculté de Médecine et Pharmacie, Cité Hospitalière, Lille.
- DELAHAYE E., Docteur ès-Sciences, 35, rue Alfred de Musset, Lille.
- DELANGHE (Mme), Professeur au Lycée de Wattrelos, 9/3, Avenue de Flandre, Gr. Baillerie, Wattrelos.
- DELATRE Ch., Professeur à la Faculté des Sciences, 23, rue Gosselet.
- DELEAU P., Professeur de géologie, Villa Birmandreis, rue B-27, Parc d'Hydra, Alger (Algérie).
- DELBART Robert, à Saint-Josse-sur-Mer (Pas-de-Calais).
- DELCOURT (Abbé), Professeur au Collège Saint-Julien, Ath (Belgique).

- DELECOURT J., Directeur des Tuileries du Nord, 113, rue Nationale, Marcq-en-Barœul (Nord).
- † DELEPINE (Mgr), Membre de l'Institut, 11, rue de Toul, Lille.
- DELHAYE R., Pharmacien, 61, rue Saint-Aubert, Arras (Pas-de-Calais).
- DELLERY B., 16, Boulevard Pèbre, Marseille.
- DELMER A., Ingénieur au corps des Mines et au Serv. Géol. de Belgique, 16, avenue Col. Daumerie, Bruxelles.
- DENIS (R.P.), Fac. Univ. Notre-Dame de la Paix, 61, rue de Bruxelles, Namur.
- DENIAU, Professeur au Lycée Nord, Saint-Louis, Marseille (15^e).
- DEPAPE G. (Mgr), Professeur à la Faculté libre des Sciences, 13, rue de Toul, Lille.
- DEROO J., Ingénieur E.N.S.P., chez Mme Lefebvre, 19, rue Emile Zola, Roubaix (Nord).
- DESCIAMP, Assistant, Faculté des Sciences d'Alger, Laboratoire de Géologie, rue E-Cat, Alger.
- DESOIGNIES, Ingénieur, 8, Allée du Cèdre, Raismes.
- DESPLANQUES H. (Abbé), Professeur aux Facultés Catholiques, 60, boulevard Vauban, Lille.
- DESPREZ, Ingénieur géologue au B.R.G.M., 23, rue de Bellevue, Mériel (Seine-et-Oise).
- DESTOMBES J.P., Ingénieur géologue au B.R.G.M., 57, rue Ch. Laffite, Neuilly (Seine).
- DETUNCQ, Les Closages, Villerville (Calvados).
- DEVOS, Licencié ès-Sciences, 4, Boulevard Vauban, Lille.
- DEZWARTE, 2, rue Paul-Blondeau, Marcq-en-Barœul.
- DE WITTE G., Professeur à l'Université de Gand, 20, Nieuwstraat, Wieze (Belgique).
- DIHORDAIN, Directeur des carrières quartzitiques de Beaumont-Cousolre, place de la Gare, Cousolre (Nord).
- DIDIER, Directeur général des Mines de Bruay, 8, chaussée de la Muette, Paris-16^e.
- ** DOLLE P., Ingénieur-géologue, rue Philibert-Roblaud, châlet, Hénin-Liétard (Pas-de-Calais).
- DOLOMIE FRANÇAISE, à Flaumont-Wambrechies par Avesnes-sur-Helpe (Nord).
- DONZE, Chef du Service Géologique du groupe de Bruay, Bruay-en-Artois (Pas-de-Calais).
- DORLODOT J. (de), Directeur du Musée Houllier de Louvain, Château de Vieusart, Corroy-le-Gand (Belgique).
- DOUBINGER J., Laboratoire de Géologie et de Paléontologie, Université de Strasbourg.
- DREYFUSS M., Professeur de Géologie et Minéralogie, 22, rue de Dôle, Besançon (Doubs).
- DUBAR G., Professeur à la Faculté libre des Sciences, 129, rue de Londres, Mouvaux (Nord).
- DUBOIS C. (Mme), Collaboratrice de la carte géologique d'Alsace-Lorraine, 13, rue Daniel-Hirtz, Strasbourg (Bas-Rhin).
- DUBOIS, Ing. en Chef de la formation prof. du Groupe de Douai, Douai.
- DUBOUCH H., Ingénieur, 17, rue des Coches, Saint-Germain-en-Laye (Seine-et-Oise).
- DUBREUCQ J., Inspecteur au Service des Eaux (Région Nord S.N.C.F.), 16, rue Henri Murger, Paris-9^e.
- DUBU V., Inspecteur académie, 1, avenue Gambetta, Laon (Aisne).
- DUEE G., Assistant de Géologie, 23, rue Gosselet, Lille.
- DUFORET, 72, Façade de l'Esplanade, Lille.
- DUFOUR R., Professeur, 85, avenue de Denain, Valenciennes.
- DUMON P., Ingénieur des Mines, Ingénieur-géologue, 3, rue de la Petite Triperie, Mons (Belgique).
- DUMON M., 3, rue de la Petite Triperie, Mons (Belgique).
- DUPLAN, Les Marbres Français, 20, rue Puissant, Jeumont.
- DURAND, Inspecteur général des Mines, 34, rue de Metz, Toulouse (Haute-Garonne).
- DUSSART, Géologue, 41, rue A-France, Bruay-en-Artois (Pas-de-Calais).
- ECOLE TECHNIQUE DES MINES DES H.B.N.P.C., rue Ch. Boursault, Douai (Nord).
- E.D.F., Région d'Équipement Thermique n° 4, 62, boulevard Froissard, Valenciennes (Nord).
- ESCUDEO-RATTO J., Ingénieur-géologue, Jiron Camilo Carrillo 300, Lima (Pérou).
- FABRE J., Ingénieur-géologue au B.R.G.M., 10, rue Georges de Porto-Riche, Paris-14^e.
- FERGUSSON (Mlle), Professeur, Lycée Fénelon, 167, avenue Pottier, Lambertsart.
- FERRANDON A., Ingénieur géologue, 93, avenue de la République, Montrouge (Seine).
- FEYS R., Ingénieur-géologue au B.R.G.M., 21 bis, rue des Ecoles, Paris-5^e.
- FIRTION F., Maître de Conférences à l'Université de Sarrebruck, Sarrebruck (Sarre).
- FISCHER J.C., Ingénieur, 51, boulevard Saint-Michel, Paris-5^e.
- FOUCHER J.C., Assistant, 42, Route de Franconville, Ermont (S.et-O.).
- ** FOURMARIER P., Ingénieur en Chef du Corps des Mines, 6, rue du Pr Mahaim, Cointe-Sclessin-Liège (Belgique).
- FOURNAU M., Directeur général des Eaux du Nord, 217, boulevard de la Liberté, Lille.
- FRADCOURT, Ingénieur civil des Mines, 12, avenue de la Taille, Mons (Belgique).
- ** FRIANT M., Sous-Directrice au Lab. d'Anat. comp. au Muséum, chez Mme Cremont, 103, rue Rouquier, Levallois (Seine).

- ** FRIEDEL E., Directeur Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, 60, boulevard Saint-Michel, Paris-6^e.
GALIEGUE, Ingénieur Civil des Mines, Allée de la Pensée, Abscon (Nord).
GAMBLIN A., Professeur agrégé, 26, rue Désiré Desmettre, Marcq-en-Barœul (Nord).
GANTOIS J., Ingénieur à la S.A.D.E., 4, rue Gambetta, Saint-André (Nord).
GAWRONSKI H., Géomètre, 2, Chemin des Baudeliers, Onnaing (Nord).
** GENY P., Ingénieur Civil des Mines, Lavau à Plappeville par Metz (Moselle).
GEOLOGISCH LABORATORIUM, Gebow voor Mijnbouwkundes, Delft (Hollande).
GODFRIAUX Y., Assistant de Géologie, Faculté Polytechnique de Mons, rue Houdain, Mons.
† COSSELET J., Membre de l'Institut, Prof. Faculté Sciences de Lille, Fondateur de la Société Géologique du Nord.
GOUILLARD, Docteur ès-Sciences, 50, Avenue des Lilas, Lille.
GOVAERTS, Pharmacien, 12, Chemin de Drusburg, Tervuren (Belgique).
GRANJEON P., Professeur Ecole Saint-Julien de Brioude, 52, rue des Olliers, Brioude (Haute-Loire).
** GROSJEAN A., Ing. en Chef, Dir. Corps Mines Belg., Dir. Serv. Géol. Belg., 41, av. de l'Horizon, Woluwe-St-Pierre (Belg.).
GROUPE D'AUCHEL, Groupe d'Auchel des H.B.N.P.C., Auchel (Pas-de-Calais).
GROUPE DE LENS, Groupe de Lens des H.B.N.P.C., Lens (Pas-de-Calais).
GROUPE DE VALENCIENNES, Groupe de Valenciennes, 25, rue de la Liberté, Anzin (Nord).
GULINCK M., Ingénieur, 13, rue Jenner, Bruxelles (Belgique).
HACQUAERT A., Professeur à l'Université de Gand, 6, rue Rozier, Gand (Belgique).
HEDDEBAUT (Abbé), Licencié ès-Sciences, 218, rue Malsence, Tourcoing (Nord).
HENNINOT, Médecin-biologiste, 55, boulevard Vauban, Lille.
HERVOUET M., Ingénieur E.N.S.P., 71-77, rue du Théâtre, Paris-15^e.
HOLVOET, Licencié ès-Sciences, 31, rue Philippe-le-Bon, Tourcoing (Nord).
HORON O., Ingénieur-géologue au B.R.G.M., 38, rue de Fontenoy, Sceaux (Seine).
HUPE P., Maître de Conférences à la Sorbonne, 9, square Ch. Laurent, Paris-15^e.
INSTITUT DE GEOGRAPHIE DE LA FACULTE DES LETTRES, 9, rue Auguste-Angellier, Lille.
INSTITUT MUSEUM, Geologie-Paléontologie de Tübingen, Sigwarstrasse 10, Tübingen (Allemagne).
INGENIEURS CIVILS DE FRANCE, 19, rue Blanche, Paris (9^e).
INVENTAIRES DES RESSOURCES HYDRAULIQUES DE LA GIRONDE, 16, rue Raze, Bordeaux (Gironde).
INVENTAIRES DES RESSOURCES HYDRAULIQUES DU NORD ET DU PAS-DE-CALAIS, 20, Quai des Fontainettes,
Douai (Nord).
JACOB A., Ingénieur Géologue, 96, rue Gabriel-Péri, Saint-Etienne (Loire).
JOLY A., Géomètre, Cité Mallet, Beuvrages (Nord).
JOLY F., 830, avenue de la République, Marcq-en-Barœul (Nord).
JOLY R., Chef de Travaux de Zoologie, 42, rue du Capitaine Ferber, Lille.
KARPOFF R., Géologue, Docteur ès-Sciences, chemin de la Briqueterie, Pougival (Seine-et-Oise).
KONYALI, 7, rue Clemenceau, Lille.
LABORATOIRE DE GEOLOGIE, Collège Scientifique Universitaire, rue Duquesne, Brest.
LABORATOIRE DE GEOLOGIE DE LA FACULTE DES SCIENCES DE DIJON, Dijon (Côte-d'Or).
LAB. DE GEOL. DE L'ECOLE DES MINES ET FAC. TECH. DU HAINAUT, 9, rue Houdain, Mons (Belgique).
LABORATOIRE DE GEOLOGIE, Centre d'Orsay, Orsay.
LABORATOIRE DE GEOLOGIE DU COLLEGE DE FRANCE, place Marcolin-Berthelot, Paris-5^e.
LABORATOIRE DE GEOLOGIE DU MUSEUM D'HISTOIRE NATURELLE, 61, rue de Buffon, Paris-5^e.
LABORATOIRE DE GEOLOGIE DE LA SORBONNE, 1, rue Victor Cousin, Paris-5^e.
LABORATOIRE DE GEOLOGIE DE REIMS, 3, rue Vauthier-le-Noir, Reims.
LABORATOIRE REGIONAL DES PONTS ET CHAUSSEES, Route de Paris, Saint-Quentin (Aisne).
LABORATOIRE DE GEOLOGIE, Collège Scientifique Universitaire, 18, Place Saint-Michel, Amiens.
LAMBRECHT, Géologue du Centre National de Géologie Houillère, 7, Devant Rosières, Esneuse.
LAPPARENT A.F. de, Professeur de Géologie à l'Institut Catholique, 21, rue d'Assas, Paris-6^e.
LAURENTIAUX D., Professeur, 1, rue Louis-Rolland, Montrouge (Seine).
LAVEINE, 8, Place Barthélémy-Dorez, Lille.
LAVERDIERE J.W., Laboratoire de Géologie de l'Université de Laval, Québec (Canada).
LE POUQUIN-FERNET (Mme), Résidence La Fontaine, 186, Avenue A.-Priand, Antony (Seine).
LECLERCQ Cl., Licenciée ès-Sciences, route de Lannoy, Auxi-le-Château (Pas-de-Calais).
LECOINTRE G., Ingénieur-géologue au B.R.G.M., 17, avenue de Saxe, Paris-7^e.

- LECOMPTE M., Conservateur à l'Institut Royal d'Histoire Naturelle, avenue Normande, Genval.
LEFFEBVRE, Entrepreneur de Sondage, Blanc-Misseron-Quièvrechain (Nord).
LEGRAND F., 5, rue Roux, Fouquières-les-Lens.
LE MAITRE (Mlle), Professeur à la Faculté libre des Sciences, 43, rue J.-B. de la Salle, Lille.
LEMOIGNE Y., Maître de Conférences, Laboratoire de Botanique, Faculté des Sciences, 43, Boulevard de l'Hippodrome, Villeurbanne (Rhône).
LENTACKER, Professeur de Géologie, 120-bis, rue Meurein, Lille.
LEROUX B., Géologue, 180, route Nationale, La Chapelle d'Armentières (Nord).
LEROUX Ed., Ingénieur civil, 45, rue Félix-Faure, Enghien-les-Bains (Seine-et-Oise).
LEROUX R., Directeur de la Société Eaux et Force, 217 bis, avenue A. France, Anzin (Nord).
LEROY M., Ingénieur-géologue, S.A.P., B.P. 203, Dakar (Sénégal), A.O.F.
LEUVEUGLE J., Licenciée ès-Sciences, Professeur, 1, rue d'Isly, Roubaix (Nord).
LEVEQUE P., Ingénieur-géologue au B.R.G.M., rue Vatonne, Pavillon 19, Gif-sur-Yvette (Seine-et-Oise).
LEVET-CARETTE, 13, rue Loubet, Hénin-Liétard (Pas-de-Calais).
LHOSTE J., Ingénieur, 9, rue Brémoutier, Paris-17^e.
LIENHARDT G., Ingénieur au B.R.G.M., 34, rue Lavoisier, Rosny-sous-Bois.
LOBOZIAK S., 131, Cité de la Tranquillité, Carvin (Pas-de-Calais).
LOUBRY O., 30, rue des Postes, Lille.
LUCAS G., 3, rue Paillet, Paris-5^e.
LYS M., Professeur à l'École Nationale Supérieure du Pétrole, 36, rue de Buzenval, Saint-Cloud.
MAES M., Architecte, 124, rue de Dunkerque, Tourcoing (Nord).
MAFTEKI R., Aide-Géologue, rue Champs-Monthois, Wallers-Arenberg (Nord).
MAGNE J., Ingénieur-géologue E.N.S.P., 36, rue du Parc, Cauderan (Gironde).
MAISTRE J., Ingénieur Géologue, Houillères du Bassin de la Loire, La Malafeli, Le Chambon Fougerolle (Loire).
MARIE, Géologue, Société Nationale des Pétroles d'Aquitaine, Allées de Marlaas, Pau.
MARIETTE H., Docteur-vétérinaire, 42, rue de Montreuil, Samer (Pas-de-Calais).
MARION (Mme), Professeur, 7, rue du Pré-Brûlé, Solesmes (Nord).
** MARLIERE R., Professeur à la Fac. Polyt, de Mons, 2, rue Louis-Piérard, Hyon (Belgique).
MARTEL A., Ingénieur-géologue, S.N. Repal, B.P. 105, Alger (Algérie).
MASSON E., Aide Géologue, 8, Route Nationale, Noyelles-Godault (Pas-de-Calais).
MATHIEU G., Professeur Faculté des Sciences, Laboratoire de Géologie, rue Sainte-Opportune, Poitiers.
MAUTORT J., Ingénieur Géologue, 72, Route de Sarrebruck, Metz (Moselle).
MELON, Industriel licencié ès-Sciences, Usine à Gaz, Château-Landon (S.-et-M.).
MENCHIKOFF N., Directeur de Recherches, Centre de Recherches des zones arides, 16, rue P.-Curie, Paris (5^e).
MENNESSIER G., 8 bis, Quai Boissy d'Anglas, Bougival (Seine-et-Oise).
MERIAUX E., Assistant, 1, rue de l'Eglise, Cagnoncles (Nord).
MERLE L., Chef de Travaux Electricité de France, 20, rue Giroud, Douai (Nord).
MEURISSE L., Entrepreneur de sondages, 21, rue d'Arras, Carvin (Pas-de-Calais).
MEURISSE M., 23 bis, rue J.B. Lebas, Lys-lez-Lannoy.
MIART J., Professeur, 35, rue J.B. Rousseau, Charleville (Ardennes).
MINOT A., Licencié ès-Sciences, 38 bis, rue des Patriotes, Saint-Quentin.
MIROUSSE R., Professeur, 8, rue des Cèdres, Toulouse.
MORTELMANS, Professeur de Géologie, 22, rue Alexis-Willem, Bruxelles-16.
MOUTERDE R., Professeur à la Faculté Catholique de Lyon, 25, rue du Plat, Lyon (Rhône).
MUCHEMBLE G., Chef de Laboratoire à l'Institut Pasteur, boulevard Louis XIV, Lille.
MULO R., Ingénieur, 120, rue du Président-Roosevelt, Bât. B, Saint-Germain-en-Laye (Seine-et-Oise).
NOVOJILOV N.I., Académie des Sciences de l'U.R.S.S., Bolchaïa Kalaijskaïa 33, Moscou B 71.
PAQUET J., Assistant de Géologie, 9, rue Debuire du Buc, Lambertsart (Nord).
PAREYN C., Professeur à la Faculté des Sciences, Caen (Calvados).
PENEAU J., Professeur aux Facultés Catholiques de l'Ouest, 50, rue du Dr Guichard, Angers.
** PETIT R., Ingénieur, 1, au Guindal, Abbeville (Somme).
PETROLES DE NORMANDIE, 19, Avenue de Messines, Paris (8^e).
PFEFER D., Licencié ès-Sciences, 40, rue Voltaire, Saint-Quentin (Aisne).
PHILIPPART, 4, Place du Chat-Botté, Bruxelles (Belgique).

- PICAVET P., Ingénieur, 142, rue Faidherbe, Mouvaux (Nord).
- PINCHEMEL P., Professeur de Géographie à la Faculté des Lettres, 9, rue Auguste-Angellier, Lille.
- POLVECHE, Maître de Conférences, 7, rue Ladrière, Résidence du Bois, Lille.
- POMEROL, Maître Assistant de Géologie, 20, rue de Verdun, Chaumontel par Luzarches.
- PREVOST A., Institut Pasteur, 25, rue du Dr Roux, Paris-15^e.
- PROUVOST, Maître de Conférences, 11, Avenue des Renouillers, Colombes (Seine).
- PRUDHOMME V., 5, rue Clémenceau, Lille.
- ** PRUVOST P., Membre de l'Institut, Professeur de Géologie à la Sorbonne, 5, place du Panthéon, Paris-5^e.
- PUIBARAUD G., Ingénieur au Groupe de Béthune des H.B.N.P.C., 4, rue Brasme, Bully-les-Mines (Pas-de-Calais).
- RANSART G., 26, rue Saint-Jean, Maubeuge.
- REGIE AUTONOME DES PETROLES, 12 à 16, rue Jean-Nicot, Paris.
- 1^{re} REGION ECONOMIQUE, Secrétaire général: Mr Woerly, Palais de la Bourse, Lille.
- REGNIEZ A., Géomètre, 114, Cité de la République, Abscon (Nord).
- REMACLE J. ROME (Dom), place Smolders, Louvain (Belgique).
- RENAULT Ph., 49, boulevard du Cours, Alençon (Orne).
- RICOUR J., Ingénieur-géologue en chef au B.R.G.M., 3, rue des Chantiers, Paris-5^e.
- RINGARD H., Ingénieur-docteur aux usines Courrières-Kuhlmann, 128, route Nationale, Billy-Montigny (Pas-de-Calais).
- RONFARD, Ingénieur aux H.B.N.P.C., 31, Boulevard Dampierre, Anzin.
- ROSSIGNOL F., Géologue au B.R.G.M., rue de la Lombardie, Bouvignies par Marchiennes.
- SARROT-REYNAULD, Chef de Travaux, 11, Boulevard Gambetta, Grenoble.
- SCHIETTECATTE, Professeur, 2, Avenue Hoover, Lille.
- SCRIBAN R., 76, rue du 2 Septembre, Saint-Amand-les-Eaux (Nord).
- SELOSSE N., Licenciée ès-Sciences, 27, rue Saint-Thomas, Douai.
- SERVICE GEOLOGIQUE DES H.B.N.P.C., 20, rue des Minimes, Douai (Nord).
- SOYER R., Assistant au Muséum, 37, rue Jacques Kablé, Nogent-sur-Marne (Seine-et-Marne).
- STAMPS L. DUBLEY, Professor, Ebbingford Manor, Bude-Cornwall (England).
- STATION AGRONOMIQUE, 9, rue Saint-Nicaise, Arras.
- STEVENS (Major), Professeur de Géologie à l'Ecole Royale Militaire, 1, avenue de la Couronne, Bruxelles-4.
- S'IEVENARD M., Ingénieur Divisionnaire au Service Géologique des H.B.N.P.C., rue des Minimes, Douai (Nord).
- STOPA, Professeur à l'Académie des Mines, Laboratoire de Paléontologie, 30 Aleja Mickiewicza, Krakow (Pologne).
- TCHIMICHKAN G., Le Vert Bocage, Boulevard Wimille, Saint-Gaudens (Haute-Garonne).
- THEILLIER, Géologue au B.R.G.M., 19, rue de la Boucherie, Douai.
- TIEGHEM G., 22, rue Lamartine, Armentières (Nord).
- TOUBEAU, Ingénieur, Faculté Polytechnique, rue Houdain, Mons (Belgique).
- VADASZ E., Professeur de Géologie à l'Université, Museum Korut 4 a, Budapest-VIII.
- VANDENBERGHE, Géologue, 9 bis, Avenue Frizac, Toulouse.
- VAN DE WALLE-LANDRU (Mme), 100, rue Jean-Jaurès, Liévin (Pas-de-Calais).
- VAN STRAELEN V., Directeur du Musée royal d'Histoire naturelle, 7, avenue Géo-Bernier, Bruxelles.
- VETTER P., Géologue aux Houillères d'Aquitaine, Decazeville (Aveyron).
- VIGNEAUX M., Professeur à la Faculté des Sciences de Bordeaux, 80, rue Furtado, Bordeaux (Gironde).
- VIGREUX S., Licencié ès-Sciences, Place des F.F.I., Lillers.
- VILLERS, Ingénieur, Les Marbres Français, 20, rue Puissant, Jeumont (Nord).
- VOISIN, Professeur au Collège moderne de Charleville, rue Mabillon, Charleville (Ardennes).
- VUYLSTEKER-RAFFESTIN (Mme), rue Joliot-Curie, Bât. A/4, App. 3021, Lille.
- WAROQUIEZ J., Ingénieur à la société Eaux de Cambrai, 11, rue du Château d'Eau, Cambrai.
- ** WATERLOT G., Professeur de Géologie et Minéralogie à la Faculté des Sciences, 23, rue Gosselet, Lille.
- WATERLOT M., 184, rue de la Reine-Astrid, Marcq-en-Barœul.
- WINNOCK, 42, Résidence des Fleurs, Chemin de Buros, Pau.

A N N A L E S
D E L A
S O C I É T É G É O L O G I Q U E D U N O R D

publiées avec le concours du Centre national de la Recherche scientifique

Société fondée en 1870 et autorisée par arrêtés en date des 3 Juillet 1871 et 28 Juin 1873

23, rue Gosselet, Lille — Tél. 53.05.38 — C.C.P. Lille 5 247

Compte rendu de l'activité de la Société

ASSEMBLEE GENERALE DU 6 JANVIER 1963

PRÉSIDENTE DE M. J. CHALARD, PRÉSIDENT

Sont élus membres de la Société :

- M. DESOIGNIES Jean, Ingénieur Géologue au B.R.G.M., 8, allée du Cèdre bleu à Raismes (Nord), présenté par MM. Ricour et G. Waterlot.
- M. BOUGNÈRES Louis, Ingénieur Géologue aux Charbonnages de France, 1, rue Chanez à Paris (16^e), présenté par MM. Chalard et Bouroz.
- M. SARBOT-REYNAULD DE CRESSENEUIL Jean, 1, boulevard Gambetta à Grenoble (Isère), présenté par MM. G. Waterlot et Bouroz.
- M. HAUDOUR Jean, Ingénieur Géologue aux Houillères du Bassin du Dauphiné, 1, place de la Liberté à La Mure (Isère), présenté par MM. Bouroz et Chalard.
- M. ANDREIEFF Patrick, Assistant de Géologie, 23, rue Gosselet à Lille, présenté par MM. G. Waterlot et J. Polvéche.

L'Assemblée procède, conformément aux statuts, au renouvellement de son Conseil d'Administration.

M. P. PRUVOST, *Président d'Honneur* à vie.

Sont élus :

- M. J. POLVÉCHE, *Président pour 1963.*
- M. A. BEUGNIES, *Premier Vice-Président pour 1963.*
- M. J. DANZÉ et M. C. DELATTRE, *Vice-Président pour 1963.*
- M. M. WATERLOT, *Secrétaire.*
- M. J. PAQUET, *Secrétaire-adjoint.*
- M. l'Abbé TIEGHEM, *Trésorier.*
- M. P. CELET, *Délégué aux publications.*
- M. E. MÉRIAUX, *Archiviste-bibliothécaire.*
- M. J. CHALARD et M. G. WATERLOT, *Conseillers pour un an.*

Rappelons que, lors de l'Assemblée Générale du 10 Janvier 1962, Mlle LE MAÎTRE et M. P. DUMON avaient été élus Conseillers pour trois ans et MM. BOUROZ et RICOUR, Conseillers pour deux ans.

Communications écrites

- M. FRIANT. — Le *Rhinoceros (Tichorhinus) Antiquitatis* BLUM. Recherches anatomiques sur la tête osseuse et la dentition.
- F. LAURENTIAUX-VIEIRA et D. LAURENTIAUX. — Sur quelques restes nouveaux d'Arachnides du Terrain houiller.

Communication orale

J. FABRE et R. FEYS. — Action de roches éruptives sur des charbons d'Afrique du Sud.

Présentation d'ouvrage

M. J. CHALARD présente à la Société un mémoire de M. BRIANCOURT intitulé : « Etude des sols de fondations ».

SEANCE DU 6 FEVRIER 1963

PRÉSIDENTENCE DE M. CHALARD, PRÉSIDENT EN 1962

PUIS DE M. POLVÊCHE, PRÉSIDENT EN 1963

M. J. CHALARD, Président sortant, après avoir fait un rapide bilan de l'année écoulée, passe les pouvoirs présidentiels à M. J. POLVÊCHE, nouveau Président.

Avant de quitter le fauteuil présidentiel, M. J. CHALARD s'adresse à l'Assemblée en ces termes :

Mesdames, Mesdemoiselles, Messieurs,

Voici venu le terme de ma présidence.

Avant de laisser la place à mon successeur, il me reste, selon l'usage, à « faire le point » de la situation de la Société.

Nous avons, au début de l'année dernière, un certain retard dans la publication des « Annales ». J'ai essayé, au cours de l'année, de faire en sorte que ce retard puisse être rattrapé. Grâce aux efforts de tous et en particulier aux efforts dévoués de M. CELET, notre Délégué aux Publications, la situation a été rapidement améliorée : cinq fascicules ont paru en 1962 : le quatrième fascicule 1960, les deuxième et troisième fascicules 1961, les premier et deuxième fascicules 1962.

Evidemment, ce retard de nos publications entraînait pour la Société durant ces dernières années une prospérité financière apparente, mais fictive : le montant des cotisations, abonnements, subventions... etc..., entrait en effet dans la caisse de la Société alors que les dépenses correspondantes, qui sont essentiellement les frais d'impression de nos publications, n'étaient pas engagées dans le même temps.

Maintenant qu'une bonne partie du retard a été rattrapée, il faut s'attendre à un bilan plus sévère mais qui reflètera, mieux que les précédents, la situation réelle de la Société. M. l'Abbé TIEGHEM va vous l'exposer tout à l'heure. Sans être alarmant, ce bilan justifie le relèvement des cotisations qui a été décidé et il montre qu'il ne faudra pas relâcher nos efforts en particulier dans la recherche des subventions qui sont indispensables au maintien de nos activités.

Remarquons toutefois que nos publications ne sont pas encore absolument à jour : le deuxième fascicule 1962, paru en décembre, est celui du deuxième trimestre ; il paraît donc encore avec six mois de retard ; il faudra continuer à travailler au même rythme si nous voulons assurer la parution des « Annales » dans les trois mois, comme cela se faisait dans le passé : c'est l'une des conditions de notre bon renom et de notre prospérité.

Je me réjouis aussi de voir la Société reprendre la publication de ses Mémoires, interrompue depuis 1934. Un nouveau Mémoire, vous le savez, va paraître prochainement ; je lui souhaite un brillant succès et je souhaite que d'autres Mémoires suivent et viennent enrichir encore cette collection si appréciée.

Il me reste maintenant à remercier les Membres du Bureau et du Conseil qui m'ont aidé, d'une façon particulièrement efficace, tout au long de cette année, et à m'excuser auprès d'eux du travail que je leur ai demandé : je les ai réunis souvent, trop souvent peut-être, et néanmoins nous n'avons pas réussi encore à régler toutes les questions en cours. Mon successeur ne manquera pas de travail. Vous le connaissez, je n'ai pas besoin de faire son éloge. Nous sommes certains, pour reprendre une image déjà employée par l'un de mes prédécesseurs, qu'il maintiendra le gouvernail d'un bras vigoureux. Je lui transmets donc, de votre part, les pouvoirs de la présidence en le priant de bien vouloir prendre place en ce fauteuil.

M. J. POLVÊCHE, en prenant ses fonctions présidentielles, prononce l'allocution suivante :

Mesdames, Mesdemoiselles, Messieurs,

C'est avec beaucoup d'émotion que je prends place à ce fauteuil présidentiel d'où tant d'illustres géologues ont guidé notre Société.

Je tiens à vous remercier de la grande confiance que vous avez bien voulu me témoigner. Faut-il vous dire que j'essaierai d'en être digne ?

Un de mes prédécesseurs a comparé la Société à une barque que le Président se devait de mener au port. Le capitaine que vous avez élu cette année serait très inquiet s'il ne savait que sa barque est solide... La devise de la Société Géologique du Nord pourrait être celle de la ville de Paris (*fluctuat nec mergitur*). En effet, la Société Géologique du Nord fut lancée par un Maître Jules GESSELET, notre Maître à tous, et elle vogue depuis 1870, et depuis cette date, contre vents et marées, la Société Géologique du Nord vit, et vit intensément.

Dois-je vous rappeler que cette barque fut entretenue, agrandie, perfectionnée par des générations de géologues du Nord. Charles BARROIS, Paul BERTRAND, André DUPARQUE (pour ne citer que des personnalités décédées) y ont imprégné leur marque.

Rappelons aussi que tout dernièrement, la Société Géologique du Nord fut rajunie sous l'impulsion de J. RICOUB qui lui octroya de nouveaux statuts.

La Société Géologique du Nord vogue allègrement depuis tant d'années qu'il va nous falloir penser à son centenaire. Ma main inexpérimentée ne pourra, je l'espère, troubler sa course. D'ailleurs, si j'avais quelque inquiétude, je sais disposer derrière moi pour me guider d'un Conseil d'Administration particulièrement compétent. Notre état-major que vous avez choisi est constitué par des personnalités qui ont prouvé depuis longtemps leur valeur. Qu'on en juge :

Notre Président d'Honneur, M. PRUVOST, est connu de tous les géologues du monde. Quel est son rôle ? En tant que Président d'Honneur, il est bien entendu au-dessus du Président ; or rappelez-vous, « le capitaine, ou le Président » est maître après Dieu sur son navire. Alors concluez vous-mêmes si vous l'osez... M. PRUVOST, dont beaucoup et moi-même sont honorés d'être les élèves, ne joue-t-il pas ce rôle ? Bien qu'invisible, il est toujours présent parmi nous, et nous le savons tous, pour nous montrer la voie, pour nous aider. Nous en avons de nombreuses preuves chaque année. Puisse-t-il rester longtemps encore notre guide.

Quant au Vice-Président, je me permets de penser que votre choix a été tout particulièrement judicieux. Tout le monde ici connaît le dynamisme et les qualités de M. BEUGNIES. Je n'ai qu'une seule inquiétude égoïste à son égard : c'est que l'année prochaine son règne n'éclipse totalement le mien.

M. DANZÉ, nouveau venu dans le Conseil d'Administration, nous apportera la bonne parole des paléobotanistes. Nous l'écouterons toujours avec plaisir. Son rôle est important étant donné le développement continu de la paléobotanique et de la palynologie dans notre laboratoire. Il remplace Monsieur le Professeur COSSIN, de l'Académie, que nous regrettons de voir quitter le Conseil étant donné les obligations statutaires.

Quant à Monsieur le Professeur DELATTRE, je ne voudrais pas le faire rougir en disant publiquement tout le bien que je pense de lui. Nous le savons modeste, efficace et dévoué, nous savons que l'on peut compter sur lui en toute occasion.

En ce qui concerne les conseillers, j'ai la chance d'avoir pour me guider les représentants les plus éminents de tous les organismes qui constituent les piliers de la Société Géologique du Nord.

Les Houillères sont représentées par MM. BOUROZ et CHALARD. Nous les connaissons très bien tous deux, donc nous les apprécions. Qu'ajouter de plus ? Je profite de cette occasion pour remercier plus particulièrement M. BOURAZ de l'aide qu'il m'a apportée dans mes travaux sur la craie. Quant à M. CHALARD, il a su mener avec un grand dynamisme les séances de l'année 1962 : 11 notes sur le Carbonifère, soit près de la moitié des publications, ont été présentées sous son règne. C'est dire la bienveillance et l'estime que lui témoignent les géologues houillers. Ce fut un grand Président. Je n'ai qu'un seul désir : essayer de faire aussi bien.

La Faculté Catholique est représentée dans le Conseil par Mademoiselle LE MAÎTRE. Nous savons tous l'attention qu'elle porte, et que la Faculté Catholique porte, à la Société Géologique du Nord. Nous connaissons et avons tous apprécié sa compétence. Je garde de sa présidence un souvenir inoubliable car je devins membre de la Société Géologique du Nord l'année même où elle fut Présidente. Plusieurs Présidents vous ont décrit leur premier contact avec notre Société. Pour ma part, je me souviendrai toujours d'être arrivé pour la première fois en retard, d'avoir fait grincer affreusement la porte et d'avoir eu droit à un coup d'œil, que j'ai cru courroucé, de la Présidente.

Le Bureau de Recherches Géologiques et Minières constitue une nouvelle poutre maîtresse de la Société Géologique du Nord. Ce nouvel organisme a su s'intégrer sans grande difficulté dans notre Société et il

participe de plus en plus activement à nos séances. Nous avons pu déjà juger du dynamisme de son équipe et de son Directeur, M. RICOUR, qui la représente.

Quant au Laboratoire qui fut et qui demeure la cellule mère de la Société, il est représenté par Monsieur le Professeur WATERLOT, notre Maître lillois. N'attendez pas que je fasse suivre son nom de qualificatifs plus ou moins dithyrambiques. On ne juge pas son Maître de tous les jours, on le suit et on le respecte.

Il me reste à remercier encore la cheville ouvrière de la Société Géologique du Nord, les élus qui donnent leur temps, leur activité, tout leur dévouement à notre Société et dont le seul but est de la faire vivre. Sans eux, il ne serait rien ; n'est-ce pas Monsieur TIEGHEM, qui pâlit sur les factures et qui gère avec dévouement notre budget. N'est-ce pas Monsieur CELLET, qui a la très lourde charge de diriger nos publications. N'est-ce pas Messieurs Michel WATERLOT et Jacques PAQUET, qui êtes chargés de la tâche ingrate du Secrétariat. N'est-ce pas enfin Monsieur MÉRIAUX, qui vient d'accepter le poste, oh combien lourd, de bibliothécaire. Merci à vous.

J'allais oublier de parler de l'équipage du bateau. Vous tous, mes chers Collègues, qui êtes, vous aussi, indispensables à la bonne marche de la Société. Vous amenez l'argent et les communications, c'est-à-dire l'esprit et la matière, n'est-ce pas tout ?

Votre Président, pour conclure, va essayer de vous préciser quelles seront ses préoccupations au cours de son mandat.

Nous avons écouté l'année dernière 24 communications, c'est beaucoup si l'on compare cela aux années antérieures, c'est peu si l'on compare notre activité à celle de la Société Géologique de France. Le nombre de nos communications est en relation directe avec la diffusion de nos annales. Si nos annales étaient largement lues, nous trouverions de nombreux auteurs. J'essaierai de faire mieux connaître notre Société, nos annales n'atteignent pas le tiers des Laboratoires de France. Il fut un temps où cela n'était pas grave, la majeure partie de notre activité étant cantonnée dans le Nord. Il n'en est plus de même maintenant où le tiers de nos communications n'a plus aucun rapport avec notre région, et ce pourcentage ne peut que s'accroître. Pour que nos jeunes publient ici, il faut qu'ils puissent faire connaître leurs publications et donc il faut que nos annales touchent la plupart de nos chercheurs.

Nous avons eu l'année dernière 11 notes sur 24 concernant le Houiller. Notre Société draine la majorité des publications françaises sur le Carbonifère, nous en sommes fiers et nous essaierons avec l'aide des géologues du Bassin du Nord et du Pas-de-Calais de développer encore notre activité dans ce domaine. A cet effet, nous envisageons une participation importante de notre Société au prochain congrès sur le Carbonifère.

J'ai enfin le plaisir de vous informer que notre Société a invité plusieurs personnalités afin que ces dernières puissent prendre contact avec nous et j'ai d'ores et déjà la joie de vous informer que MM. GRANGEAUD et ROUBAULT viendront faire une conférence au printemps. Nous aurons aussi d'autres personnalités et de jeunes professeurs dynamiques, je vous en parlerai plus tard.

Pour conclure, je souhaite que règne ici une entente toute cordiale, notre unique but est, rappelons-le, de concourir tous ensemble au sein de notre vieille et toujours jeune Société, à l'avancement de la Science qui nous est chère : la Géologie.

Le Président proclame membres de la Société :

M. DESCHAMIS G., Assistant à la Faculté des Sciences d'Alger, présenté par MM. Deleau et Polvéche.

M. FOUCHER J.C., Assistant au Laboratoire de Géologie, 3, rue Vauthier-le-Noir à Reims, présenté par MM. Pruvost et Laurentiaux.

M. l'Abbé TIEGHEM, Trésorier, présente le bilan financier de la Société pour l'année 1962 ; le Président lui adresse ses félicitations et le remercie pour sa parfaite gestion des finances de la Société.

Communication orale

LEVET-CARETTE et S. LOBOZIAK. — Inventaire palynologique, « par les mégaspores », du sondage 233 de la fosse 2 d'Auchel.

Communication écrite

J.P. et P. DESTOMBES. — L'anticlinal des Quénoes, au Cap Blanc-Nez (Pas-de-Calais). *Note présentée par M. G. Waterlot.*

SEANCE DU 6 MARS 1963

PRÉSIDENCE DE M. J. POLVÊCHE, PRÉSIDENT

M. J. PROUVOST est élu Secrétaire de la Société en remplacement de M. M. WATERLOT, appelé sous les drapeaux ; la composition du Bureau reste par ailleurs inchangée.

Communications orales

- G. DASSONVILLE et J. RICOUR. — Interprétation des essais de débit appliquée à la localisation des venues d'eau dans un captage à la craie.
- N. SELOSSE. — Inventaire des « Mégaspores » du faisceau de Meunière (Westphalien B. inférieur) dans le Bassin Houiller du Nord et du Pas-de-Calais.
- S. LUBOZIAK. — Etude palynologique comparative des couches du Westphalien C inférieur dans le groupe d'Auchel-Bruay des H.B.N.P.C.
- J. DANZÉ et J.P. LAVEINE. — Etude palynologique d'une argile provenant de la limite Lias-Dogger dans un sondage effectué à Boulogne-sur-Mer (Pas-de-Calais).
- J. LEVET-CARETTE. — Etude de la microflore infraliasique d'un sondage effectué dans le sous-sol de Boulogne-sur-Mer (Pas-de-Calais).

Communication écrite

- D. LAURENTIAUX. — Morphologie et nervation de l'aile métathoracique dans le genre *Hadronivria* HANDLIRSCH 1908 et diagramme alaire des Lithomantides westphaliens (Insectes paléodictyoptères).
-

NOTA. — En raison de l'abondance des matières, les communications de Mme J. LEVET-CARETTE et de M. D. LAURENTIAUX, présentées au cours de la séance du 6 Mars 1963, paraîtront dans le prochain fascicule (2^e trimestre 1963).

Rectificatif

Sur un niveau à spores du Dévonien inférieur du Sondage de Tournai (Belgique)

par M. CARO-MONIEZ

A la page III de cette communication parue dans le T. LXXXII (1962), il y a lieu d'ajouter à la note infrapaginale (1) ce qui suit : Ce travail a été réalisé grâce à l'aide du Laboratoire de Palynologie de la Société Nationale des Pétroles d'Aquitaine, Société qui en a autorisé la publication et que l'auteur tient à remercier ici.

— « » —

Le *Rhinocéros (Tichorhinus) antiquitatis* Blum.

Recherches anatomiques sur la tête osseuse et la dentition

par le Docteur Madeleine FRIANT (1)

Professeur à l'Ecole d'Anthropologie, Paris

Suite et fin : **La dentition**

(3 fig. - 2 Pl.)

Sommaire. — Le *Rhinoceros (Tichorhinus) antiquitatis* Blum., du Pléistocène, caractéristique, dans nos régions, des deux dernières périodes glaciaires, possédait une dentition uniquement jugale, à croissance très prolongée, dont l'étude permet de distinguer ce Rhinocéros des autres Rhinocéros quaternaires d'Europe et du *Rhinoceros (Dicerorhinus) Mercki* Jäg. et Kaup, en particulier.

DENTITION

1) La formule dentaire.

Le genre *Rhinoceros sensu lato* a pour formule dentaire :

$$I \frac{3-0}{3-0}, C \frac{1-0}{1-0}, P \frac{4-3}{4-3}, M \frac{3}{3}$$

Le sous-genre *Tichorhinus*, comme nous l'avons indiqué (2), possède une formule particulièrement réduite, en ce qui concerne les dents labiales :

$$I \frac{1-0}{2-0}, C \frac{0}{0}, P \frac{3}{3}, M \frac{3}{3}$$

Les INCISIVES, qui sont, peut-être, des incisives temporaires, tombent de très bonne heure ; on distingue, parfois, la trace de leurs alvéoles chez les jeunes sujets.

A la *mâchoire supérieure*, la trace alvéolaire de l'incisive unique est placée à la partie antérieure et externe de l'intermaxillaire ; elle est allongée et un peu oblique de dehors en dedans et d'arrière en avant. Largement séparée de son homologue, cette alvéole est certainement celle de I³. Entre elle et la première dent jugale, P², c'est-à-dire au niveau

du diastème, s'étend une rigole bien marquée occupant la place de la canine et de P¹, disparues chez le *Tichorhinus*.

A la *mâchoire inférieure*, les alvéoles des incisives, au nombre de deux, arrondies, sont placées en avant de la mandibule ; en raison du rapprochement des alvéoles médianes, ces incisives sont, sans doute, I₁ et I₂. Au niveau du diastème, la rigole, accusée en avant de P₂, s'atténue avant d'atteindre la trace alvéolaire de l'incisive postérieure ; elle tient la place de l'incisive externe, I₃, de la canine et de P₁.

Les dents de l'adulte sont, uniquement, des DENTS JUGALES : prémolaires et molaires, dont la formule qualitative est :

$$\frac{P_2 \ P_3 \ P_4}{P_2 \ P_3 \ P_4}, \frac{M_1 \ M_2 \ M_3}{M_1 \ M_2 \ M_3}$$

C.S. Tomes (1923, p. 467) dit que, chez quelques *Rhinocéros* du Miocène, la 1^{re} et la 2^e molaires de lait persistent. Il ne semble pas en être ainsi chez le *Tichorhinus* quaternaire.

2) Les molaires des *Rhinocerotoides* archaïques (*Hyrachyus*).

Les *Rhinocerotidae* sont classés dans un groupe plus vaste, celui des *Rhinocerotoides*, dont de nom-

(1) Adresse de l'auteur : 103, rue Louis-Rouquier, Levallois (Seine).

(2) *Ann. Soc. Géol. Nord*, LXXXI, p. 158 (1961).

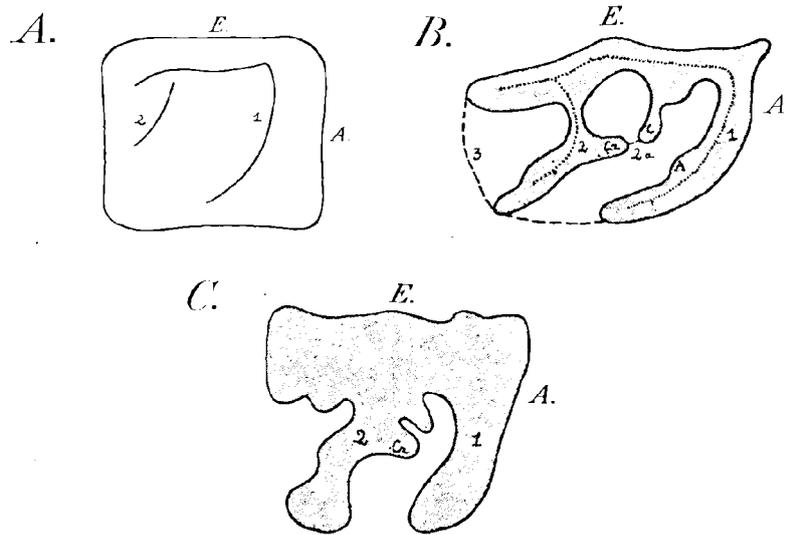


FIG. 1. — Schéma de DENTS JUGALES SUPÉRIEURES droites de quelques *Rhinocerotidae*.

A. *Hyrachyus*, de l'Eocène du Wyoming (U.S.A.) : M¹.

B. *Rhinoceros (Tichorhinus) antiquitatis* Blum. du Würmien d'Étrange, Grand-Duché de Luxembourg : M². - Dans le grisé, en pointillé : emplacement des crêtes originelles. - 1, 2, crêtes transverses originelles. - 2a marque l'union fréquente de la crête (C.) et du crochet (Cr.) en un « tube intermédiaire », chez le *Tichorhinus*. - 3, 3^e crête transverse, postérieure, peu accusée. - A, anticrochet - 3/4 de la grandeur naturelle.

C. *Rhinoceros (Dicerorhinus) Mercki* Jäg. et Kaup, du Pléistocène d'Europe. Prémolaire peu abrasée, pour montrer le « crochet » bifide. - 3/4 de la grandeur naturelle.

A. côté antérieur. - E. côté externe.

breux représentants sont aujourd'hui éteints. Au point de vue de la morphologie des dents jugales, les *Rhinocerotidae* sont très homogènes : les plus anciens, comme l'*Hyrachyus*, de l'Eocène moyen du Wyoming (U.S.A.), présentent, aux MOLAIRES SUPÉRIEURES, une crête externe longitudinale et deux crêtes transverses, à légère concavité postérieure et un peu obliques d'avant en arrière et de dehors en dedans (fig. 1, A). Aux MOLAIRES INFÉRIEURES, il existe deux crêtes transverses indépendantes, à légère concavité antérieure et un peu obliques d'arrière en avant et de dedans en dehors. Un dimorphisme s'affirme donc déjà entre les molaires supérieures et inférieures. Comme chez tous les Ongulés primitifs, ces dents sont à croissance relativement limitée.

3) Les dents jugales du *Rhinoceros (Tichorhinus) antiquitatis* Blum.

Dans le genre *Rhinoceros*, plus évolué que le genre *Hyrachyus*, on observe : 1) une hypsélodontie

plus ou moins accusée ; 2) la molarisation des prémolaires ; 3) la complication de la face triturante des dents jugales.

Aux MOLAIRES et PRÉMOLAIRES SUPÉRIEURES, on distingue encore les 3 crêtes originelles de l'*Hyrachyus*, qui deviennent des lobes par l'abrasion. Il existe en outre (fig. 1 B), au stade abrasé surtout :

1. la crête (C.), qui dépend de la crête externe (1) ;
2. le crochet (Cr.), qui dépend de la crête postérieure ;
3. l'anticrochet (A.), qui dépend de la crête antérieure.

Dans le sous-genre *Tichorhinus*, il faut noter, de plus :

4. une 3^e crête transverse postérieure (3) ;
5. l'union fréquente, au stade vierge, de la crête et du crochet, formant, avec la crête externe, un « tube

(1) Le terme de « crête », qui désigne une saillie dans le plan d'abrasion, peut prêter à confusion avec les crêtes originelles (externe et transverses) ; mais, consacré par l'usage, il est difficile de le remplacer par un autre terme.

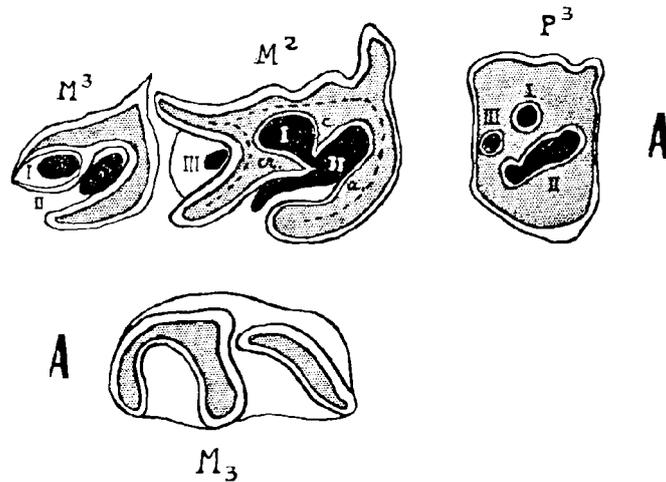


FIG. 2. — Face triturante schématisée de DENTS JUGALES droites de *Rhinoceros (Tichorhinus) antiquitatis* Blum. - A. côté antérieur. - Le côté externe est en haut.

P³, 2^e prémolaire supérieure. - M² et M³, les deux dernières molaires supérieures. - M₃, la dernière molaire inférieure.

Sur M², en pointillé, indication des crêtes originelles. - a. anti-crochet. - c. crête. - cr. crochet. - I, II, III, sinus.

Sur P³, I, II, III, tubes intermédiaires.

L'ivoire est en grisé, l'émail en blanc.

Extrait de M. FRIANT, *Ann. Soc. géol. Nord*, 67 (1957).

2/3 de la grandeur naturelle.

intermédiaire » (ile des anciens auteurs) (Pl. I, P³, P⁴) ; cette disposition rappelle la face triturante des molaires à croissance prolongée de certains Rongeurs comme l'*Issiodoromys* (M. Friant, 1933). Nous nommerons ce tube, le tube I.

6. que ce tube soit formé ou non dès l'origine, il y a, en outre, sur la face triturante (fig. 2), deux sinus internes : l'un, antérieur (II), entre le lobe antérieur, d'une part, la crête et le crochet, d'autre part ; l'autre sinus, postérieur (III), limité par le deuxième lobe et la troisième crête transverse (fig. 2, M²), non encore abrasée sur notre schéma.

7. à un stade d'abrasion avancé (fig. 2, P³), les sinus sont devenus des tubes intermédiaires, sur la face triturante, qui présente alors trois tubes : l'un, antérieur (II), le plus développé, oblique d'avant en arrière et de dehors en dedans ; les deux autres, postérieurs, disposés parallèlement au précédent ; ils sont arrondis : l'externe est le tube I, l'interne, le tube III.

8. M₃, la dernière molaire, toujours réduite chez les Rhinocéros, possède généralement, chez le *Tichorhinus*, deux crêtes principales (et non pas trois) : l'antérieure, qui correspond à la crête antérieure, forme un angle aigu avec l'autre crête, postéro-externe, qui représente la crête externe, dont la direction s'est modifiée, en raison de l'absence de la 2^e crête transverse. De plus, dès le

stade vierge, il existe souvent un tube intermédiaire, qui correspond au tube I des autres dents jugales, par union précoce de la crête et du crochet. Un sinus profond, le sinus II, s'étend en avant de ce tube, sur la dent jeune (fig. 2, M³).

LES MOLAIRES TEMPORAIRES, à croissance plus limitée que les définitives (Pl. I, Mt⁴), comme il est de règle, présentent une surface d'abrasion comparable, quoique de dimensions un peu réduites, la première surtout.

LES PRÉMOLAIRES SUPÉRIEURES, qui décroissent de taille d'arrière en avant, sont plus étroites, dans le sens antéro-postérieur, que les molaires définitives, la première étant peu développée. Cependant, le dessin de la face triturante est sensiblement le même à toutes les dents jugales (Pl. I, P³, P⁴).

AUX MOLAIRES INFÉRIEURES peu abrasées (fig. 2, M₃ et fig. 3, en haut), on retrouve les deux crêtes transverses de l'*Hyrachyus*, mais plus nettement en croissant et à concavité interne. La crête postérieure, moins développée et moins concave que l'antérieure, s'unit à cette dernière dans la région externe, chez

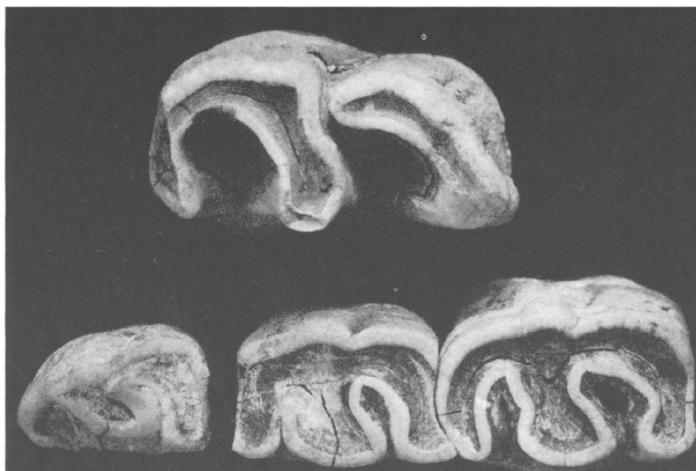


FIG. 3. — DENTS JUGALES INFÉRIEURES droites de *Rhinoceros* (*Tichorhinus*) *antiquitatis* Blum. du Würmien d'Étrange (Grand-Duché de Luxembourg). L'avant est à gauche, le côté externe en haut.

En bas : série des prémolaires : P₂, P₃, P₄.

En haut : dernière molaire, M₃.

Extrait de V. FERRANT et M. FRIANT. *Bull. Soc. Nat. Luxembourgais*, 1937.

Grandeur naturelle environ.

les Rhinocéros et dans le sous-genre *Tichorhinus*, en particulier.

Comme à la mâchoire supérieure, les PRÉMO-LAIRES sont comparables aux molaires (fig. 3, en bas), à la mandibule, quoique plus étroites dans le sens transverse ; elles décroissent de taille d'arrière en avant, la première ayant, au stade vierge, une crête antérieure réduite.

Par l'abrasion, la crête postérieure, devenue le lobe postérieur, se trouve intimement unie à la crête antérieure, devenue le lobe antérieur, en sorte que la surface de mastication présente un lobe interne dont se détachent trois lobes transverses (fig. 3, P₄).

La couronne des dents jugales du *Tichorhinus* ne présente pas de cément ou en présente peu.

COMPARAISON AVEC LES DENTS JUGALES DU RHINOCEROS (*DICEROS*) *SIMUS* BURCH.

Le Rhinocéros blanc (*Rhinoceros* (*Diceros*) *simus* Burch.), grand Rhinocéros actuel d'Afrique, possède des dents jugales, les supérieures en parti-

culier, tout à fait comparables à celles du *Tichorhinus*, comme le montre bien la Planche I (R. s.). Cependant, la morphologie du crâne éloigne ces deux formes l'une de l'autre. Chez les Rhinocéros, la dentition jugale ne peut donc suffire à donner une idée complète des affinités des groupes. Dans le cas envisagé ici, la taille somatique considérable et la croissance très prolongée des dents, dans l'une et l'autre espèces, expliquent, jusqu'à un certain point, la convergence observée.

COMPARAISON AVEC LES DENTS JUGALES DU RHINOCEROS (*DICERORHINUS*) MERCKI JAEG. ET KAUP.

Le Rhinocéros de Merck, caractéristique des périodes chaudes du Pléistocène de nos régions, a disparu avec la dernière glaciation (Würmien), sauf en Espagne et en Italie où il a persisté plus longtemps. Il est souvent nécessaire de distinguer sa dentition de celle du *Tichorhinus* : les dents jugales sont plus volumineuses et à croissance moins prolongée que chez ce dernier. De plus :

AUX DENTS JUGALES SUPÉRIEURES, en rapport avec la croissance relativement limitée, les « tubes intermédiaires » ne s'observent que sur les dents très abrasées et le *tube I*, souvent constitué sur les dents vierges du *Tichorhinus*, ne semble pas exister, même sur la face triturante de dents fort usées.

Le *crochet*, saillie du lobe postérieur, toujours simple chez le *Tichorhinus*, est bifide sur les pré-molaires peu abrasées du Rhinocéros de Merck (fig. 1, c).

AUX DENTS JUGALES INFÉRIEURES, chacun des deux lobes de la face triturante présente l'aspect d'un croissant moins fermé, moins droit du côté externe, que chez le *Tichorhinus*.

4) Considérations générales sur la dentition des Rhinocéros.

Cette étude sur la dentition confirme et complète l'opinion de notre grand Cuvier lorsqu'il disait que les molaires supérieures (les seules caractéristiques) du Rhinocéros fossile de Sibérie présentent « trois fossettes ». L'illustre anatomiste avait certainement examiné des sujets adultes ou âgés ; or, c'est la dentition des jeunes qui, ici comme ailleurs, permet de comprendre la dentition des adultes, lorsqu'il s'agit d'espèces hypsélodontes.

Les dents jugales du *Tichorhinus* sont à croissance prolongée, beaucoup plus prolongée que celles des autres Rhinocéros du Pléistocène et du *Rhinoceros (Dicerorhinus) Mercki* Jäg. et Kaup, en particulier, d'où leur complexité.

En effet, pour prendre un exemple connu : chez les Rongeurs, quand l'animal est presque brachyodonte comme l'Ecureuil (*Sciurus*), il y a une abrasion légère des crêtes tuberculées par l'usage. Quand la croissance dentaire devient très prolongée, comme chez le Porc-Epic (*Hystrix*), les crêtes tuberculées se multiplient et, au niveau de la couronne, il se constitue des « tubes intermédiaires » destinés, de toute évidence, à former une surface de mastication résistante, lorsque les tubercules seront usés.

Le *Tichorhinus* possède des dents jugales supérieures assez comparables, au stade vierge, à celles des autres Rhinocéros. Mais elles présentent, typiquement, trois sinus qui deviennent des « tubes intermédiaires » à différents niveaux de la couronne et l'abrasion les fera apparaître sur la face triturante. Cette caractéristique du *Tichorhinus* se retrouve, à l'heure actuelle, chez le plus grand des Rhinocéros, le *Rhinoceros (Diceros) simus* Burch.

d'Afrique, lui aussi hypsélodonte. Par contre, aux dents jugales supérieures du *Rhinoceros (Dicerorhinus) Mercki* Jäg. et Kaup, des périodes chaudes du Pléistocène, les tubes (au nombre de deux, en général) ne sont constitués, sur la face triturante, qu'à un stade d'abrasion extrême.

RESUME

Le *Rhinoceros (Tichorhinus) antiquitatis* Blum., qui vécut dans nos régions durant les deux dernières périodes glaciaires du Pléistocène, présente quelques caractères anatomiques intéressants de la tête osseuse et de la dentition.

TÊTE OSSEUSE

1. Le crâne augmentait de *volume* avec l'âge.
2. Le *plan occipital postérieur* formait, avec la ligne de profil, un angle beaucoup plus aigu que chez les Rhinocéros actuels.
3. Les *deux coussins osseux destinés aux cornes* se développaient notablement chez les vieux sujets.
4. Dans le jeune âge, la *mandibule* affectait, vers l'avant, l'aspect d'une spatule qui s'atténuait ensuite.
5. L'*articulation temporo-maxillaire* présentait des surfaces complexes, en rapport avec la grande taille de l'animal.

DENTITION

La dentition, uniquement jugale, chez l'adulte, était typiquement celle d'un Rhinocéros évolué, hypsélodonte. Son étude permet de distinguer le *Tichorhinus* des autres Rhinocéros pléistocènes, du *Rhinoceros (Dicerorhinus) Mercki* Jäg. et Kaup, en particulier.

SUMMARY

Rhinoceros (Tichorhinus) antiquitatis Blum., that lived in our regions, during the pleistocene two last glaciations, presents some interesting anatomical characters of the bony head and of the dentition.

BONY HEAD

1. The *skull* increased in size with age.
2. The *occipital posterior plane* formed with the profile line a sharper angle than in the actual Rhinoceroses.

3. The two *rough protuberances for the horns* were far more enlarged in old subjects.

4. The *mandible* of the young had the aspect of a spatula that, afterwards, became not so plain.

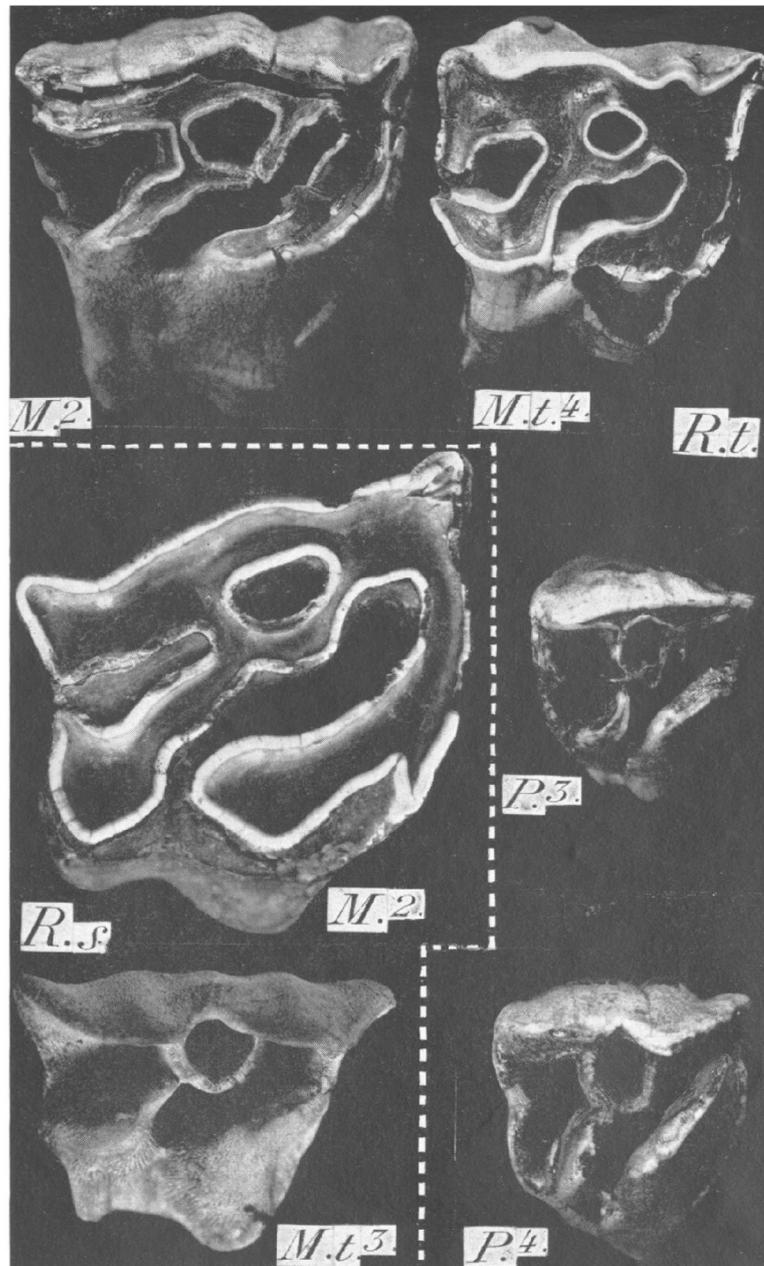
5. The *temporo-mandibular articulation* had complicated surfaces, in order with the high stature of *Tichorhinus*.

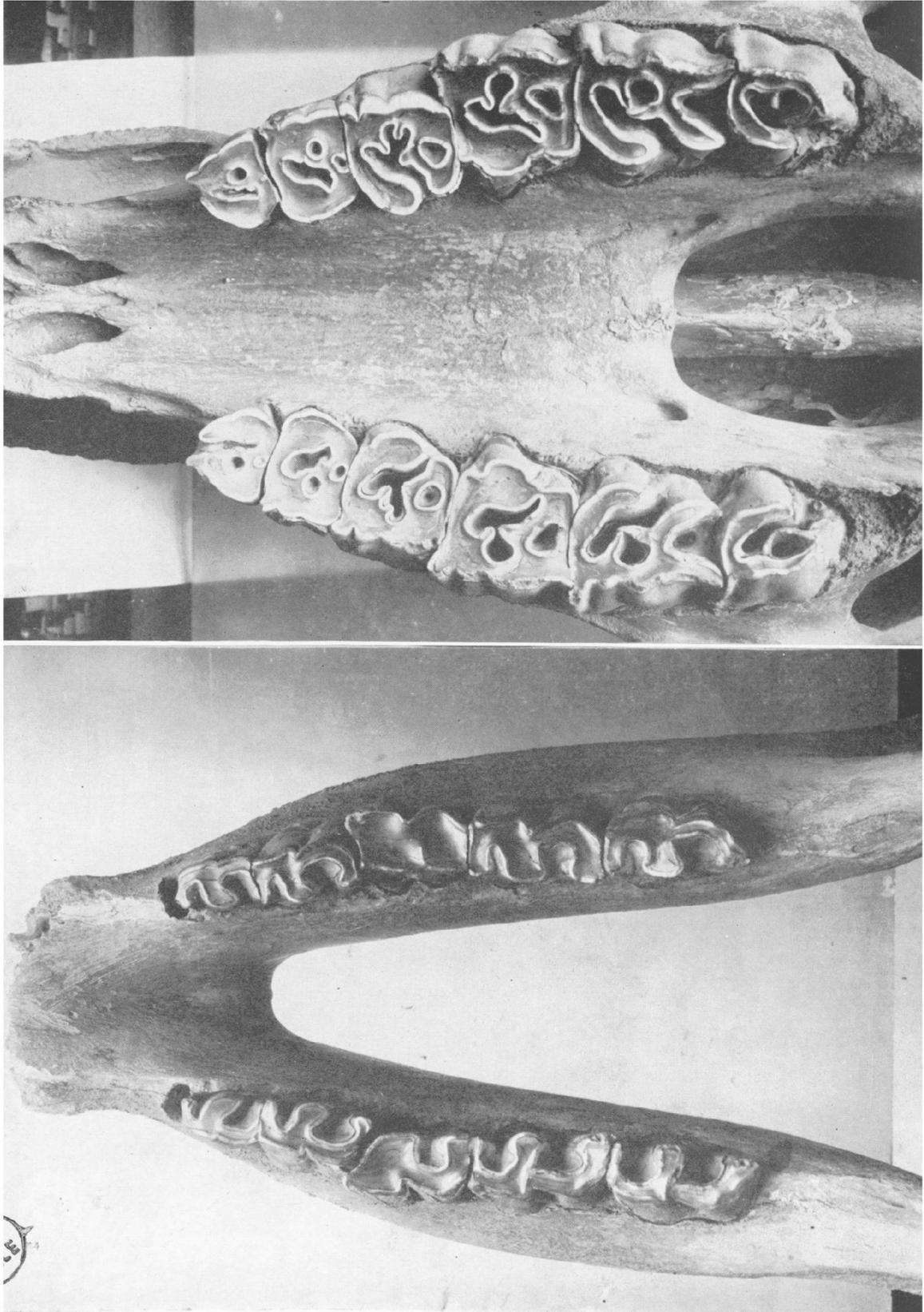
DENTITION

The dentition, only formed of cheek-teeth, in the adult, was typically the one of an evolved and hypselodont Rhinoceros. Its study allows to distinguish the *Tichorhinus* from the other pleistocene Rhinoceroses, *Rhinoceros (Dicerorhinus) Mercki* Jäg. and Kaup, especially.

REFERENCES

- ABEL O. — Kritische Untersuchung über die paläogenen Rhinocerotiden Europas. *Abhandl. d. k. k. geol. Reichsanst.* Wien. 20, H. 3 (1910).
- BLAINVILLE H. (Ducrotay de). — Ostographie. t. IV. Rhinocéros, Paris, 1848.
- BOULE M. — Géologie et Paléontologie. In : de VILLENEUVE, BOULE, VERNEAU, CARTAILHAC. *Les Grottes de Grimaldi*, EPQ-EPPE. t. 3, Ongulés, 1910.
- BOULE M., BREUIL H., LICENT E., TEILHARD P. — Le Paléolithique de la Chine. *Arch. de l'Inst. Pal. hum.* 4 (1928).
- BRANDT J.F. — Observationes ad *Rhinocerotis tichorhini* historiam spectantes. *Mém. Acad. St-Petersbourg*, sér. 6, Sc. nat. t. 5, 161 (1849).
- Versuch einer Monographie der Tichorhinen Nashörner. *Mém. Acad. St-Petersbourg*, sér. 7, Sc. nat., t. 24, (1877).
- CUVIER G. — Recherches sur les ossements fossiles. - Paris, 2^e édit., 1823.
- DIETRICH W.C. — Ueber M³ von *Rhinoceros (Tichorhinus) antiquitatis* Blumenbach. *Sitzungsber. Ges. Naturf. Fr.* Berlin (1935), p. 112.
- DUBOIS A. et H.G. STEHLIN. — La grotte de Cotencher, station moustérienne. *Mém. suisses Paléont.*, 52-53, 154-167 (1933).
- FALCONER H. — On the european pliocene and post-pliocene species of the genus *Rhinoceros*. *Palaeontological Memoirs*, edit. by Ch. Murchinson, 1868, II, p. 309.
- FERRANT V. et M. FRIANT. — La faune pléistocène d'Étrange (Grand-Duché de Luxembourg). *Bull. Soc. Natur. luxemb.* Fasc. II : 49-64 (1937). Fasc. IV : 35-37 (1939).
- FRIANT M. — Contribution à l'étude de la différenciation des dents jugales chez les Mammifères. *Essai d'une théorie de la dentition*. Thèse Doctorat ès Sciences nat. - Publ. Museum Paris, 1, 47 et fig. 33 et 34 (1933).
- Sur les affinités de l'*Issidoromys*, Rongeur de l'Oligocène d'Europe. *C.R. Ac. Sci. Paris*, 197, 1059 (1933).
- Sur la morphologie de l'articulation temporo-maxillaire chez les Rhinocéros et le *Rhinoceros (Tichorhinus) antiquitatis* Blum., en particulier. *Bull. Mus. roy. Hist. nat. Belgique*, T. 24, n° 51, 1-7 (1948).
- Interprétation de la morphologie dentaire du Rhinocéros à narines cloisonnées (*Rhinoceros (Tichorhinus) antiquitatis* Blum.). *Ann. Soc. géol. Nord*, 77, 212-219 (1957).
- GERBER E. — Ueber Reste des eiszeitlichen Wollnashorns aus dem Diluvium des bernischen Mittellandes. *Mitt. Naturf. Ges. Bern. N.F.* 9, 51-67 (1952).
- HARLÉ Ed. — Essai d'une liste de Mammifères et Oiseaux quaternaires connus jusqu'ici dans la Péninsule ibérique. *Bull. Soc. géol. France* (4), 9 (1909).
- Restes d'Eléphant et de Rhinocéros trouvés récemment dans le Quaternaire de la Catalogne. *Bull. de la Inst. Catalana d'Historia Natural.* (1920).
- HEUERTZ M. — Quelques observations morphologiques sur le crâne des Rhinocerotidés. *Arch. Inst. Grand-Ducal de Luxembourg. N.S.* 17, 65-72 (1947).
- HILZHEIMER M. — Eine neue Rekonstruktion von *Rhinoceros antiquitatis* Blum., zugleich ein Beitrag zur Morphologie, Biologie und Philogenie dieses Tieres. *N. Jahrb. f. Min. Geol. u. Pal. Stuttgart*, 50, 490 (1924).
- HOYER H. — Das Untersuchungsergebnis am Kopfe des in Starunia in Galizien ausgegrabenen Kadavers von *Rhinoceros antiquitatis* Blum. *Zs. f. Morph. u. Anthrop.* 19, 419-492 (1916).
- JACOBSHAGEN E. — Studien am Oberkiefergebiss des wollhaarigen Nashorns, *Rhinoceros lenensis* Pall. (*antiquitatis* Blum.). *Palaeont. Z.*, 15, 246, Berlin (1933).
- Fossile Reste der Mammut-Fauna aus Marburg und aus andern Orten der Provinz Hessen-Nassau. *Sitz. Ber. Ges. Naturw. Marburg*, 68, 1-31 (1933).
- KAHLKE H.D. — Grossäugetiere im Eiszeitalter. Leipzig u. Iena, 1955.
- KRETZOI M. — Bemerkungen zum System der Nachmiozänen Nashorn Gattungen. *Földt. Közlöny, Budapest*, 72, 236-237 (1942).
- LEONARDI P. — Resti fossili inediti di Rinoceronti *Mem. Ist. Geol. Univ. Padova*, 15, 1-30, 4 tav. (1947).
- PAVLOW M. — Etude sur l'histoire paléontologique des Ongulés. III. *Rhinocoridae* et *Tapiridae*, 1888. - IV. Les *Rhinocoridae* de la Russie et le développement des *Rhinocoridae* en général. *Bull. Soc. imp. Nat. Moscou* (1892).

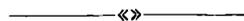




- PEI W.C., HUANG W.P., CHIU C.L. et MENG H. — Discovery of Quaternary mammalian Fauna at Ch'aotsun Chien an County Hopei province. *Vertebrata Palasiatica* 2, 213-229 (1958).
- PILLEPS O. — Rhinoceros reste aus dem Diluvium Siebenburgens. Werh. u. Mitt. des Siebenbürgischen. *Verzeins f. Naturwissensch. zu Hermannstadt*, 75-76, (1925-1926).
- RANGE P. — *Rhinoceros antiquitatis* Blumenbach in Diluvium von Lübeck. *Mitt. geogr. Ges. Lübeck* (2) 39, 35 (1937).
- RAVEN T. — Neue Funde quartärer Säugetiere in den Niederlanden. I. *Proc. Acad. Sci. Amsterdam*, 37, 202 (1934).
- SANDFORD K.S. — The river-gravels of the Oxford district. *Quart. Journ. Geol. Soc.*, 80 (1924).
- SCHROEDER H. — Schädel eines jungen *Rhinoceros antiquitatis* Blumenb. *Jahrb. d. Kgl. Preuss. geol. Landesanst. Berlin*, 20, 286 (1900).
- SICKENBERG O. — *Rhinocerotidea* in M. Weber. *Die Säugetiere*, Bd II, Iéna, 1928, p. 666-671.
- SOERGEL W. — Exkursion ins Travertingebiet von Ehringsdorf. *Palaeont. Zeitschr.* 8, 1927 (II).
- STACH J. — (The second *Rhinoceros (Coelodonta) antiquitatis* Blum. from the Starunia Diluvium). *Rozp. Wydz. mat. - przyr. Akad. Um. B.* 70, 29 (1930).
- STRNAD V. — The remainder of a *Coelodonta* found in the karst of Javouricko. *Sborn. Sluko* 1A (1954), p. 77-79.
- SUSTA V. — Der Fund eines diluvialen Nashornkiefers in Orlova. *Sbor, prir. Spolec. V. Mor Ostrave*, 7, 145 (1932).
- TEILHARD P. — Fossil Mammals from locality 9 of Choukoutien. *Paleont. sinica*, 7c n° 4, 23 (1936).
- TEILHARD P. et J. PIVETEAU. — Les Mammifères fossiles de Nihowan. *Ann. Paléon.* 19 (1930).
- THENIUS E. — Die Verknöcherung der Nasenscheidewand bei Rhinocerotiden und ihr systematischer Wert, zum Geschlechtsdimorphismus fossiler Rhinocerotiden. *Mém. suisses Paléont.*, 71 (4), 1-17 (1955).
- TOEFFER V. — Die Mitteldiluvialen Säugetierreste aus der Saaleterrasse bei Lengefeld Bad Kösen. *N. Jahrb. Min. Geol. Paläont. Stuttgart*, 74 B, 63 (1935).
- TOULA F. — Das Nashorn von Hundsheim. *Abh. d. k. k. Geol. Reichsanst. Wien*, 19 (1902).
- VLERK I.M. v. et FLORSCHUTZ. — Nederland in het Ijstijdvak. De Haan, Utrecht, 1950.
- WOOD H.E. — Trends in Rhinoceros evolution. *Trans. New York Acad. Sci.* (2) 3, 83-96 (1941).
- WÜST E. — Zwei bemerkenswerte Rhinoceros-Schädel an d. Pleistocäen Thüringens. *Palaeontographica*, 58, 133 (1911).
- ZAZVORKA V. — Une découverte d'une partie de squelette du *Rhinoceros antiquitatis* Blumenbach dans la IV^e terrasse pléistocène de l'Elbe à Roundnice Nad Tabem (Bohême du Nord). *Cas. nár. Mus.* 122, 63 (1953).
- ZEUNER F.E. — Eine neuer Nashornleiche aus dem polnischen Erdölgebiet. *Aus der Heimat*, 47 (1954).
- Die Beziehungen zwischen Schädelform und Lebensweise bei den rezenten und fossilen Nashornern. *Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br.*, 34 (1934).
- New reconstruction of the woolly Rhinoceros and Merck's Rhinoceros. *Proc. Linn. Soc. London*, 156, 3, 183 (1945).

LEGENDE DES PLANCHES

- Pl. I. — Dents jugales supérieures droites de deux *Rhinoceros* :
- R.t. *Rhinoceros (Tichorhinus) antiquitatis* Blum. du Würmien d'Etrange (Grand-Duché de Luxemb.).
- M², 2^e molaire ;
 Mt⁴, dernière molaire temporaire ;
 P³, 2^e prémolaire, peu abrasée ;
 P⁴, dernière prémolaire, peu abrasée.
- R.s. *Rhinoceros (Diceros) simus* Burch., actuel en Afrique, Mus. Paris.
- M², 2^e molaire ;
 Mt³, 2^e molaire temporaire, non abrasée.
 Grandeur naturelle environ.
- Extrait de V. FERRANT et M. FRIANT, *Bull. Soc. Nat. Luxembourgais*, 1937.
- Pl. II. — Dentition jugale de *Rhinoceros (Tichorhinus) antiquitatis* Blum. du Würmien d'Hofstade (Belgique).
- En haut : Jeune adulte : série des dents jugales supérieures, en place sur le maxillaire. De chaque côté et d'avant en arrière : P², P³, P⁴, M³, M², M³.
 Longueur de la série dentaire : 211 mm à droite ; 214 mm à gauche.
- En bas : Animal âgé : série des dents jugales inférieures, en place sur la mandibule. De chaque côté et d'avant en arrière : P₂ (alvéole), P₃, P₄, M₁, M₂, M₃.
 Longueur de la série dentaire, à droite et à gauche : 210 mm.
- Pièces et photographies de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique.



Sur quelques restes nouveaux d'Arachnides du terrain houiller

par Francine LAURENTIAUX-VIDEIRA (1) et Daniel LAURENTIAUX (2)

(4 fig., 1 Pl.)

Sommaire. — Description d'un céphalothorax de Scorpion autunien du bassin de l'Aumance (*Lichnophthalmus*), d'un abdomen d'Uropyge (*Prothelyphonus*) et d'une Araignée Ricinuleïde provenant tous deux du Westphalien supérieur de Kaïping (Chine), enfin d'un échantillon très bien conservé d'une Araignée Liphistine (*Protolycosa*) du Stéphanien inférieur du Gard.

Malgré des conditions taphonomiques plutôt favorables et bien qu'ils possédassent des téguments plus indurés en général que ceux des formes plus récentes et actuelles, les Arachnides continentaux carbonifères — et en particulier les Araignées — n'ont laissé que très peu de traces fossiles. Cette extrême rareté justifie que toute découverte soit signalée même s'il ne s'agit que de restes assez incomplets.

Le propos de cet article est la présentation de quatre nouveaux échantillons d'Arachnides. Le premier se rapporte à un Scorpion — figuré par son céphalothorax — récolté dans l'Autunien du bassin de l'Aumance (Massif Central) et attribuable au genre rare *Lichnophthalmus* PETRUNKEVITCH qui n'était jusqu'ici connu que des Middle Coal Measures anglais (zone à *A. modiolaris*). Le second est un abdomen probablement à rapporter au genre d'Uropyge, *Prothelyphonus* FRITSCH; il est l'un des deux seuls fossiles d'Arachnides signalés du bassin houiller de Kaïping (Chine) (Westphalien supérieur), l'autre, décrit ensuite, étant une Araignée de l'ordre des *Ricinuleida* THORELL, très peu représenté à l'état fossile et dont les témoins carbonifères provenaient tous jusqu'ici du Westphalien de Grande-Bretagne et de l'Amérique du Nord. Le dernier échantillon est intéressant par l'originalité de son gisement — Stéphanien inférieur des Cévennes — et surtout par son très bon état de

conservation; il représente le genre *Protolycosa* ROEMER (Araignée Arthromygale) et vient en préciser certains critères systématiques.

I. - Scorpion du Bassin de l'Aumance (Allier)

Genre *Lichnophthalmus* PETRUNKEVITCH 1949

Le fragment de Scorpion présenté ici (fig. 1, Pl. fig. I) a été récolté par M. Louis Bougnères, Ingénieur-Géologue des Charbonnages de France, dans la carotte du sondage Gipey I du bassin de l'Aumance (Allier) à la profondeur de 106 m (Schistes de Buxières). Son horizon stratigraphique a été attribué à l'Autunien inférieur (Bougnères, 1961). C'est la première fois qu'un reste de Scorpion est signalé d'un niveau carbonifère aussi élevé du terrain houiller français.

Malheureusement, ce fossile est très fragmentaire et réduit à une moitié de bouclier céphalothoracique (hauteur conservée 9,5 mm) vu par la face dorsale.

Le bord antérieur complet est rectiligne (largeur 15 mm) et se réunit par des angles arrondis aux bords latéraux. Il était pourvu d'une petite projection médiane (hauteur 0,53 mm). La convergence, vers l'avant, des bords latéraux est bien attestée par les faibles portions conservées, notamment du bord droit.

Le tubercule oculaire, bien fossilisé, occupe une position très antérieure (distance de l'œil gauche — yg, fig. 1 — au bord antérieur, 1,59 mm). De forme trapézoïdale, élargi transversalement, il

(1) Assistante de Géologie à l'École Nationale Supérieure des Mines de Paris.

(2) Professeur de Géologie à la Faculté des Sciences de Reims.

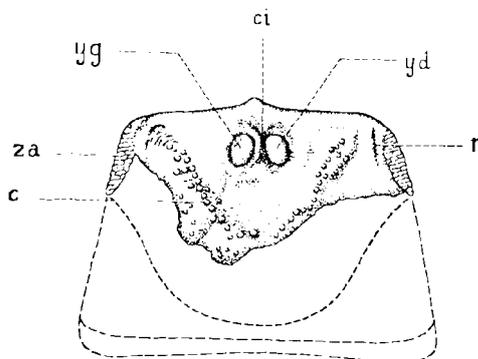


FIG. 1. — *Lichnophthalmus* sp. Céphalothorax (face dorsale) ($\times 2$). Bassin houiller de l'Aumance. Autunien inférieur.

ci, crête interoculaire ; r, ride latérale ; za, zone alvéolaire ; c, granulation du bouclier ; yg, œil médian gauche ; yd, œil médian droit.

montre deux yeux ovoïdes très rapprochés (distance des centres 0,46 mm) : l'œil droit (yd, fig. 1) a un grand axe (LA) de 1,99 mm et un petit axe (1A) de 1,53 mm mais la valeur de celui-ci était légèrement supérieure, *in vivo*, le côté gauche de l'œil étant un peu écrasé contre la crête interoculaire (ci fig. 1) ; l'œil gauche (yg) a, par contre, parfaitement conservé ses contours (LA = 1,99 ; 1A = 1,66 ; rapport LA/1A = 1,19) et sa position. Le grand axe de cet œil fait un angle d'environ 45° avec la crête interoculaire (ci), l'angle des deux grands axes des yeux devait donc être très voisin de 90°. La crête interoculaire est saillante et montre à chaque extrémité une assez longue bifidie.

Une dépression entoure la zone tuberculaire. Du bord antérieur et très près des angles latéraux, part de chaque côté du céphalothorax, une ride (r) rappelant celle portant, chez d'autres formes, des yeux latéraux mais aucune trace de ceux-ci — probablement absents — n'est apparente (voir aussi Petrunkevitch 1949, p. 148). Appliquée contre le bord latéral, s'observe, près de l'angle antérieur, une zone alvéolaire (za) en demi-lune ; celle du bord latéral droit est particulièrement nette (longueur 3,33, largeur maximale 1 mm).

L'ornementation céphalothoracique est groupée et réduite à un ensemble de tubercules ordonnés le long d'une courbe large suivant le bord externe de la dépression périlobulaire (c, fig. 1).

Ce fossile est trop rudimentaire pour appeler beaucoup de commentaires. On y retrouve toutefois les caractéristiques céphalothoraciques du genre

Lichnophthalmus PETRUNKEVITCH 1949 selon la définition originale et stricte établie par Petrunkevitch (1949, p. 147, fig. 139 et 177 ; 1953, p. 26). Il faut noter en particulier la structure oculaire, la position relative des yeux elliptiques (Pl. III, fig. 1) et l'organisation globale de l'ornementation tuberculée. Les rapports des dimensions oculaires sont du même ordre dans les deux cas (1,19 ; 1,22).

Le genre *Lichnophthalmus* PETRUNKEVITCH 1949 est demeuré jusqu'ici monospécifique. Il n'a tout d'abord été défini que par un céphalothorax isolé (Petrunkevitch 1949, p. 147, fig. 139, 177). Wills (1959) a admis dans la même espèce, *pulcher* PETRUNKEVITCH 1949, deux autres échantillons provenant, comme le diptotype de la zone à *A. modiolaris*, des Middle Coal Measures anglais, et a donné du topotype une étude particulièrement soignée. Sans discuter ici de la rigueur de cette attribution systématique, on peut constater une sensible différence entre les interprétations que Petrunkevitch et Wills ont données de la morphologie du tubercule oculaire et des yeux et ceci chez le diptotype même (Wills, 1959, p. 269 ; fig. 2, p. 271). La structure du tubercule oculaire, sa forme trapézoïdale à base transversale, la disposition relative et la forme elliptique des yeux médians, telles que les décrit Petrunkevitch (1949, p. 137, fig. 139) et que cet auteur retient comme significatives du genre (Petrunkevitch 1953, p. 26), ont été strictement retrouvées sur le céphalothorax d'un *Lichnophthalmus*, encore inédit, du Westphalien inférieur du Limbourg néerlandais. Il semble bien qu'il n'en soit pas autrement (Pl. III, fig. 1) chez le *Lichnophthalmus* sp. de l'Aumance dont la structure oculaire est incontestablement plus proche de celle décrite pour la forme diptotype par Petrunkevitch que de celle reconnue par Wills chez le topotype et également admise par lui pour le diptotype.

A noter aussi que par l'arrangement et le type de la tuberculation ornementale du céphalothorax, le *Lichnophthalmus* sp. de l'Aumance doit être rapproché davantage du diptotype que du topotype de Wills à ornementation granuleuse diffuse et non sériée.

Petrunkevitch (1949, p. 148) a reconnu chez le céphalothorax diptotype la probabilité de l'existence d'une ride oculaire latérale dont nous avons retrouvé l'évidence sur le céphalothorax de l'Aumance. Une telle structure — mais sans yeux latéraux reconnaissables — est également signalée par Wills (1959, p. 269 ; ? Eye-ridges on lateral corners of cephalic part) chez le supposé topotype de *L. pulcher*.

Le céphalothorax de l'Aumance semble avoir été d'une taille un peu supérieure à celle des autres céphalothorax admis dans l'espèce *L. pulcher*, mais la différence est peu importante. Il offre par contre une structure plus particulière avec l'existence de zones alvéolaires latérales (za) non signalées chez les autres *Lichnophthalmus*. Ces zones rappellent celles qui existent chez d'autres Scorpions carbonifères, notamment chez *Alloscorpilus danielsi* PETRUNKEVITCH 1913 (*Eoscorpidae*) du Westphalien supérieur de l'Illinois (Petrunkevitch 1913, p. 43, fig. 8 sub *Eoscorpilus*).

Le maintien jusqu'à l'Autunien du genre *Lichnophthalmus*, ainsi que paraît l'établir ce fossile de l'Aumance, traduit l'extension verticale notable d'une entité générique que l'on pouvait, jusqu'ici, estimer cantonnée dans le Westphalien inférieur. Cette durée n'étonne pas si l'on considère la lenteur d'évolution des Scorpions.

II. - Arachnides du Westphalien supérieur de Kaïping (Chine)

L'unique reste d'Arachnide encore signalé du bassin houiller de Kaïping (province du Chihli, Chine) a été rapproché par Pruvost (1927, p. 170) de *Geraturina britannica* Pocock 1911 (pp. 29-30, fig. 9, Pl. I fig. 3 ; Pl. II fig. 3) espèce que Petrunkevitch (1953, p. 97 ; Pl. 25 fig. 97 et 98 ; Pl. 51 fig. 178) a revue récemment et replacée dans le genre *Prothelyphonus* FRITSCH 1904.

Ce fossile (N° 10 de la collection F.F. Mathieu de l'Institut des Sciences Naturelles de Bruxelles) provient du terril de la mine de Chao-Ko-Chwang et de l'assise de Tongshan. Selon toute probabilité et en l'état des travaux miniers à l'époque de la découverte, le site stratigraphique de ce fossile peut être attribué au toit de la Seizième Couche où il se trouvait associé à une abondante paléofaune continentale (Insectes et Esthéries notamment) et à de nombreuses empreintes végétales.

Ce fossile est malheureusement réduit à un opisthosoma subcylindrique vu par la face dorsale (fig. 2, Pl. fig. 2) et ne peut être l'objet d'une détermination précise, même générique. Un rapprochement avec l'abdomen de *Prothelyphonus britannicus* (Pocock) reste le plus valable.

La hauteur moyenne des segments abdominaux varie de 0,86 mm à 1 mm, la largeur maximale (au niveau du cinquième tergite) atteint 4,66 mm. Les

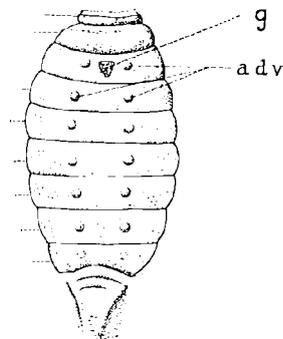


FIG. 2. — Cf *Prothelyphonus britannicus* (Pocock) (abdomen, face tergale), (× 4). Westphalien supérieur de Kaïping (Chine), assise de Tongshan.

g, trace sous-imprimée attribuée à la plaque génitale ; adv, attaches dorsales des muscles tergo-sternaux.

segments terminaux ne sont que mal conservés et le fouet est absent.

Nous ne retiendrons que deux particularités anatomiques : l'existence de petites dépressions circulaires tergaux qui correspondent aux points d'attache des muscles tergo-ventraux (adv). La distance séparant les centres de ces dépressions d'une même paire est de 1,8 mm.

Un bien plus grand intérêt s'attache au second reste d'Arachnide découvert dans le bassin houiller de Kaïping, une Araignée de l'ordre des Ricinuleïdes.

Ordre RICINULEIDA THORELL 1892

Genre : *Poliochera* SCUDDER 1884 vel *Curculioides* BUCKLAND 1837

Ce spécimen (N° 51 de la collection F.F. Mathieu, Institut Royal des Sciences Naturelles de Bruxelles) est l'empreinte d'un prosoma vu par la face dorsale et d'un cucullus (longueur totale 10,6 mm) (fig. 3, Pl. fig. 3).

Le bouclier tergal du prosoma (pr, fig. 3) offre un contour arrondi par suite de la courbure des bords latéraux. La convexité du bord postérieur est nette. Cette pièce, insegmentée et dépourvue d'yeux, montre les caractéristiques dimensionnelles suivantes : longueur (L) de la carapace 9 mm ; largeur maximale (l) dans la région moyenne 8,5 mm ; largeur du bord antérieur 5 mm ; rapport $L/l = 1,05$.

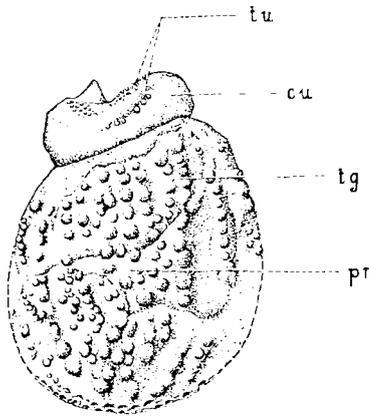


FIG. 3. — (*Poliochera vel Curculioides*) *pustulatus* nov. sp. (holotype), (prosoma, face dorsale), (× 4. Bassin houiller de Kaïping (Chine), assise de Tongshan, Westphalien supérieur.

cu, cucullus ; tc, ornementation granuleuse du cucullus ; pr, bouclier du prosoma ; tg, ornementation granuleuse du prosoma.

Cette carapace est entièrement garnie de gros tubercules très régulièrement distribués selon une douzaine de files longitudinales comptant environ 15-20 tubercules chacune (tg, fig. 3).

En avant de cette plaque du prosoma, s'observe un *cucullus* (cu, fig. 3) bien conservé, élargi transversalement (largeur 5 mm), aux bords latéraux arrondis, bord postérieur droit, bord antérieur pourvu en son milieu d'une large échancrure courbe : hauteur axiale du cucullus 1,33 mm, hauteur latérale 1,66 mm. Ce volet protecteur des pièces buccales est un élément très caractéristique de l'ordre des Ricinuleïdes. Il est ici peu ornémenté par deux séries de petits tubercules ronds : la première borde l'échancrure antérieure du cucullus et la seconde se développe assez parallèlement à la précédente en une courbe large partant des angles antérieurs et dépassant le milieu de l'axe longitudinal du capuchon. Par son orientation transversale et sa moindre robustesse, l'ornementation du cucullus est très distincte de celle du bouclier du prosoma.

Les Ricinuleïdes carbonifères étaient jusqu'ici uniquement connus du Westphalien de Grande-Bretagne et de Mazon Creek Illinois) (Petrunkevitch 1955, pp. P 157-159). Leur classification et la distinction des deux familles identifiées, *Poliocheridae* SCUDDER 1884 et *Curculioidae* COCKERELL 1916, sont établies sur les structures coxales et tergo-abdominales, non conservées par le fossile de Kaïping.

L'échancrure du cucullus et surtout la nature très particulière de l'ornementation indiquent toutefois une espèce nouvelle, *pustulatus* nov., dont la position générique ne peut être établie.

La taille du prosoma est légèrement supérieure à celle des prosomas des autres espèces carbonifères connues.

La forme arrondie du bouclier du prosoma et le rapport L/l rappellent plus particulièrement des caractéristiques de *Poliochera glabra* PETRUNKEVITCH 1913 (p. 81, fig. 46 et Pl. VII fig. 39-40), *Curculioides scaber* SCUDDER 1890 (p. 448, Pl. 39 fig. 5 ; Petrunkevitch 1913, pp. 82-84, fig. 48, Pl. VII fig. 36-37), *Curculioides ansticü* BUCKLAND 1837 (Pocock 1911, pp. 39-40, fig. 13, spécimen de la collection Madeley) dont le rapport L/l est égal ou peu supérieur à 1.

L'espèce *pustulatus* nov. reste bien distincte, surtout par son ornementation : les Ricinuleïdes actuels et de nombreuses formes carbonifères présentent des téguments durs et granuleux sans posséder de tuberculation aussi forte et d'un tel arrangement.

III. - Arachnide du terrain houiller du Gard

Ordre ARANEIDA CLERCK 1757

Sous-ordre LIPHISTINA POCKOCK 1892

Famille des ARTHROMYGMALIDAE

PETRUNKEVITCH 1923

Genre *Protolycosa* ROEMER 1866

Génotype : *P. anthracophyla* ROEMER 1866

Protolycosa cebennensis nov. sp.

(fig. 4 ; Pl. fig. 4, 5 et 6)

DESCRIPTION. — Ce fossile comprend un *prosoma* (fig. 4 ; Pl. fig. 4 et 5) et la face tergale partielle de l'*abdomen* (Pl. fig. 6).

Prosoma : Celui-ci est connu par l'empreinte (échantillon A, Pl. fig. 4) et la contre-empreinte partielle (échantillon B, Pl. fig. 5) de la carapace dorsale. Longueur axiale (L) 12 mm, largeur maximale (l) (aux 4/5 environ de la longueur) 9 mm soit un rapport L/l = 1,3.

Bord postérieur marginé (bp, fig. 4) convexe vers l'avant, d'une largeur de 5 mm. Bords latéraux distinctement courbes, légèrement divergents dans leurs deux tiers thoraciques, fortement convergents dans leur tiers antérieur et se reliant au bord

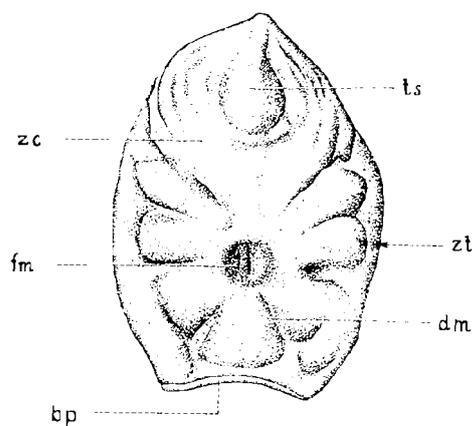


FIG. 4. — *Protolycosa cebennensis* nov. sp. (holotype), (prosoma, face dorsale), ($\times 4$). Bassin houiller des Cévennes, La Grand'Combe, couche Le Pin, Stéphanien inférieur.

zc, zone céphalique ; ts, région sommitale ; zt, zone thoracique ; bp, bord postérieur marginé ; fm, *fovea media* ; dm, apodème des muscles coxaux.

antérieur arrondi de façon insensible, faisant par contre avec le bord postérieur des angles nets.

Le prosoma est d'une seule pièce sans trace de segmentation. Tégument apparemment épais et dépourvu de toute ornementation.

Les deux tiers postérieurs de ce bouclier — zone thoracique (zt) — montrent quatre paires de dépressions s'irradiant en étoile caractéristique. Ces dépressions (dm, fig. 4) nettement indiquées, correspondent à l'attache des muscles des articles coxaux des pattes. Cette divergence se fait à partir d'une fossette circulaire (diamètre 1,5 mm environ) située axialement à 3,5 mm du bord postérieur soit à peu près aux trois quarts de la longueur du prosoma ; cette profonde dépression représente la *fovea media* (fm) qui donne insertion par sa face interne aux muscles coxaux (apodème médio-dorsal). Les branches antérieures de l'étoile et la convergence vers l'avant des bords latéraux distinguent clairement de la *zone thoracique* relativement plate, la *zone dite céphalique* (zc, fig. 4) plus élevée. La partie sommitale (ts) de cette dernière région est, sur le fossile, pyriforme avec extrémité postérieure arrondie (largeur maximum 2 mm ; longueur 4,5 mm) ; son individualisation semble due à un léger évasement du prosoma et ne peut être interprétée comme tubercule oculaire. Aucune trace d'yeux n'a pu être mise en évidence.

Abdomen : Sur le côté gauche du prosoma fossile et à un centimètre environ, sont conservés les restes de tergites abdominaux (particulièrement visibles sur la contre-empreinte) (Pl. fig. 6). Les bords antérieur et postérieur des tergites sont légèrement courbes. Largeur *in fossile* (incomplète) : 8,6 mm ; la largeur *in vivo* peut être estimée à 10 mm en doublant la dimension de la moitié gauche bien conservée. Hauteur moyenne des tergites abdominaux visibles : 1 mm. Six tergites représentés.

Tout près du bord postérieur des tergites, s'ordonne de façon constante et distincte une série de tubercules.

GISEMENT. — Bassin houiller des Cévennes. La Grand'Combe, toit de la Couche Le Pin. Base de l'assise de Rive-de-Gier. Stéphanien inférieur. Récolte G. Livet, 1923.

COLLECTION. — Musée Houiller de l'Université de Lille. Holotype (empreinte et contre-empreinte).

DISCUSSION. — Par leur voisinage sur la plaque schisteuse, leurs rapports métriques, l'abdomen et le prosoma peuvent, bien que non en connexion, être rapportés à un même individu.

Ce fossile figure une espèce nouvelle : *cebennensis* nov., du genre *Protolycosa* ROEMER 1866, lequel était demeuré, jusqu'ici, monospécifique avec *P. anthracophyla* ROEMER 1866 du Carbonifère de Haute-Silésie (Roemer 1866, p. 137, Pl. III ; Fritsch 1904, pp. 12-13, Pl. XIII fig. 1-4 et fig. 8-10 du texte ; Petrunkevitch 1953, p. 102 ; Petrunkevitch 1955, pp. P. 133-P. 134 et fig. 99/1), c'est-à-dire d'un niveau un peu plus ancien que l'échantillon du Gard. La taille notablement supérieure de celui-ci (plus du double du spécimen de Silésie) doit être portée au compte des critères spécifiques. A en juger par les dessins originaux de Roemer (Pl. III, fig. 1 à 3), les deux espèces : *cebennensis* et *anthracophyla* semblent très proches par les caractères morphologiques généraux du bouclier prosomatique (allongement, contours, position de la *fovea media*, etc.). La récente figuration que Petrunkevitch (1955, fig. 99/1) donne de *P. anthracophyla* ROEMER indique un bord antérieur rectiligne déterminant une tronçature du prosoma. Une telle allure serait suffisamment différente de ce qui existe chez *cebennensis* et aurait une valeur systématique ; sa réalité est peu probable, l'éminent arachnologiste américain n'ayant pu examiner l'échantillon original avant sa perte et rectifier en conséquence les figurations initiales de Roemer (1866) et de Fritsch (1904) qui

ont pu décrire l'échantillon type avant sa perte. Nous n'avons pu d'ailleurs trouver dans les figures de ces auteurs dont s'inspire Petrunkevitch des indications d'une telle troncation.

Protolycosa a été placé tantôt dans les ARTHROLYCOSIDAE Fritsch 1904 (*emend* Petrunkevitch 1923) réunissant des Liphistiomorphes carbonifères pourvus d'un tubercule oculaire (Petrunkevitch 1945, p. 276, tantôt dans les ARTHROMYGALIDAE PETRUNKEVITCH 1923 dont les représentants sont dépourvus de tubercule oculaire et très vraisemblablement aveugles (Petrunkevitch 1953, p. 102 ; 1955, p. P. 133). Waterlot (1953, p. 579) range, avec réserves, *Protolycosa* dans les ARTHROLYCOSIDAE mais la distinction établie avec les ARTHROMYGALIDAE paraît reposer non sur la présence ou l'absence d'un tubercule oculaire et des yeux mais sur la disposition de ceux-ci dont cet auteur paraît admettre la constante existence chez les Liphistiomorphes carbonifères.

Toutes les incertitudes systématiques concernant *P. anthracophyla* ROEMER sont liées à l'état de fossilisation du diplotype, la partie antérieure susceptible de porter un éventuel tubercule oculaire n'étant pas conservée selon Roemer et Fritsch, seuls auteurs ayant pu décrire l'échantillon-type avant sa perte. C'est surtout en s'appuyant sur le fait que les Liphistiomorphes du Carbonifère européen sont tous privés d'un tubercule oculaire que Petrunkevitch incline à rattacher *Protolycosa* aux ARTHROMYGALIDAE (Petrunkevitch 1953, p. 102).

P. cebennensis nov. permet de lever l'ambiguïté tant en ce qui concerne le tubercule oculaire que la granulation abdominale.

Le genre *Protolycosa* ne possédait pas de tubercule oculaire et, à notre avis, était aveugle. Il doit donc bien être classé dans les ARTHROMYGALIDAE (*sensu* PETRUNKEVITCH 1953). Il ne saurait être question d'interpréter comme tubercule oculaire la partie sommitale (ts, fig. 4) de la région céphalique ; d'une part, celui-ci aurait une forme et un développement vraiment exceptionnels et sans équivalent dans le groupe, d'autre part, aucune trace d'yeux n'est visible et cette carence ne peut être imputée à la fossilisation.

Roemer et à sa suite Fritsch, ont signalé chez *P. anthracophyla* l'existence de tubercules abdominaux (une série transversale par tergite) ; Petrunkevitch (1953, p. 102) n'accepte pas ce caractère sans de très grandes réserves, étant données les interprétations différentes de Roemer et de Fritsch et la possibilité de son origine artificielle. Une réelle tuberculation tergale existe bien chez *cebennensis* (Pl. fig. 6), elle est sérieuse comme celle signalée chez *anthracophyla* mais un peu plus dense. Cette ornementation confirme, au passage, l'appartenance du prosoma et de l'abdomen à la même forme et sa réalité systématique.

Malgré son état fragmentaire, l'abdomen de *P. cebennensis* apparaît plus globuleux que celui d'*anthracophyla*. C'est là un autre caractère spécifique.

En conclusion, *P. cebennensis nov.* espèce éminemment proche de *anthracophyla* dont elle se différencie surtout par la taille, la morphologie abdominale et dans une certaine mesure la densité de l'ornementation de l'abdomen, confirme la condition aveugle du genre *Protolycosa* ROEMER et sa position dans les ARTHROMYGALIDAE, famille qui reste, jusqu'ici, uniquement européenne.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- BOUGNIÈRES L. (1961). — Le bassin de l'Aumance. *C.R. Ac. Sc.*, T. 252, pp. 2901-2903, 1 fig., Paris.
- FRICTSCH A. (1904). — Palaeozoischen Arachniden, 80 p., 99 fig., 14 Pl., Prague.
- PETRUNKEVITCH A. (1913). — A monograph of the terrestrial palaeozoic *Arachnida* of North America. *Trans. Connect. Ac. Arts Sc.*, 137 p., 88 fig., 13 Pl. New Haven.
- PETRUNKEVITCH A. (1945). — Palaeozoic *Arachnida* of Illinois. *Scient. Pap. St. Illinois*, 72 p., 34 fig., 4 Pl., New Haven.
- PETRUNKEVITCH A. (1949). — A study of palaeozoic *Arachnida*. *Trans. Connect. Ac. Arts and Sc.*, vol. 37, pp. 69-315, 83 Pl., New Haven.
- PETRUNKEVITCH A. (1952). — Paleozoic and Mesozoic *Arachnida* of Europe. *Geol. Soc. America*, Mem. 53, 123 p., 58 Pl., New-York.
- PETRUNKEVITCH A. (1955). — *Arachnida in Moore*, Treatise on Invertebrate Paleontology, Pt P. Arthropoda 2, pp. P 44-175, 123 fig., Lawrence.
- POCOCK R.I. (1911). — Monograph of the terrestrial carboniferous *Arachnida* of Great Britain. *Paleontogr. Soc.*, vol. for 1910, pp. 1-84, 42 fig., 3 Pl., Londres.
- PROCVOST P. (1927). — La faune du terrain houiller de Bruay dans le bassin de Kaiping (Chine). *Ann. Soc. Géol. Nord France*, T. LII, pp. 158-173, Lille.



1 x3



2 x6



3 x6



4 x6



5 x6



6 x6

- SCUDDER S.H. (1890). — Illustration of the carboniferous *Arachnida* of North America. *Mem. Boston Soc. Nat. Hist.*, vol. IV, pp. 443-456, Pl. 39-40, Boston.
- ROEMER F. (1866). — *Protolycosa anthracophyla*, eine fossile Spinne aus dem Steinkohlengebirge Oberschlesiens, Neues Jahrb. f. Min., p. 136, Pl. 3, Stuttgart.
- WATERLOT G. (1953). — Classe des Arachnides in PIVETEAU. *Traité de Paléontologie*, T. III, pp. 579-583, fig. 41, 42, 54, 55, 56, Paris.
- WILLS L.J. (1959). — The external anatomy of some Carboniferous Scorpions (part. I. *Palaeontology*, vol. I, Pt 4 pp. 261-282, 8 fig., Pl. 49 et 50, Londres.

LEGENDE DE LA PLANCHE III

- FIG. 1. — *Lichnophthalmus* sp. Empreinte de céphalothorax (face dorsale) (× 3). Bassin houiller de l'Aumance. Autunien inférieur. Coll. Faculté des Sciences de Reims, Laboratoire de Géologie.
- FIG. 2. — Cf *Prothelyphonus britannicus* (Pocock) - (face tergale d'un abdomen) (× 6). Bassin houiller de Kaiping (Chine); assise de Tongshan (probablement Seizième Couche); Westphalien supérieur. Coll. Institut Royal Sciences Naturelles Bruxelles (col. F.F. Mathieu).
- FIG. 3. — (*Poliochera* vel *Curculioides*) *pustulatus* nov. sp. (face tergale) (× 6), (holotype). Bassin houiller de Kaiping (Chine); assise de Tongshan (probablement Seizième Couche); Westphalien supérieur. Coll. Institut Royal Sciences Naturelles, Bruxelles (col. F.F. Mathieu).
- FIG. 4. — *Protolycosa cebennensis* nov. sp. (vue générale de l'empreinte), (face dorsale), (× 6), (holotype). Bassin houiller des Cévennes, La Grand'Combe, couche Le Pin, Base du Stéphanien inférieur. Récolte L. Livet, 1923. Coll. Musée houiller Faculté des Sciences de Lille.
- FIG. 5. — Contre-empreinte de l'échantillon précédent (prosoma) (× 6).
- FIG. 6. — Abdomen de *Protolycosa cebennensis* nov. sp. (voir fig. 4 et 5) (× 6).

Action de roches éruptives sur des charbons d'Afrique du Sud ⁽¹⁾

par Jean FABRE et Robert FEYS

(6 Pl.)

L'action de roches éruptives sur des charbons est connue en bien des points du monde. En Afrique du Sud, où ces phénomènes paraissent avoir atteint la plus grande ampleur, les gisements de charbon du Natal surtout sont perturbés par des manifestations éruptives considérables, qui correspondraient aux dernières phases du volcanisme couronnant les séries du Karroo (basaltes du Drakensberg) (2). L'opinion, généralement exprimée dans la bibliographie, est que ces dernières sont responsables, d'une part, de la transformation d'une partie du gisement en « burnt coal », d'autre part, du métamorphisme en graphite des mêmes charbons en d'autres secteurs.

En France, dans les Alpes, des intrusions éruptives lardent l'énorme masse du Carbonifère de la Zone Briançonnaise. Nous y avons naguère décrit les modifications subies par le charbon au contact de ces intrusions éruptives (Feys, 1958, 1962).

L'occasion nous en ayant été donnée, il nous a paru intéressant de comparer les rapports entre veines de charbon et roches éruptives dans ces deux cas.

Rappelons brièvement que, dans le Briançonnais, quand une intrusion éruptive arrive au contact du charbon, le plus souvent sous forme d'un sill accolé à la veine, ce charbon est transformé, par effet thermique, en une sorte de coke naturel. Cet effet paraît très limité dans l'espace, quelques centimètres au maximum, sans doute parce que le charbon a joué le rôle d'un isolant thermique vis-à-

vis des parties de la couche non directement en contact avec l'intrusion. Il n'y a pas transformation en graphite.

Par ailleurs, on connaît aussi, dans le Carbonifère briançonnais, du « graphitoïde » qui a d'ailleurs été exploité pour le graphite qu'il contient. Il s'agit en réalité d'un charbon chargé de graphite par métamorphisme ; il forme des veines interstratifiées dans la formation houillère qui ne se distinguent en rien, à première vue, des veines exploitées dans la même région pour l'anthracite. Nous avons montré que cet effet est distinct du précédent, qu'il s'agit d'un effet de métamorphisme de contact dû, non plus au contact immédiat de sills éruptifs, mais à la proximité d'importantes masses dioritiques.

En Afrique du Sud, des phénomènes identiques atteignent une grande ampleur. Ils peuvent y être plus aisément étudiés, car aucune autre action géologique importante ne paraît s'y être superposée, alors que dans les Alpes d'autres facteurs ont anthracitisé la houille, allant jusqu'à la transformer en cette catégorie particulière que sont les peranthracites (sens. LEBEAU, 1933) ; citons notamment les importantes contraintes tectoniques de l'orogénèse alpine et leur corollaire que représente en certains points un métamorphisme régional naissant.

Il ne nous a pas été possible, vu le temps dont nous disposions en septembre 1959, de visiter, lors de notre passage, les gisements classiques du Natal. Mais grâce à l'amabilité du Dr E.P. PLUMSTEAD et de M. W.J. VAN BILJON, de l'Université de Witwatersrand (Johannesburg), nous avons pu étudier des phénomènes de cet ordre dans les New Springfield Collieries, au Sud de Johannesburg. De plus, le Geological Survey de l'Union Sud-Africaine

(1) Les phénomènes décrits dans cette note préliminaire doivent faire l'objet d'une publication plus importante au bulletin de la Geological Society of South Africa (Johannesburg).

(2) Wybergh 1922, Blignaut et Forter 1940, Blignaut 1952.

a bien voulu nous faire parvenir un échantillon de graphite de Mutale, dans le Zoutpansberg district, à l'extrémité Nord du Transvaal.

La veine exploitée par les New Springfield Collieries se trouve dans le tiers inférieur d'une lentille de terrain houiller limnique de 6 km sur 8 km environ, conservée dans une dépression du socle précambrien. Épaisse d'une quinzaine de mètres, elle s'effile sur les bords du bassin. Un banc de schistes bitumineux de 1 m environ, surmonté de grès micacés, en constitue le toit. Seule est exploitée une tranche de 3 m à 3 m. 50, située dans le 1/3 supérieur de la couche que partagent de nombreuses lentilles de schiste noir. Cette formation permienne (Ecca) est traversée par un dyke de dolérite irrégulier, branchu, qui, selon les renseignements qui nous ont été fournis, présente une épaisseur maximum de 18 m. Il est accompagné d'un sill de 1 m 80 d'épaisseur et de filonets secondaires ainsi que de quelques filons élastiques de grès fin.

Au voisinage de ce dyke principal, les travaux miniers ont rencontré de fortes pressions, accompagnées parfois de dégagements instantanés.

Les deux filons secondaires que nous avons pu voir dans la mine sont épais de quelques dm (Pl. IV). Ils sont constitués par une dolérite gris clair. Sur ce fond, se détachent les feldspaths, des débris noirs, de schiste houiller ou de charbon, et des globules limpides, à éclat gras. Au cœur du filon, on observe de petites géodes de quartz, et de minces fissures. Près des éponges, la roche éruptive est altérée sur quelques mm à plusieurs cm d'épaisseur. En certains points, le contact avec le charbon encaissant est franc (Pl. V). En d'autres, on observe une zone de mélange, où les dragées claires de la dolérite se détachent sur le fond noir du charbon ou du schiste charbonneux (v. Pl. VII). Au contact, on observe fréquemment un miroir de friction.

A 10 ou 20 m des premiers, un troisième filonet de quelques cm d'épaisseur paraît entièrement altéré. Géométriquement, les rapports de la roche éruptive et du charbon sont très capricieux (Pl. VIII fig. 2). Le mélange des deux roches s'est produit aussi bien à l'échelle macroscopique que microscopique et la dolérite montre, dans toute son épaisseur, le faciès de contact « à dragées ».

Enfin, des échantillons préparés pour nous par les soins du Directeur de la mine, et qui semblaient provenir du dyke principal, montrent des phénomènes identiques (Pl. V, fig. 1-2 ; VIII, fig. 1, IX).

D'une façon générale, à proximité de la roche éruptive, le charbon durcit et perd ses matières volatiles plus ou moins complètement. Il devient plus lourd, moins brillant et peut prendre un aspect gris terne. Il se charge de cendres et sa masse est sillonnée de multiples filonets minéraux.

Il est évident qu'une dessiccation brutale est responsable, pour une part au moins, de la rétraction et de la fissuration de la masse charbonneuse. Cet effet, parfois visible à l'œil nu, a été décrit comme « structure colonnaire », « prismes hexagonaux » (Blignaut 1952, Raistrick et Marshall 1948). Les fissures ainsi ouvertes ont été ultérieurement cicatrisées par des minéraux divers, surtout silice, carbonates, pyrite, phyllites. L'ensemble peut alors constituer un véritable squelette cristallin.

De plus, la masse charbonneuse a subi, au contact, une fusion comparable à celle qui se produit lors de la cokéfaction industrielle. Le rubanement dû aux alternances de Durain, de Vitrain, etc., s'estompe ou disparaît. Aucune structure végétale n'y est plus reconnaissable.

Le départ de matières volatiles a laissé des vides, des alvéoles de cokéfaction criblant la masse charbonneuse. En lames minces, celle-ci se montre illuminée de petites nébuleuses aux formes capricieuses. Certaines parties montrent que la masse charbonneuse, encore pâteuse après la formation des alvéoles, s'est ensuite déformée. Toutes ces cavités ont été colmatées par des produits minéraux divers, ici surtout des carbonates, probablement apportés, depuis la roche éruptive, par des micro-solutions. Ces « cendres » secondaires contribuent à alourdir et à consolider les charbons ainsi transformés.

La roche éruptive, elle aussi, est modifiée : au contact du charbon, elle est salie par un liseré ferrugineux. Elle est chargée d'une quantité variable, parfois importante, de particules ou de grumeaux charbonneux. Quand la taille de ces inclusions le permet, ce sont elles qui montrent les figures de cokéfaction les plus caractéristiques.

Nous étudierons successivement les deux types de rapports présentés par l'intrusion que nous avons pu étudier en Afrique du Sud. Ces deux types, qui présentent d'ailleurs de grandes analogies avec ce que l'on peut voir dans le Briançonnais, semblent correspondre à des conditions locales différentes.

I. - Les contacts francs.

De tels contacts, sans mélange apparent des deux roches, ont été observés sur des échantillons provenant, soit du dyke principal, soit de l'un des filons secondaires.

En lame mince (Pl. V, fig. 1 et 2), on voit la dolérite, altérée, mais qui a conservé sa texture propre sauf au voisinage immédiat du charbon. Les phénoblastes de plagioclases zonés sont remplacés par une association cryptocristalline de quartz et, peut-être, d'albite (légères différences de réfringence) et des plages de carbonate. Les pyroxènes, très rares, sont, presque toujours, entièrement carbonatés. Les microlites, fortement corrodés dans la roche fraîche, subsistent à l'état de fantômes, visibles parfois seulement en lumière naturelle ou en lumière réfléchie. Dans le fond cryptocristallin, moucheté de petites taches grises indéfinissables, dominent la silice et les carbonates.

Des débris de charbon y sont englobés, plus nombreux à proximité du contact. Il s'agit, manifestement là, de débris arrachés à la veine. Dans plusieurs lames minces, ces esquilles esquissent une fluidalité de la dolérite, évoquant un écoulement parallèle aux épontes (Pl. V, fig. 2).

Au contact même, nous n'observons ici aucune trace de refroidissement rapide. Tout au plus peut-on noter, sur 1 mm environ, la disparition des microlites. Cette mince frange est semée de très petits grains de pyrite qui peuvent aussi se condenser en un liseré en avant du charbon (Pl. V, fig. 1, 2) ou, au contraire, former des amas contre le charbon, ou remplir des fissures de la dolérite.

Le charbon est criblé de petites cavités minéralisées et parcouru d'étroites fissures mais, dans l'ensemble, reste compact. Les vides sont remplis, tantôt d'un mélange extrêmement fin, parfois zoné, de silice et de carbonate, peut-être aussi de phyllites, tantôt certaines cavités sont remplies de quartz à extinction onduleuse et criblé d'inclusions charbonneuses et de fantômes de petits spherolites siliceux. Dans tout cela, rien qui évoque un refroidissement rapide de la dolérite ou une véritable cokéfaction ou seulement un départ tumultueux d'eau ou de gaz qui aurait pu provoquer un mélange des éléments en présence.

LES INCLUSIONS DE CHARBON DANS LA DOLÉRITE.

Celles-ci sont nombreuses, surtout à proximité du contact, et de taille très variable, de la poussière de quelques microns au débris macroscopique. Ces débris, nous l'avons vu, soulignent une certaine fluidalité de la roche éruptive, et montrent parfois de petites alvéoles de cokéfaction.

Un aspect curieux sur lequel nous insisterons ici, car nous ne l'avons pas encore observé ailleurs, est celui de petits globules charbonneux englobés dans la dolérite à proximité (quelques cm au maximum) du contact.

Leur contour, sphérique ou ovoïde, de quelques mm de diamètre, est souligné par une mince pellicule, maintenant disjointe, de grains charbonneux.

A l'intérieur, on distingue :

- des débris de charbon, souvent anguleux, de toutes tailles (Pl. V, fig. 3 et Pl. VI, fig. 1), presque toujours disloqués en banquise comme par suite d'une micro-explosion. Il s'agit bien de charbon et non de quelques produits carbonés de distillation car quelques-uns d'entre-eux montrent une grossière zonation en lits compacts et en lits cokéfiés (Pl. V, fig. 4) comme on l'observe dans la veine elle-même ;
- des cavités bicornues, plus rarement sphériques (Pl. VI, fig. 2-3), actuellement remplies de produits secondaires (calcite, silice, zéolites : cf. thomsonite) ;
- enfin, de la dolérite qui a manifestement pénétré ensuite par les brèches, les pores de la pellicule superficielle. Cette dolérite n'est pas identique à la roche encaissante. Les microlites y sont moins abondants, plus grêles, la pâte plus sombre. Parfois cantonnée dans quelques poches (Pl. V, fig. 3, Pl. VI, fig. 1), de taille variable et en communication avec l'extérieur, elle peut aussi envahir complètement le globule charbonneux, s'insinuant entre tous les débris de charbon (Pl. VI, fig. 2-3). On notera que, dans ce cas, les cavités à minéraux secondaires sont absentes ou réduites et que la pellicule charbonneuse externe est très démantelée.

Comment interpréter cela ? La formation même du globule reste encore énigmatique. Il s'est constitué tandis que la dolérite était encore relativement fluide. Une fois formé, il s'est trouvé partiellement ou totalement envahi par la roche éruptive dont la cristallisation n'était pas terminée et s'est poursuivie après (croissance des microlites à l'intérieur). Nous pensons que les cavités maintenant comblées de minéraux secondaires ont pu être remplies à l'origine par le gaz de distillation des débris de charbon. Dans certains cas, ce gaz a pu s'échapper aussitôt, et la roche éruptive imbibant le tout n'a pas subi la légère différenciation que l'on observe dans les autres globules. Dans les autres, ce n'est qu'une fois la roche figée, et au cours de son lent refroidissement, que les gaz ont pu diffuser et être alors remplacés par les produits de décomposition de la roche éruptive elle-même (1). Quoi qu'il en soit, ces phénomènes se sont produits, si l'on extrapole à partir des données de Blignaut, sous une couverture de 700 à un millier de mètres, c'est-à-dire sous une pression de l'ordre de 200 à 300 kg/cm².

(1) Cette altération ne paraît pas être due à des phénomènes externes, ou à des actions pneumatolytiques importantes dont Blignaut (1952) a montré l'inexistence, mais bien plutôt à des remaniements chimiques internes de ces roches au cours du refroidissement.

II. - Les éponges de charbon et de dolérite.

Un bon type de ce mode de contact, que nous avons observé aussi dans le Briançonnais, est figuré Pl. VII.

Dans ce cas, la dolérite n'a pas aussi bien cristallisé. Les lobes aux formes capricieuses qui pénètrent dans le charbon peuvent montrer encore des fantômes de grands plagioclases, mais, le plus souvent, toute texture cristalline est absente et l'on voit, sur le fond maintenant épigénisé par un mélange cryptocristallin, se développer un réseau de craquelures fenestrées ou courbes et typiques d'un verre.

On observe même, dans l'une de nos plaques provenant du petit filonet isolé, des restes de structure perlitique (1). Par places, le verre lui-même a subsisté. Mais il est plus souvent remplacé par les carbonates et la silice habituels avec, ici, beaucoup de calcédoine. Des carbonates soulignent aussi les craquelures du verre et sa fluidalité. De gros fragments de charbon ont été ainsi enrobés, déformés plastiquement et cokéfiés (Pl. IX, fig. 2-3). Ce charbon, de plus, est constellé de cavités de taille et de forme variables et remplies des mêmes minéraux secondaires. Certaines, aux formes géométriques, suggèrent des feldspaths disparus. Quelques corps jaunes craquelés sont peut-être les derniers restes de gouttes de résine.

Dans quelques cas enfin, le charbon s'est exfolié au voisinage du contact. Les fissures sont actuellement comblées de minéraux fibreux (silice, carbonates, ainsi probablement que des phyllites). La planche VII en donne un bon exemple.

En résumé, nous observons là deux modes de contact très différents.

Dans le premier, la dolérite se met en place encore visqueuse, et cristallise complètement ensuite (pas d'orientation des microlites, différenciation de la roche à l'intérieur des globules de charbon). Elle produit dans la veine de charbon une cokéfaction très limitée — lorsqu'elle en produit — et ne montre pas de traces de vitrification.

Dans le deuxième cas, la dolérite se mélange au charbon de la veine sur plusieurs centimètres d'épaisseur. Elle y subit un refroidissement rapide et se consolide en verre, non sans avoir auparavant imprégné le charbon encaissant de ses produits. Celui-ci présente des phénomènes de cokéfaction

typiques qui excluent une mise en place à basse température.

Dans les deux cas, mais surtout dans le second, la roche éruptive a subi, sans doute peu après sa mise en place, une décomposition presque totale qui, puisque ces échantillons ont été prélevés dans les travaux du fond, ne doit apparemment rien aux agents météoriques. La présence de charbon et de fer (provenant pour une part au moins des ferromagnésiens de la dolérite) a pu faciliter la libération de la silice comme la formation de pyrite et de carbonates, mais ne suffit pas à rendre compte de tous les phénomènes. On pourrait penser, sur le vu des seuls échantillons, que ces contacts correspondent à deux roches éruptives mises en place dans les mêmes fractures, la seconde d'un type explosif très particulier (v. E.P. Plumsteadt, in Van Biljon et Smitter 1956). Mais cette hypothèse demanderait confirmation.

Si la cause ne peut en être cherchée dans la nature de la roche éruptive elle-même, un autre facteur, externe celui-là, doit être envisagé.

Il est peu probable que ces différences soient en rapport avec des qualités particulières du charbon, bien que la présence d'intercalaires argileux ou marneux ait pu faciliter peut-être la fusion de la lave. Cette dernière hypothèse qui expliquerait la décomposition si générale de la roche éruptive en silice et en carbonates, et, plus particulièrement pour les plagioclases, en silice + albite d'un côté, carbonate de l'autre, paraît pour l'instant gratuite.

On peut aussi penser que la mise en place de la dolérite, s'étant accompagnée de dislocations locales (2), certaines parties de la veine se sont trouvées écrasées et, de ce fait, poreuses et imbibées d'eau, tandis que d'autres parties demeuraient compactes. Tandis que dans celles-ci les échanges chimiques et thermiques (le charbon formant isolant) se sont à peine esquissés, dans les premières la dolérite a pu se mélanger mécaniquement au charbon. La possibilité d'une circulation de l'eau d'imbibition et du gaz de distillation de la houille dans une roche fracturée a pu permettre des échanges chimiques et thermiques beaucoup plus importants, faciliter la cokéfaction du charbon, peut-être aussi la fusion de la roche éruptive et enfin son refroidissement rapide.

(1) Nous tenons à remercier ici P. Collomb qui a bien voulu revoir certaines de nos plaques et dont les avis nous ont été précieux.

(2) Des accidents secondaires, dus à l'écartement des strates au-dessus du sill, ont été décrits par Blignaut (1952).

LE PROBLEME DU GRAPHITE

Nulle part, dans le Briançonnais, de telles modifications au contact d'un sill, ne s'accompagnent de formation de graphite décelable aux rayons X (Feys op. cit.). Quand il y a du graphite, c'est qu'il y a intervention d'autres facteurs, comme dans le cas du massif de « diorite » de la Cécé Haute, responsable du métamorphisme en graphite des veines du Chardonnet. Le graphite de Murialdo, en Ligurie, situé comme le précédent dans la Zone houillère intra-Alpine, paraît se trouver dans les mêmes conditions.

De la même façon, l'étude diffractométrique, effectuée au laboratoire du B.R.G.M. par M.P. Maillard, n'a pas décelé de graphite dans les coques naturels des New Springfield Collieries. Le fait paraît général, et ne fait que confirmer les travaux des géologues sud-africains. Ceux-ci — et notamment Blignaut — ont, en effet, montré qu'au Natal, sauf exception, il n'y avait pas de métamorphisme, à proprement parler, du charbon, mais une cuisson affectant des portions de la veine variables suivant la nature et l'épaisseur du sill.

Dans quelques cas exceptionnels cependant, du graphite peut apparaître. Selon Blignaut, une venue doléritique particulièrement chaude (Matshongololo dolérite) aurait, par places, métamorphosé la veine, en même temps qu'elle était capable de fondre, à son contact, les sills de dolérite plus anciens qu'elle recouvrait.

Un autre gisement de graphite est connu au Zoutpansberg, dans la mine de Mutale. Nous

n'avons pu encore l'étudier en détail, mais le Geological Survey of South Africa nous en a communiqué quelques échantillons. Ceux-ci se présentent, comme ceux du Briançonnais, sous l'aspect d'un charbon terne, fragile, onctueux, tachant fortement les doigts. Au microscope, il apparaît comme une association intime de charbon plus ou moins complètement transformé et de graphite. L'étude diffractométrique confirme, dans ces échantillons, l'existence d'une quantité notable de graphite indubitable.

Pour conclure, il convient de souligner la grande similitude des intrusions éruptives dans les bassins sud-africains et alpins. L'étude fine des contacts, en particulier dans les gisements sud-africains mieux préservés, est loin d'avoir donné tout ce que l'on peut en attendre. Des recherches complémentaires portant sur la nature originelle du charbon, sa fracturation, la composition de la roche éruptive, devraient nous permettre de mieux connaître ces phénomènes de cokéfaction naturelle en profondeur.

Le graphite apparaît bien comme un produit exceptionnel et non comme le terme ultime d'une évolution graduelle. Sa genèse suppose des conditions très particulières que nous commençons seulement à entrevoir. Elle est liée à un apport de chaleur important, tel qu'il peut s'en produire au voisinage de certaines grosses masses éruptives. Mais l'action des catalyseurs, de « minéralisateurs » ne doit pas être exclue.

Centre de Recherches
sur les Zones Arides
du C.N.R.S.

Bureau de Recherches
Géologiques et Minières.

OUVRAGES CITES

- BLIGNAUT J.J.G. et FURTER F.J.J. (1940). — The Northern Natal coalfield. *Coal Survey Mém. S. Africa*, n° 1.
- BLIGNAUT J.J.G. (1952). — Field relationship of the dolerite intrusions in the Natal coalfields. *Trans. geol. soc. of South Africa*, t. LV, p. 19-27.
- FEYS R. (1958). — Métamorphisme et évolution des anthracites intra-alpins. *Rév. Ind. miner.*, n° spécial, juillet 1958.
- (1963). — Etude géologique du Carbonifère briançonnais. Thèse Paris 1957. *Mém. B.R.G.M.* n° 6.
- LEBEAU P. (1933-1934). — Sur les anthracites : peranthracites et anthracites vrais. *Ann. off. nat. comb. liq.*, n° 1 (1933), p. 7-110 ; n° 6 (1933), p. 963 ; n° 1 (1934), p. 77-110.
- RAISTRICK A. and MARSHALL C.F. (1948). — The nature and origin of coal and coal seams. *English univ. press. London*, 282 p.
- VAN BILJON W.J. and SMITTER Y.H. (1956). — A note on the occurrence of two sandstone dykes in a karroo dolerite sill near Devon, South Eastern Transvaal. *Trans. Geol. Soc. of South Africa*, vol. LIX, p. 135-148.
- WYBERGH W.J. (1922). — The coal resources of Union of South Africa. *Geol. surv. of South Africa*, mém. n° 19.

LEGENDE DES PLANCHES

PLANCHE IV. — *Dolérite.*

FIG. 1 (L.P. $\times 25$), fig. 2 et 3 (L.N. $\times 25$).

Dolérite peu altérée prélevée au cœur de l'un des filons secondaires.

Phénoblastes d'andésine, feutrage de microlites de plagioclase.

La figure 3 montre une cavité remplie de silice, carbonate et zéolites : faujasite et thomsonite probable.

PLANCHE V. — *Contact franc dolérite-charbon.*

FIG. 1 et 2 (gros. 25 L.N.).

Près du charbon, la dolérite est beaucoup plus altérée (sa structure n'est plus visible qu'avec le condenseur qui fait apparaître les fantômes de microlites). *En blanc*, les phénoblastes de plagioclase et, autour de quelques débris de charbon, des plages de minéraux secondaires. Noter, en avant du charbon massif, la zone assombrie par les oxydes de fer où se détache en noir le liseré de pyrite parallèle au contact. Dans le charbon, cavités de cokéfaction rondes ou biscornues, remplies de minéraux secondaires.

FIG. 3 (gros. 25 L.N.).

Globules charbonneux au sein de la dolérite.

La dolérite qui a pénétré plus ou moins dans le globule est plus sombre et ses microlites beaucoup moins abondants et plus grêles que dans la roche éruptive encaissante. Quelques grains de charbon disloqués montrent des alvéoles de cokéfaction. La plage blanche est actuellement remplie de silice et de carbonate.

FIG. 4 (gros. 25 L.N.).

Même phénomène que la figure précédente. La plage de charbon est restée ici presque entière. Noter la répartition des alvéoles de cokéfaction et l'orientation des microlites dans la dolérite intrusive dans le globule.

PLANCHE VI

FIG. 1 ($\times 25$ L.N.).

Globule charbonneux au sein de la dolérite. Grain de charbon disloqué en banquise. Un golfe doléritique principal flanqué de deux beaucoup plus petits. Fond clair rempli de minéraux secondaires.

FIG. 2 ($\times 25$ L.N.).

Globule charbonneux entièrement envahi par la dolérite qui montre encore une certaine différenciation, bien moindre cependant que dans les photos précédentes.

Les deux plages rondes, remplies de silice et de carbonate, semblent bien correspondre à des bulles de gaz.

FIG. 3 ($\times 25$ L.N.).

Globule charbonneux montrant encore les trois phases : charbon, dolérite plus ou moins différenciée et plage de silice et de carbonate qui semble encore correspondre à une bulle de gaz.

FIG. 4 ($\times 25$ L.N.).

Débris de charbon disloqué, noyé dans la roche éruptive dont on notera la fluidalité.

PLANCHE VII

Type de contact spongieux à dragées de dolérite dans le charbon.

Noter la zone exfoliée, intermédiaire entre le charbon relativement sain et le charbon très modifié de la zone même de contact. Echantillon donné par le Directeur des New Springfield Collieries et provenant, semble-t-il, du dyke principal. Des faciès identiques ont été observés au contact de filons secondaires (ainsi d'ailleurs que dans le Briançonnais).

PLANCHE VIII

FIG. 1 ($\times 25$ L.N.).

Eponge. En noir, le charbon ; en clair, la dolérite, vitreuse, très altérée et souillée de débris charbonneux. Certaines plages blanches correspondent à d'anciens phénoblastes de feldspath (la lame mince est taillée dans un échantillon identique et de même provenance que celui figuré planche VII).

FIG. 2 ($\times 25$ L.N.).

Echantillon provenant d'un mince filonet de dolérite vitreuse isolé au milieu du charbon. Noter l'aspect de la roche éruptive où du verre subsiste encore.

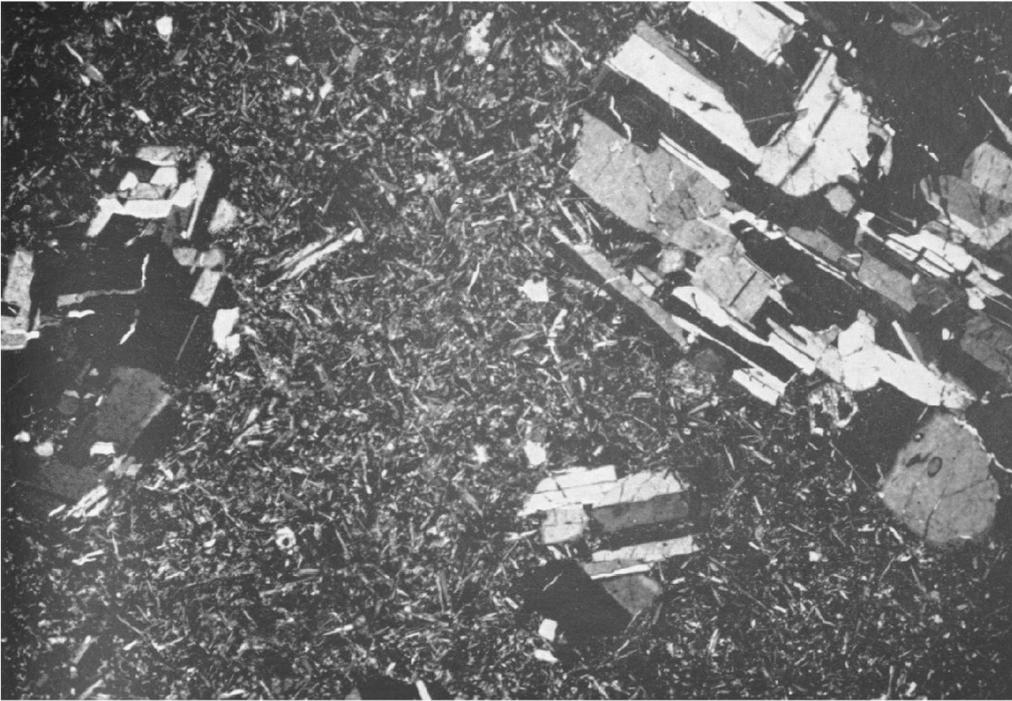
PLANCHE IX

FIG. 1 ($\times 25$ L.N.).

Coke déformé au contact ou au sein de la dolérite vitreuse. Mêmes échantillons que Pl. IV et Pl. V, fig. 1.

FIG. 2 et 3.

Inclusions de coke dans la dolérite vitreuse. Dans la fig. 2 on note encore le fantôme d'un grand plagioclase.



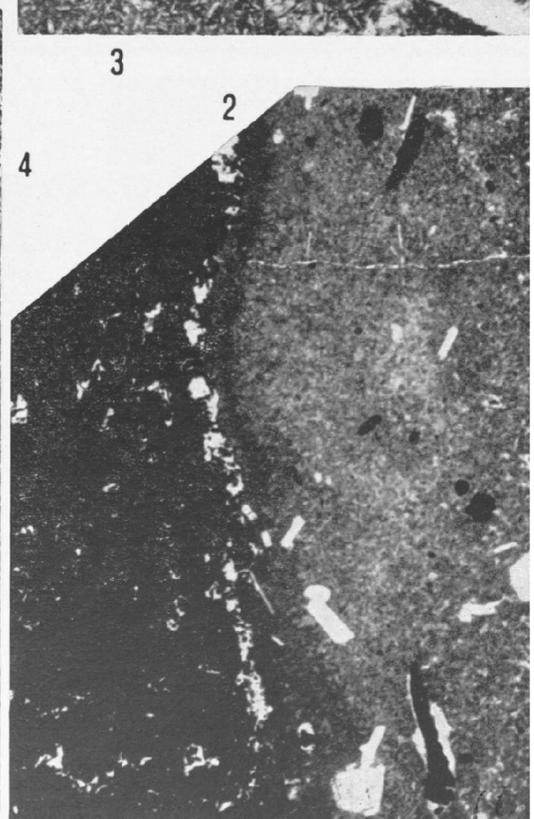
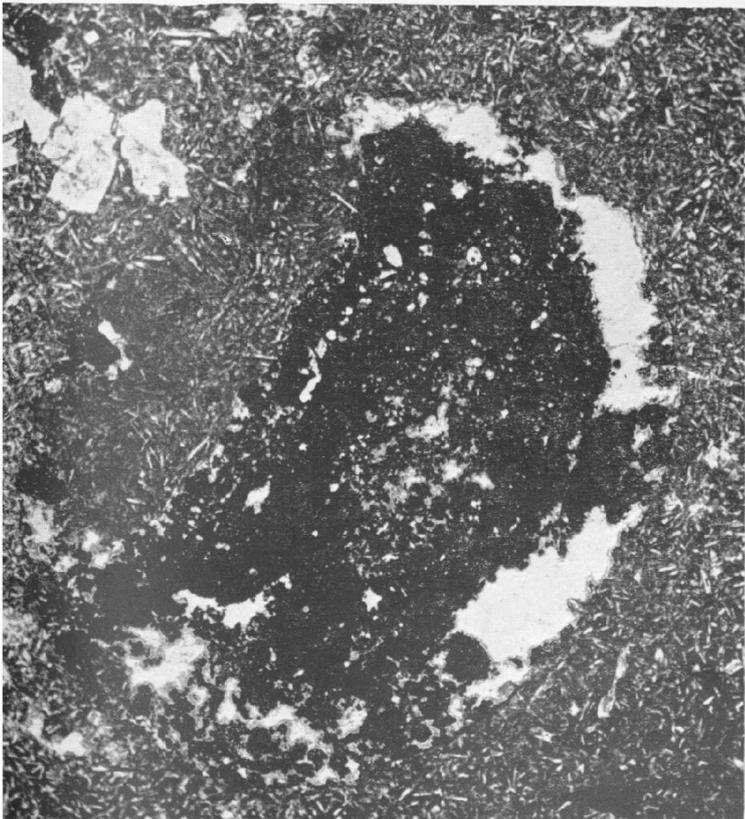
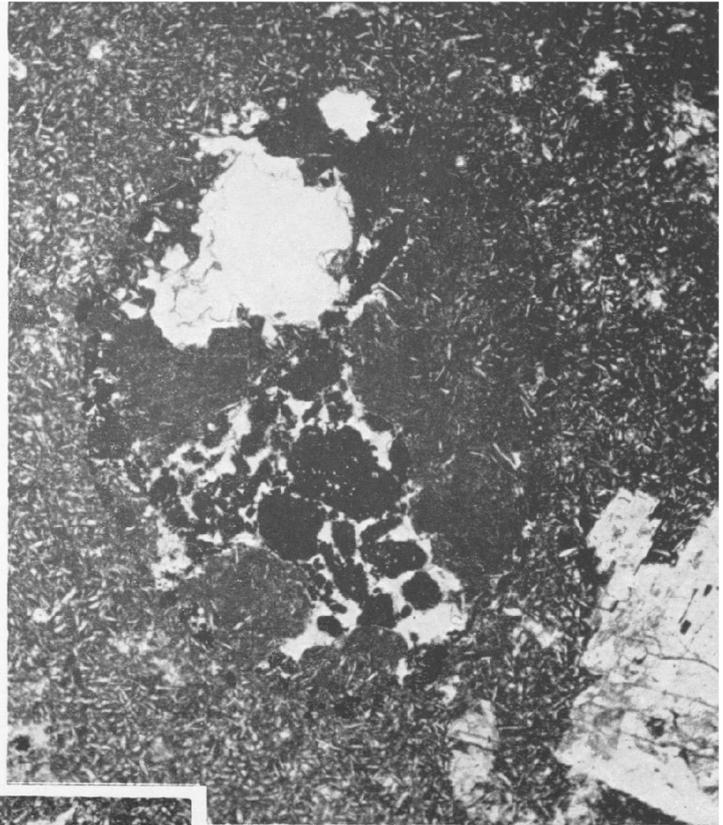
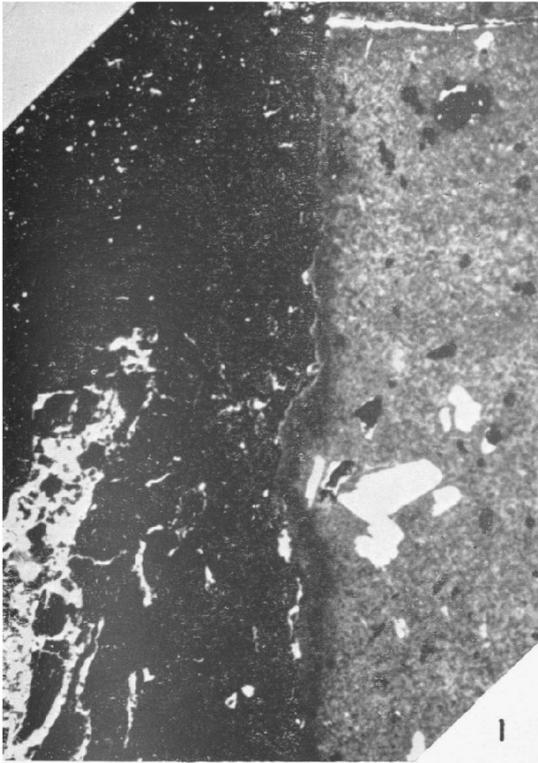
1

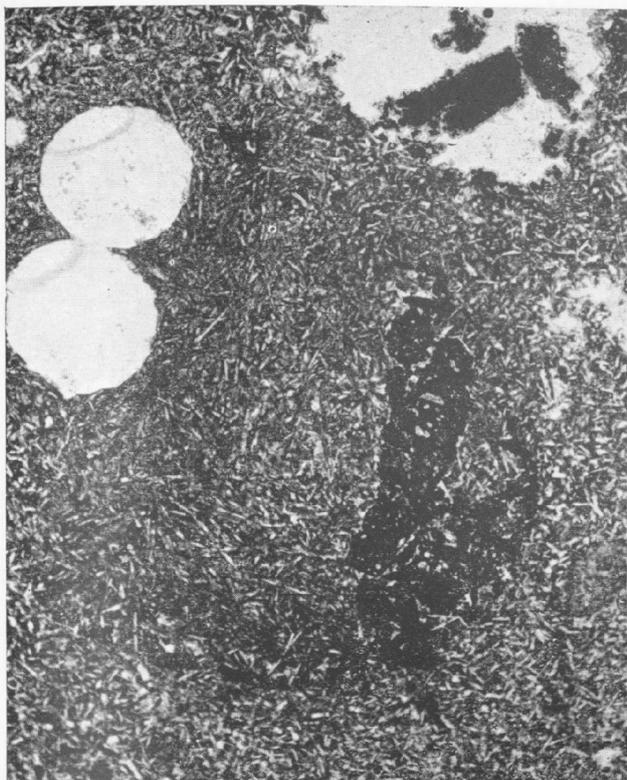
2



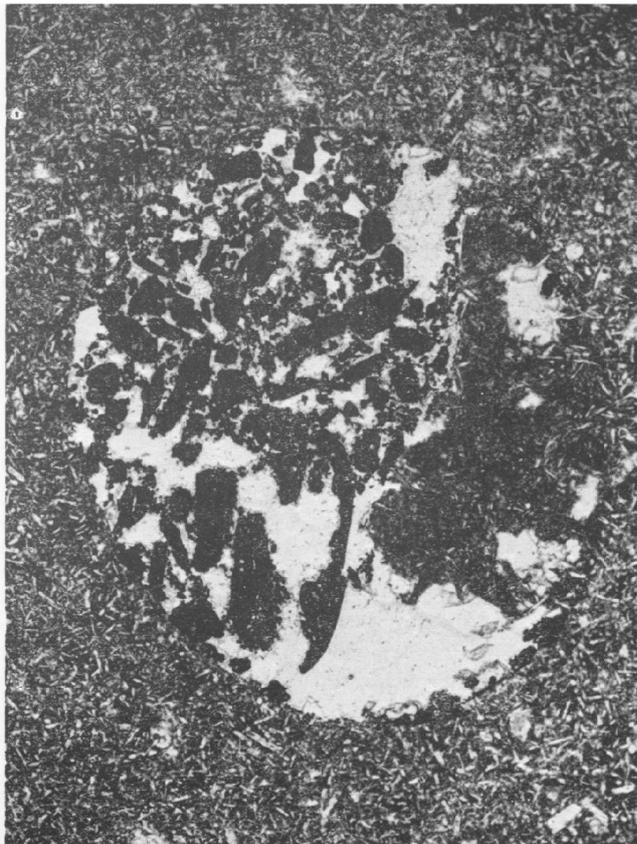
3







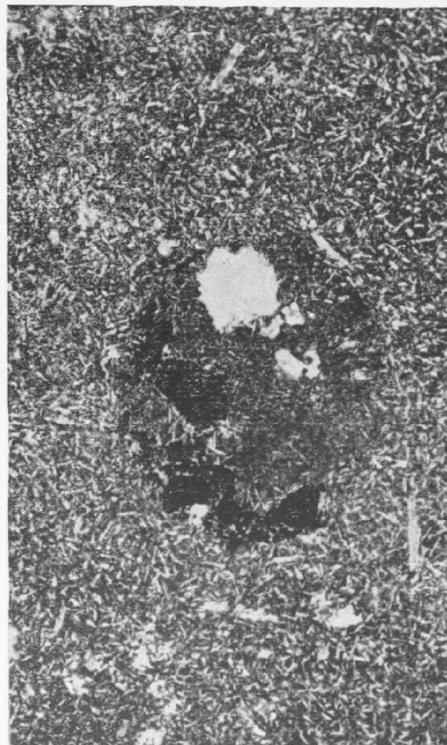
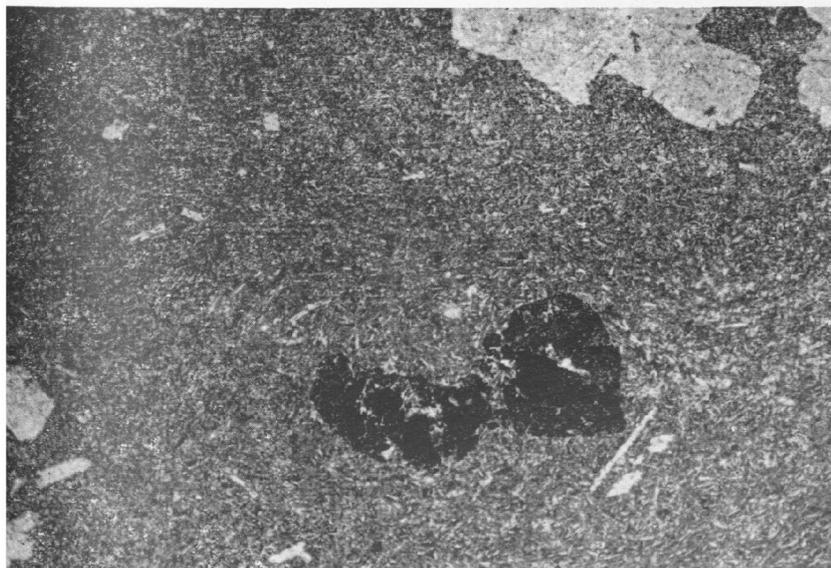
2



1

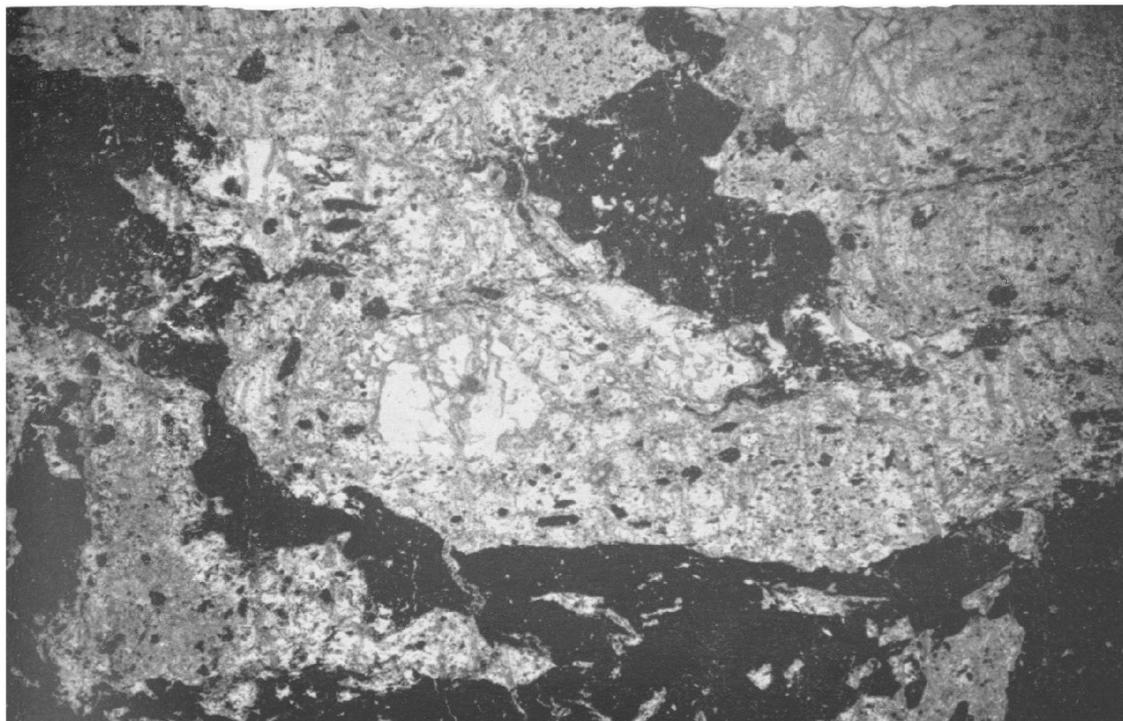
3

4

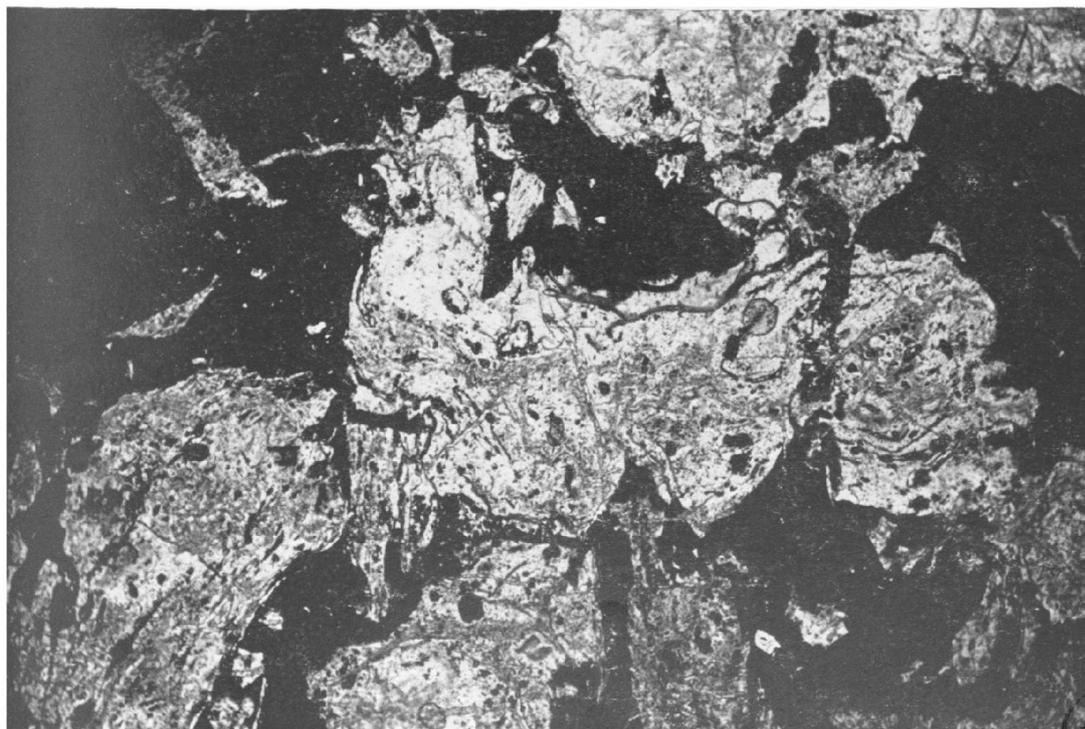


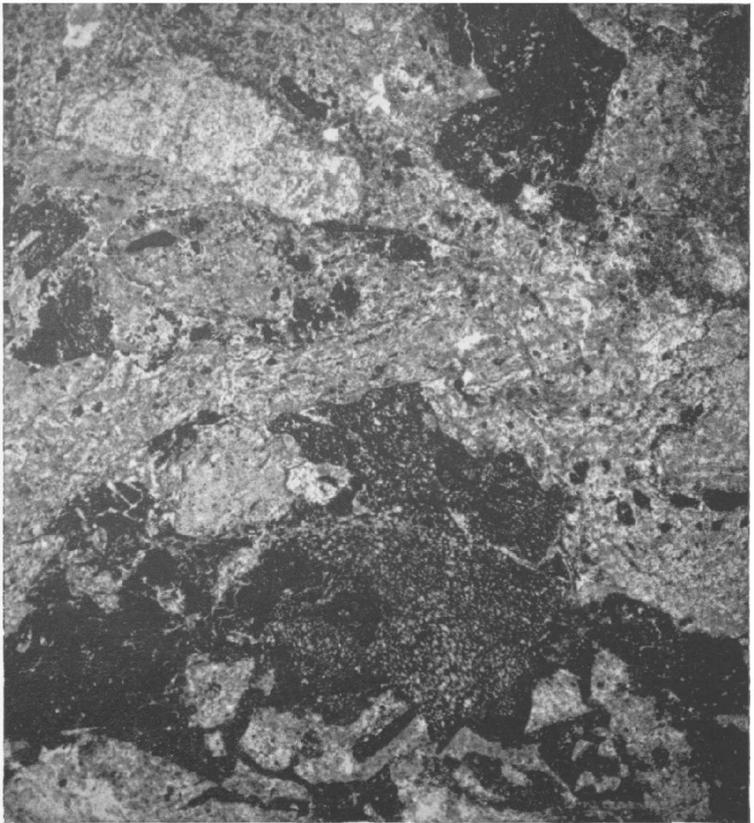


1



2

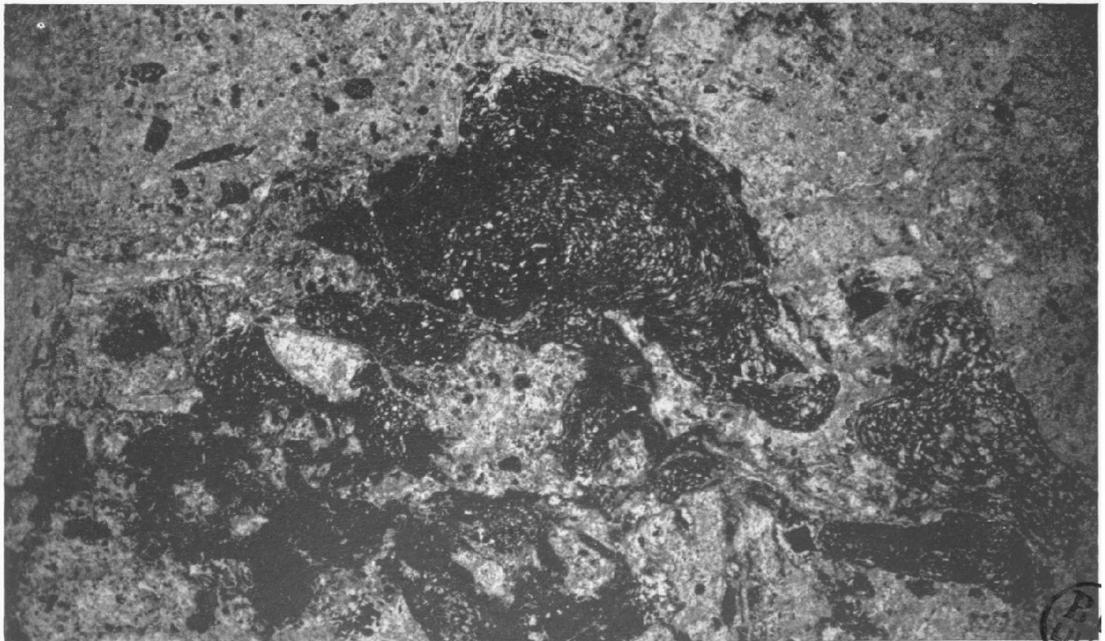




1

2

3



Inventaire palynologique, " par les mégaspores ", du sondage 233 de la fosse 2 d'Auchel

par J. LEVET-CARETTE et S. LOBOZIAK

(1 fig.)

Sommaire : Le sondage 233 effectué à la fosse 2 de l'ancien groupe d'Auchel est un sondage « au fond ». Son étude a comporté l'inventaire palynologique des 73 passées charbonneuses qu'il a traversées, parmi lesquelles 59 ont fourni un nombre suffisant de « mégaspores » pour permettre une étude statistique.

Le sondage 233 a été réalisé à la fosse 2 de l'ancien groupe d'Auchel qui a fusionné récemment avec celui de Bruay pour former le groupe d'Auchel-Bruay. Ce dernier se trouve à l'extrémité tout à fait ouest du bassin houiller du Nord de la France. La fosse 2 qui en dépend est située dans un bloc tectonique homogène limité au nord-est par la faille de Ruitz et au sud-ouest par celle de Marquessies.

Il s'agit d'un sondage « au fond » qui a débuté à une profondeur de — 565 m. Il a traversé 518 m de terrains formés d'une alternance de stampes stériles et de 73 passées charbonneuses au milieu desquelles ont été découverts le niveau marin de Rimbert et les tonstein Constance, Espérance et Florence. L'ensemble des repères très importants que constituent le niveau marin de Rimbert et les tonstein, permet de supposer que les terrains traversés par ce sondage et situés au-dessus du niveau marin, appartiennent au Westphalien C et plus précisément au faisceau de Six-Sillons, et que ceux situés en dessous, font partie uniquement du Westphalien B ou à la fois du Westphalien B et A en fonction de la présence d'accidents.

I. - Remarques sur la classification employée pour la nomenclature des spores

Pour la nomenclature des spores, nous nous sommes référés à la classification morphographique établie en 1955 par Potonié et Kremp (7) modifiée en 1958 par Alpern (1) et remaniée récemment par Corsin P., Carette J., Danzé J. et Laveine J.P. (3). Cette classification englobe tous les pollens et spores

du Carbonifère au Lias ; elle ne tient plus compte de la distinction fictive, fixée à 200 μ , entre les « microspores » et les « mégaspores ». C'est pourquoi certains noms de genre utilisés jusque-là uniquement pour l'une ou l'autre catégorie, ont vu leur emploi s'appliquer aussi bien aux spores de petite taille qu'aux spores de grande taille. Le genre *Apiculatisporites* désignant des « microspores » trilètes a été étendu aux « mégaspores » présentant les mêmes caractères génériques et s'en différenciant uniquement par la taille ; il a remplacé en certains cas le genre *Tuberculatisporites*, car le terme « *apiculati* » est plus apte à désigner des spores ornées d'appendices pointus que le terme « *tuberculati* » qui correspond plutôt à une ornementation arrondie. De plus, le génotype du genre *Apiculatisporites* est une « mégaspore ».

Dans la subdivision des Zonotrilètes, à côté des séries *Cingulati* et *Zonati*, a été ajoutée la série *Coronati* pour des spores dont l'ornementation équatoriale consiste en une couronne formée de filaments accolés les uns aux autres. Pour que le nom de genre *Zonalesporites* ne rappelle pas celui d'une série à laquelle il n'appartient pas, *Zonalesporites* est devenu *Coronatisporites*.

Il a été décidé dans cette classification et dans un but d'homogénéisation, que la terminaison « *sporites* » serait ajoutée à tous les noms de genre de spores des Cryptogames vasculaires et aussi que la désinence de radical « i » serait utilisée avant la terminaison « *sporites* » pour les noms de spores trilètes. C'est pourquoi *Lagenicula* est devenu *Lageniculisporites* et *Cystosporites*, *Cystipsorites*.

II. - Préparation des échantillons

Chaque prélèvement correspondant à une passée a été broyé puis tamisé. 10 grammes de charbon de granulométrie comprise entre 2 et 5 mm ont ensuite subi la macération par la méthode décrite par Zetzsehe et Kälin (11). Cette dernière comporte :

— une hallogénéation de 17 heures environ par 3,2 cm³ (*) de brome pur, destinée à faciliter l'extraction des spores et à leur procurer une plus grande résistance à l'oxygène. En effet, le brome se fixe sur les valences libres de la sporonine qui constitue la membrane des spores, ce qui empêchera plus tard la fixation de l'oxygène sur ces valences.

— une oxydation d'une demi-heure par 125 cm³ de HNO³ concentré à 49° Baumé.

Après dilution de la préparation et un premier lavage sur un tamis en soie naturelle à mailles de 200 µ, le résidu est plongé pendant 10 secondes dans une solution de soude à 10 % (ce bain très court est destiné à disperser les matières humiques). Le refus au tamis est lavé une seconde fois puis séché à l'air libre.

Le tri est effectué sous le binoculaire en lumière incidente avec un grossissement voisin de 25.

III. - Exposé systématique des résultats

PASSÉE A 2,40 M.

Echantillon n° 784 - Analyse b1 : 320 spores.

Cette passée révèle la présence importante de 3 types de spores : *Setosporites practextus* (ZERNDT) POT. et KR. : 39,8 %, *Apiculatisporites* * (IBRAHIM, non BENNIE et KIDSTON) POT. et KR. : 23,9 %, *Setosporites hirsutus* (LOOSE) IBRAHIM : 23,7 %. Puis viennent, avec des pourcentages beaucoup moins élevés, les spécimens suivants : *Superbisporites superbus* (BARTLETT) POT. et KR. : 4,3 %, *Cystisporites* (= *Cystosporites*) *varius* (WICHER) DILKSTRA : 2,2 %, *Valvisporites auritus* ZERNDT : 2,2 %, *Coronatisporites* (= *Zonalesporites*) *brasserti* (STACH et ZERNDT) POT. et KR. : 0,9 %, *Cystisporites* (= *Cystospo-*

(*) Etant données l'adhérence du brome aux parois des récipients et les pertes qui en résultent, on utilise 3,2 cm³ dont en principe 3 cm³ servent à l'hallogénéation.

(*) Les espèces des genres *Tuberculatisporites* (IBRAHIM) POT. et KR., *Colisporites* POT. et KR. et *Apiculatisporites* ont été groupées sous l'appellation générique, car la distinction entre ces spores azonotrilètes à exine ornementée est encore mal définie et fait l'objet d'une révision.

rites) *giganteus* ZERNDT : 0,5 % et *Triangulatisporites* * POT. et KR. : 0,3 %.

PASSÉE A 3,85 M.

Echantillon n° 785 - Analyse b1 : 392 spores.

Ce niveau renferme les 3 mêmes espèces principales que le précédent mais avec des pourcentages bien différents : *S. hirsutus* : 57,1 %, *S. practextus* : 29 %, *Apiculatisporites* : 4,6 %. A ces spores s'ajoutent : *C. varius* : 3,5 %, *V. auritus* : 1,7 %, *C. giganteus* : 1 %, *Triangulatisporites* : 0,7 % et *Laevigatisporites reinschi* (IBRAHIM) POT. et KR., *Lageniculisporites* (= *Lagenicula*) *horrida* ZERNDT, *Lagenisporites rugosus* (LOOSE) POT. et KR. et *S. superbus* : 0,2 %.

PASSÉE A 5,50 M.

Echantillon n° 786 - Analyse b1 : 133 spores.

Cette passée est marquée par la prédominance de *L. reinschi* dont le pourcentage constitue plus de la moitié de la composition sporologique : 54,1 %. Les espèces et genres suivants ont également été rencontrés : *Laevigatisporites primus* (WICHER) POT. et KR. : 9,7 %, *Apiculatisporites* : 9,7 %, *S. practextus* : 7,4 %, *Triangulatisporites* : 4,5 %, *Laevigatisporites glabratus* (ZERNDT) POT. et KR. : 3,7 %, *V. auritus* : 3,7 % et *C. giganteus* : 1,5 %.

PASSÉE A 16,30 M.

Echantillon n° 787 - Analyse b1 : 88 spores.

C. brasserti, jusqu'alors peu recueillie, montre dans cette passée un grand développement : 36,3 %. Suivent avec des proportions inférieures : *Triangulatisporites* : 24 %, *L. rugosus* : 7,9 %, *L. reinschi* : 5,6 %, *V. auritus* : 5,6 %, *C. varius* : 5,6 %, *C. giganteus* : 5,6 % et *Apiculatisporites* : 4,5 %.

PASSÉE A 16,72 M.

Echantillon n° 788 - Analyse b1 : 53 spores.

L'examen de cet échantillon n'a révélé qu'un faible nombre d'individus parmi lesquels *V. auritus* : 35,8 %, *Triangulatisporites* : 32,1 %, et *C. giganteus* : 11,2 %, sont les mieux représentés. Les autres espèces n'ont été trouvées qu'en petite quantité : *C. varius* : 5,4 %, *Apiculatisporites* : 3,6 % et *L. rugosus* : 3,6 %.

PASSÉE A 21 M.

Echantillon n° 789 - Analyse b1 : 84 spores.

Cette passée contient une grande variété de spores qui, *S. practextus* : 23,7 % mise à part, présentent des pourcentages sensiblement voisins : *S. hirsutus* : 13 %, *L. reinschi* : 10,7 %, *Triangulatisporites* : 10,7 %, *V. auritus* : 10,6 %, *S. superbus* : 9,5 %, *Apiculatisporites* : 8,3 % et *C. varius* : 4,7 %.

(*) Les espèces *Triangulatisporites triangulatus* (ZERNDT) POT. et KR., *Triangulatisporites tertius* POT. et KR. et *Triangulatisporites zonatus* (IBRAHIM) POT. et KR. recueillies au cours des recherches ont été groupées sous le nom de genre.

PASSÉE A 21,30 M.

Echantillon n° 790 - Analyse b1 : 50 spores.

Feu de spores ont été décelées dans ce niveau. Parmi celles-ci, *L. horrida* : 60 % domine nettement les autres qui sont : *L. reinschi* : 20 %, *Triangulatisporites* : 10 %, *C. giganteus* : 4 % et *C. brasserti* : 4 %.

PASSÉE A 23,05 M.

Echantillon n° 791 - Analyse b1 : 52 spores.

Pas plus que le précédent, cet échantillon ne s'est révélé riche en individus ; mais son analyse palynologique a donné un plus grand nombre d'espèces présentes dans des proportions voisines : *Apiculatisporites* : 28,8 %, *S. praetextus* : 13,4 %, *Triangulatisporites* : 11,3 %, *C. brasserti* : 11,3 %, *V. auritus* : 11,3 %, *L. reinschi* : 7,5 %, *C. varius* : 3,8 % et *C. giganteus* : 3,8 %.

PASSÉE A 23,30 M.

Echantillon n° 792 - Analyse b1 : 106 spores.

Cette passée légèrement plus riche que le niveau sus-jacent, renferme sensiblement les mêmes types dans des proportions toutefois différentes : *C. brasserti* : 23,5 %, *Triangulatisporites* : 21,7 %, *S. hirsutus* : 15 %, *L. reinschi* : 12,2 %, *L. horrida* : 5,6 %, *Valvisporites flavus* (STACH et ZERNDT) POT. et KR. : 4,7 %, *C. varius* : 3,7 %, *C. giganteus* : 3,7 %, *Apiculatisporites* : 2,8 %, *L. glabratus* : 0,9 %, *Valvisporites augustae* (LOOSE) POT. et KR. : 0,9 % et *V. auritus* : 0,9 %.

PASSÉE A 34,65 M.

Echantillon n° 793 - Analyse b1 : 116 spores.

La composition sporologique de ce niveau est également peu différente de celle des deux couches supérieures. Elle est formée d'un nombre relativement important d'espèces qui sont : *S. hirsutus* : 24,1 %, *L. reinschi* : 17,1 %, *C. brasserti* : 15,5 %, *C. varius* : 14,6 %, *S. praetextus* : 6,9 %, *Triangulatisporites* : 6,9 %, *L. rugosus* : 4,3 %, *V. auritus* : 3,4 %, *L. glabratus* : 0,8 %, *S. superbus* : 0,8 % et *C. giganteus* : 0,8 %.

PASSÉE A 34,95 M.

Echantillon n° 794 - Analyse b1 : 108 spores.

Cet horizon palynologique contient aussi une grande diversité de types dominés par *L. reinschi* : 39,8 %, à laquelle s'adjoignent : *Triangulatisporites* : 19,3 %, *V. auritus* : 5,8 %, *S. hirsutus* : 3,7 %, *S. praetextus* : 3,7 %, *C. varius* : 3,7 %, *L. glabratus* : 2,6 %, *Valvisporites appendiculatus* (MASLANKIEWICZOWA) POT. et KR., sensu EHARDWAL : 2,6 %, *Apiculatisporites* : 1,8 %, *C. giganteus* : 1,8 % et *V. augustae* : 0,9 %.

PASSÉE A 35,81 M.

Echantillon n° 795 - Analyse b1 : 97 spores.

L. reinschi : 40,2 %, reste en tête dans cette passée. Elle devance : *Triangulatisporites* : 27,8 %, *V. flavus* : 13,4 %, *V. augustae* : 7,2 %, *L. glabratus* : 4,1 %, *V. auritus* : 4,1 %, *L. primus* : 1 % et *Apiculatisporites* : 1 %.

PASSÉE A 49,94 M.

Echantillon n° 796 - Analyse b1 : 952 spores.

Ce sillon immédiatement sous-jacent au tonstein Espérance, révèle une très importante quantité de spores. Il est caractérisé par l'association, dans des proportions sensiblement équivalentes, de *S. hirsutus* : 42,8 % et de *Apiculatisporites* : 35,2 %. A celles-ci s'ajoutent : *C. varius* : 11,3 %, *Triangulatisporites* : 7,9 %, *V. auritus* : 2 %, *Valvisporites nigrozonalis* (STACH et ZERNDT) POT. et KR. : 0,4 %.

PASSÉE A 50,12 M.

Echantillon n° 797 - Analyse b1 : 284 spores.

Dans cette passée, seule *S. hirsutus* garde une place prépondérante : 68 %. Avec des pourcentages inférieurs s'échelonnent : *S. praetextus* : 11,2 %, *C. varius* : 8,7 %, *L. reinschi* : 4,2 %, *V. auritus* : 2,1 %, *Triangulatisporites* : 1,7 %, *Apiculatisporites* : 1 % et *V. nigrozonalis* : 0,5 %.

PASSÉE A 50,27 M.

Echantillon n° 798 - Analyse b1 : 83 spores.

S. hirsutus possède encore une très grande fréquence : 57,8 %. Elle est associée à *Triangulatisporites* : 11 %, *S. praetextus* : 8,4 %, *L. reinschi* : 6 %, *V. auritus* : 6 %, *C. giganteus* : 4,8 %, *Apiculatisporites* : 3,6 %.

PASSÉE A 50,55 M.

Echantillon n° 799 - Analyse b1 : 52 spores.

Le pourcentage de *S. hirsutus* est encore élevé dans ce niveau, mais il est plus faible que précédemment : 32,6 %. Les spores auxiliaires sont : *V. auritus* : 17,3 %, *C. varius* : 17,3 %, *Triangulatisporites* : 17,3 %, *L. reinschi* : 11,5 % et *C. giganteus* : 1,9 %.

PASSÉE A 51,19 M.

Echantillon n° 800 - Analyse b1 : 251 spores.

Cette passée, également dominée par *S. hirsutus* : 40,8 %, révèle en outre la présence élevée de *C. brasserti* : 30,3 %. A côté de ces deux espèces figurent : *L. reinschi* : 7 %, *Apiculatisporites* : 4,6 %, *C. varius* : 3,9 %, *Triangulatisporites* : 3,4 %, *V. auritus* : 3,1 %, *L. glabratus* : 1,5 %, *V. augustae* : 1,5 %, *S. praetextus* : 0,7 % et *L. rugosus* : 0,4 %.

PASSÉE A 52,95 M.

Echantillon n° 801 - Analyse b1 : 282 spores.

Les deux espèces principales qui caractérisent le sillon sus-jacent se retrouvent dans ce niveau, mais les proportions de *C. brasserti* : 53,8 % y sont nettement supérieures à celles de *S. hirsutus* : 28,7 %. Les autres spores recueillies sont : *Triangulatisporites* : 7 %, *L. reinschi* : 3,8 %, *C. varius* : 2,4 %, *V. auritus* : 2,4 %, *V. augustae* : 1,7 %, *Apiculatisporites* : 1,4 % et *L. glabratus*.

PASSÉE A 54,65 M.

Echantillon n° 802 - Analyse b1 : 169 spores.

A *S. hirsutus* : 35,8 % et *C. brasserti* : 18,7 % qui continuent à dominer dans ce sillon, s'ajoutent *Triangulatisporites* : 14,7 % et de nombreuses spores accessoires : *L. reinschi* : 8,8 %, *V. auritus* : 7 %, *Apiculatisporites* : 2,3 %, *L. horrida* : 1,7 %, *C. varius* : 1,7 %, *L. glabratus* : 1,1 %, *L. rugosus* : 1,1 %, *V. augustae* : 1,1 %, *V. appendiculatus* : 1,1 %, *S. superbus* : 0,6 % et *C. giganteus* : 0,6 %.

PASSÉE A 59,75 M.

Echantillon n° 803.

Analyse b1 :

» b2 : absence totale de spores.

» b3 :

Cette passée située immédiatement au-dessus du tonstein Constance, n'a, malgré différents essais d'analyse, donné jusqu'à présent aucun résultat.

PASSÉE A 60,45 M.

Echantillon n° 804 - Analyse b1 : 102 spores.

Quoique aucune espèce n'atteigne un pourcentage élevé, ce niveau est cependant bien caractérisé par l'association de quatre spores présentant des fréquences approximativement équivalentes : *L. reinschi* : 23,5 %, *Apiculatisporites* : 21,5 %, *Triangulatisporites* : 18,6 %, *S. praetextus* : 13,7 %. A celles-ci s'ajoutent *C. varius* : 6,8 %, *V. auritus* : 4,9 %, *V. augustae* : 3,9 %, *L. glabratus* : 0,9 %, *L. primus* : 0,9 %, *C. brasserti* : 0,9 % et *V. flavus* : 0,9 %.

PASSÉE A 72,48 M.

Echantillon n° 805 - Analyse b1 : 141 spores.

Trois types de spores dominent dans cette passée avec des proportions voisines de 30 % : *Triangulatisporites* : 33,33 %, *V. auritus* : 32,6 %, *L. reinschi* : 30,4 %. Ils devancent très nettement : *C. varius* : 1,4 %, *L. glabratus* : 0,7 %, *C. brasserti* : 0,7 %, *C. giganteus* : 0,7 %.

PASSÉE A 76,45 M.

Echantillon n° 806 - Analyse b1 : 260 spores.

C. brasserti peu représentée depuis la passée à 54,65 m, atteint de nouveau un maximum : 65 % et surpasse largement : *Triangulatisporites* : 11 %, *V. auritus* : 7,8 %, *L. reinschi* : 6,3 %, *Superhisporites dentatus* (ZERNDT) Por. et Kr. : 3,4 %, *S. hirsutus* : 2,1 %, *S. praetextus* : 1,5 %, *S. superbus* : 1,1 %, *V. nigrozonalis* : 0,7 %, *C. varius* : 0,7 % et *Apiculatisporites* : 0,4 %.

PASSÉE A 76,82 M.

Echantillon n° 807 - Analyse b1 : 243 spores.

De même que dans la passée à 72,48 m, trois types de spores priment dans ce sillon avec des pourcentages égaux ou légèrement inférieurs à 33 %. Ce sont : *Triangulatisporites* : 30 %, *V. auritus* : 28 %, et *C. varius* :

25 %. En compagnie de ces dernières, nous trouvons : *S. hirsutus* : 6,4 %, *C. giganteus* : 4,9 %, *L. reinschi* : 2 %, *S. dentatus* : 1,6 %, *Apiculatisporites* : 0,8 % et *S. praetextus* : 0,4 %.

PASSÉE A 76,93 M.

Echantillon n° 808 - Analyse b1 : 464 spores.

Dans ce niveau, *L. reinschi* : 79,5 % éclipse très nettement les autres spores qui se trouvent être : *C. varius* : 10,4 %, *Triangulatisporites* : 5,5 %, *V. auritus* : 3,5 % et *C. giganteus* : 0,4 %.

PASSÉE A 77,30 M.

Echantillon n° 809 - Analyse b1 : 607 spores.

L. reinschi : 35,7 %, se maintient en tête de la distribution palynologique de cette passée. Elle est suivie par *V. auritus* : 28,4 % et *S. hirsutus* : 10,8 %. Figurent également avec des proportions moindres : *S. praetextus* : 7,8 %, *Triangulatisporites* : 5,9 %, *C. varius* : 4,9 %, *C. giganteus* : 2,9 %, *Apiculatisporites* : 2,6 % et *V. nigrozonalis* : 0,9 %.

PASSÉE A 78,75 M.

Echantillon n° 810 - Analyse b1 : 675 spores.

C. brasserti : 36 %, dont la présence est épisodique, présente de nouveau un développement assez important. Son association à *S. hirsutus* : 30 %, *Triangulatisporites* : 18,8 % et *V. auritus* : 10,2 % rend la détermination de cette passée relativement aisée. Leur sont également adjointes : *L. reinschi* : 1,7 %, *V. nigrozonalis* : 1,7 %, *Apiculatisporites* : 0,4 % et *C. giganteus* : 0,4 %.

PASSÉE A 106,10 M.

Echantillon n° 811 - Analyse b1 : 234 spores.

Deux variétés représentent 90 % de la composition sporologique de ce sillon : *Triangulatisporites* : 57,2 % et *S. superbus* : 35 %. Le reste est partagé entre : *V. nigrozonalis* : 4,2 %, *C. varius* : 1,2 %, *Apiculatisporites* : 0,8 % et *C. giganteus* : 0,8 %.

PASSÉE A 106,80 M.

Echantillon n° 812 - Analyse b1 : 624 spores.

S. hirsutus : 57,7 % et *C. varius* : 32 % atteignent ici de forts pourcentages qui surpassent nettement ceux de : *C. brasserti* : 3,6 %, *S. praetextus* : 3,2 %, *Triangulatisporites* : 1,8 % et *C. giganteus* : 0,6 %.

PASSÉE A 107,18 M.

Echantillon n° 813 - Analyse b1 : 155 spores.

Cette passée voit une nouvelle explosion de *C. brasserti* : 74,1 % ainsi que la présence caractéristique de *L. rugosus* : 17,4 %. Elle contient en outre : *Triangulatisporites* : 5 %, *S. hirsutus* : 1,2 % et *Apiculatisporites* : 0,6 %.

PASSÉE A 122,40 M.

Echantillon n° 814 - Analyse b1 : 142 spores.

Ce sillon supérieur de la passée située à la base du niveau marin de Rimbert, est marqué par la prédominance du genre *Triangulatisporites* : 48,5 %, son association avec *L. rugosus* : 20,4 % et *L. reinschi* : 19,7 %, ainsi que par la présence dans des proportions relativement faibles de *C. varius* : 7 %, *L. glabratus* : 1,4 % et *L. horrida* : 0,4 %.

PASSÉE A 122,65 M.

Echantillon n° 815 - Analyse b1 : 138 spores.

La composition palynologique du sillon inférieur de la passée située à la base du niveau marin de Rimbert, est sensiblement la même que celle du sillon supérieur, seuls diffèrent les pourcentages avec lesquels les spores ont été rencontrés : *L. rugosus* : 39,1 %, *Triangulatisporites* : 34,6 %, *C. brasserti* : 8,6 %, *L. reinschi* : 6,5 %, *C. varius* : 3,6 %, *L. glabratus* : 2,1 %, *L. horrida* : 2,1 % et *C. giganteus* : 2,1 %.

PASSÉE A 127,14 M.

Echantillon n° 816 - Analyse b1 : 1.582 spores.

Ce sillon est caractérisé par la très nette abondance de *L. horrida* : 79 %, la présence de *Bentzisporites tricollinus* ZERNDT : 15,1 %* ainsi que celle de *C. giganteus* : 2,2 %, *V. auritus* : 1,5 %, *Triangulatisporites* : 1,3 % et *C. varius* : 0,3 %.

PASSÉE A 132,80 M.

Echantillon n° 817 - Analyse b1 : 232 spores.

Le schéma sporologique de ce sillon ressemble énormément à celui de la passée à 122,40 m. En effet, il se compose de : *Triangulatisporites* : 37,5 %, *L. rugosus* : 26,6 %, *C. varius* : 16,8 %, *L. reinschi* : 14,2 %, *V. auritus* : 1,6 %, *Apiculatisporites* : 1,2 %, *L. glabratus* : 0,8 % et *L. horrida* : 0,4 %.

PASSÉE A 148,53 M.

Echantillon n° 818 - Analyse b1 : 445 spores.

S. hirsutus, peu représentée depuis la passée à 106,80 m, atteint à nouveau un maximum : 40 %. Elle est, dans le cas présent, associée à *Triangulatisporites* : 36,5 % et *S. praetextus* : 14,2 %. A ces spores s'ajoutent : *C. varius* : 2,4 %, *V. auritus* : 2,4 %, *V. augustae* : 1,1 %, *V. nigrozonalis* : 0,7 %, *V. appendiculatus* : 0,5 % et *L. reinschi* : 0,3 %.

PASSÉE A 148,89 M.

Echantillon n° 819 - Analyse b1 : 587 spores.

Comme dans la passée à 127,14 m, *L. horrida* présente dans ce sillon de très forts pourcentages : 69 %. Elle est suivie par *S. hirsutus* : 22,2 % qui dominait dans le niveau précédent, ainsi que par : *Triangulatisporites* : 3,5 %, *V. auritus* : 3,4 %, *C. varius* : 0,8 %, *Apiculatisporites* : 0,6 %, *L. reinschi* : 0,1 % et *V. flavus* : 0,1 %.

PASSÉE A 149,35 M.

Echantillon n° 820 - Analyse b1 : 492 spores.

Deux espèces avoisinent 37 %, aussi sont-elles en tête de la distribution palynologique de cette passée : *L. rugosus* : 39,6 % et *L. horrida* : 35,3 %. A leur suite s'échelonnent *Triangulatisporites* : 15,4 %, *C. varius* : 7,7 %, *Apiculatisporites* : 1,2 %, *V. auritus* : 0,4 % et *C. giganteus* : 0,2 %.

PASSÉE A 151,10 M.

Echantillon n° 821 - Analyse b1 : 83 spores.

Cette passée renferme un nombre de spores moins important que les précédentes. Elle est cependant bien caractérisée par l'abondance inhabituelle de *C. varius* : 33,6 %, par l'association de cette dernière à *Triangulatisporites* : 26,5 %, *S. dentatus* : 10,4 %, *S. hirsutus* : 9,6 %, ainsi que par le cortège des espèces secondaires suivantes : *Apiculatisporites* : 6 %, *C. brasserti* : 4,8 %, *S. superbus* : 3,6 %, *V. auritus* : 2,4 %, *L. reinschi* : 1,2 % et *V. nigrozonalis* : 1,2 %.

PASSÉE A 156,20 M.

Echantillon n° 822 - Analyse b1 : 300 spores.

S. hirsutus atteint à ce niveau des proportions telles : 83 %, qu'elle éclipsé les autres spores présentes : *Triangulatisporites* : 10 %, *S. dentatus* : 3,3 %, *C. varius* : 2 %, *L. rugosus* : 0,6 %, *V. augustae* : 0,3 %, *C. brasserti* : 0,3 %, *S. superbus* : 0,3 %.

PASSÉE A 156,45 M.

Echantillon n° 823 - Analyse b1 : 151 spores.

S. hirsutus garde sensiblement le même pourcentage élevé que dans la passée supérieure : 85,2 %. Elle surpasse très nettement *V. nigrozonalis* : 3,5 %, *Apiculatisporites* : 2,8 %, *Triangulatisporites* : 2,8 %, *V. auritus* : 0,7 % et *C. giganteus* : 0,7 %.

PASSÉE A 157,65 M.

Echantillon n° 824 - Analyse b1 : 93 spores.

S. hirsutus est encore présente dans cette passée dans des proportions toutefois moindres : 44 %. Elle y est associée à *Triangulatisporites* : 20,4 %, *V. nigrozonalis* : 18,2 %, *C. varius* : 9,6 %, *L. reinschi* : 6,4 % et *Apiculatisporites* : 1 %.

PASSÉE A 171,10 M.

Echantillon n° 825 - Analyse b1 : 289 spores.

Le palynogramme de ce niveau montre la prédominance de trois variétés de spores : *C. brasserti* : 41,5 %, *Triangulatisporites* : 34,6 % et *L. rugosus* : 21,1 %, dont les pourcentages surpassent largement ceux des spores accessoires suivantes : *V. auritus* : 1,7 %, *C. varius* : 0,6 % et *S. hirsutus* : 0,6 %.

(*) *B. tricollinus* n'ayant été rencontrée que dans ce seul niveau, n'a pas été figurée dans la représentation graphique des résultats.

PASSÉE A 174 M.

Echantillon n° 826.

Analyse b1 : 26 spores
» b2 : 17 spores
» b3 : 22 spores

Vu le faible nombre de spores trouvées, l'échantillon de cette passée a fait l'objet de plusieurs analyses. A l'intérieur de chaque espèce, le nombre de spores isolées dans les différents essais est additionné ; le pourcentage de présence de chaque type est calculé d'après la somme obtenue. Bien qu'aucune des trois analyses n'ait fourni une quantité importante de spores, il a été constaté dans les trois cas, une nette prédominance du genre *Apiculatisporites* : 49,2 % peu représenté depuis la passée à 60,45 m. A ce genre sont associées *Triangulatisporites* : 26,10 %, *S. hirsutus* : 15,10 %, et avec des pourcentages nettement inférieurs : *L. horrida* : 3 %, *V. nigrozonalis* : 1,5 %, *V. auritus* : 1,5 % et *C. giganteus* : 1,5 %.

PASSÉE A 184,05 M.

Echantillon n° 827.

Analyse b1 : 20 spores
» b2 : 50 spores

Parmi les espèces qu'ont livrées les deux analyses, *V. nigrozonalis* est celle qui a été rencontrée le plus fréquemment : 35,7 %. Les autres spores sont : *L. reinschi* : 15,7 %, *V. auritus* : 14,2 %, *Triangulatisporites* : 8,5 %, *C. brasserti* : 7,1 %, *C. giganteus* : 7,1 %, *C. varius* : 5,6 %, *V. augustae* : 2,8 %, *Apiculatisporites* : 1,4 % et *L. glabratus* : 1,4 %.

PASSÉE A 185 M.

Echantillon n° 828 - Analyse b1 : 311 spores.

Avec un pourcentage voisin de la moyenne : 45,6 %. *S. dentatus* domine les autres individus de cette passée qui sont : *Apiculatisporites* : 19,9 %, *C. brasserti* : 13,1 %, *S. praetextus* : 6,4 %, *V. nigrozonalis* : 5,4 %, *Triangulatisporites* : 4,1 %, *C. varius* : 3,8 %, *S. hirsutus* : 0,6 % et *L. reinschi* : 0,3 %.

PASSÉE A 185,08 M.

Echantillon n° 829.

Analyse b1 : 8 spores
» b2 : 67 spores

Dans ce sillon, *C. brasserti* atteint de nouveau de forts pourcentages : 57,3 %. Elle est associée à *L. reinschi* : 16 %, ainsi qu'à : *Triangulatisporites* : 8 %, *Apiculatisporites* : 6,6 %, *V. nigrozonalis* : 4 %, *S. dentatus* : 4 %, *L. glabratus* : 2,5 % et *C. giganteus* : 1,3 %.

PASSÉE A 185,27 M.

Echantillon n° 830.

Analyse b1 : 50 spores
» b2 : 63 spores

S. dentatus dont les proportions étaient élevées dans la passée à 185 m, passe également ici par un maximum : 64,6 %. Elle devance largement *Triangulatisporites* : 9,7 %, *Apiculatisporites* : 6,1 %, *V. nigrozonalis* : 6,1 %, *L. reinschi* : 4,4 %, *C. brasserti* : 4,4 %, *S. praetextus* : 1,7 %, *S. hirsutus* : 1,7 % et *L. glabratus* : 0,8 %.

PASSÉE A 190,25 M.

Echantillon n° 831.

Analyse b1 : 5 spores
» b2 : 29 spores
» b3 : 25 spores

Cet échantillon n'a livré qu'un très petit nombre de spores parmi lesquelles *Triangulatisporites* : 38,9 %, *L. reinschi* : 30,5 % et *Apiculatisporites* : 13,5 % ont été trouvées le plus souvent. Viennent ensuite : *V. auritus* : 6,6 %, *S. superbus* : 3,3 %, *L. glabratus* : 1,7 %, *C. giganteus* : 1,7 % et *S. hirsutus* : 1,7 %.

PASSÉE A 193,65 M.

Echantillon n° 832 - Analyse b1 : 65 spores.

Avec 73,7 %, le genre *Apiculatisporites* vient largement en tête de la distribution palynologique de cette passée ; il surpasse *Triangulatisporites* : 18,4 %, *V. nigrozonalis* : 3 %, *L. horrida* : 1,5 %, *L. rugosus* : 1,5 % et *C. giganteus* : 1,5 %.

PASSÉE A 204,65 M.

Echantillon n° 833 - Analyse b1 : 65 spores.

La composition sporologique de ce sillon est remarquable par l'association de trois spores dans des proportions presque équivalentes : *Apiculatisporites* : 27 %, *L. horrida* : 23,5 %, *S. hirsutus* : 23 %. Les trois individus trouvés à côté ont une fréquence également intéressante : *Triangulatisporites* : 14 %, *C. giganteus* : 8,5 % et *V. nigrozonalis* : 4 %.

PASSÉE A 206,30 M.

Echantillon n° 834.

Analyse b1 : 26 spores
» b2 : 28 spores

Dans cette passée, aucune espèce n'atteint un pourcentage élevé ; quatre d'entre elles cependant émergent des onze types de spores recueillies. Ce sont : *Triangulatisporites* : 24 %, *Apiculatisporites* : 20,3 %, *C. brasserti* : 18,5 % et *S. hirsutus* : 11,1 %. Les autres spores se répartissent en : *L. rugosus* : 5,5 %, *C. giganteus* : 5,5 %, *L. glabratus* : 3,7 %, *L. reinschi* : 3,7 %, *V. nigrozonalis* : 1,8 %, *V. auritus* : 1,8 % et *L. horrida* : 1,8 %.

PASSÉE A 206,60 M.

Echantillon n° 837 - Analyse b1 : 93 spores.

Cet échantillon a donné 3 variétés dominantes : *L. horrida* : 50,5 %, *Triangulatisporites* : 37,6 %, *Apiculatisporites* : 10,7 %, auxquelles il faut encore ajouter *V. nigrozonalis* : 1 %.

PASSÉE A 206,95 M.

Echantillon n° 835.

Analyse b1 : 28 spores
» b2 : 60 spores

Peu riche en spores, cette passée semble cependant bien définie par l'association de *Triangulatisporites* : 46,5 % à *L. reinschi* : 38,6 %. A ces deux individus s'ajoutent avec des pourcentages nettement inférieurs : *C. giganteus* : 4,5 %, *L. glabratus* : 3,4 %, *L. rugosus* : 3,4 %, *V. nigrozonalis* : 2,2 % et *Apiculatisporites* : 1,1 %.

PASSÉE A 208,85 M.

Echantillon n° 836.

Analyse b1 : 19 spores
» b2 : 42 spores

Comme précédemment, *Triangulatisporites* atteint de forts pourcentages : 45,8 % ; mais *L. reinschi* laisse la seconde place à *L. horrida* : 27,8 %. Les spores suivantes sont : *V. nigrozonalis* : 9,8 %, *C. brasserti* : 3,2 %, *V. auritus* : 3,2 %, *L. reinschi* : 3,2 %, *C. giganteus* : 3,2 %, *S. praetextus* : 1,6 % et *V. augustae* : 1,6 %.

PASSÉE A 214,85 M.

Echantillon n° 838 - Analyse b1 : 51 spores.

Au genre *Triangulatisporites*, toujours bien représenté dans cette passée : 29,4 %, sont associées : *S. superbus* : 27,4 %, *Apiculatisporites* : 21,4 %, *V. nigrozonalis* : 7,8 %, ainsi que *L. reinschi* : 5,8 %, *S. hirsutus* : 1,9 % et *C. varius* : 1,9 %.

PASSÉE A 243,90 M.

Echantillon n° 839.

Analyse b1 :
» b2 : aucune spore entière
» b3 :

Les différentes analyses de cet échantillon n'ont révélé que quelques traces de spores appartenant au genre *Laevigatisporites*.

PASSÉE A 248,25 M.

Echantillon n° 840.

Analyse b1 : 34 spores
» b2 : 24 spores

Dans cette passée, le genre *Apiculatisporites* est important car il est présent avec un pourcentage de 55,1 %. Les spores trouvées à côté sont : *S. dentatus* : 18,9 %, *C. varius* : 10,3 %, *Triangulatisporites* : 8,6 %, *V. nigrozonalis* : 5,2 % et *C. brasserti* : 1,7 %.

PASSÉE A 254,75 M.

Echantillon n° 841.

Analyse b1 : 40 spores
» b2 : 26 spores

Ce niveau est caractérisé par une nette abondance de *S. dentatus* : 72,7 %. Il renferme également *S. superbus* : 7,5 %, *S. praetextus* : 7,5 %, *Triangulatisporites* : 6,5 %, *C. brasserti* : 3 %, *V. nigrozonalis* : 1,5 % et *Apiculatisporites* : 1,5 %.

PASSÉE A 270,77 M.

Echantillon n° 842.

Analyse b1 : 27 spores
» b2 : 24 spores

Trois types de spores dominent dans cette passée : *Apiculatisporites* : 31,2 %, *S. dentatus* : 27,4 % et *Triangulatisporites* : 21,5 %. Les autres sont : *S. praetextus* : 9,8 %, *V. auritus* : 5,8 % et *C. brasserti* : 3,9 %.

PASSÉE A 272,15 M.

Echantillon n° 843 - Analyse b1 : 58 spores.

S. hirsutus réapparaît dans cette passée avec un pourcentage relativement élevé : 37,9 %. Elle devance : *Triangulatisporites* : 15,5 %, *C. brasserti* : 15,5 % et plus nettement : *Apiculatisporites* : 6,8 %, *V. auritus* : 6,8 %, *L. horrida* : 3,4 %, *L. reinschi* : 3,4 %, *S. superbus* : 3,4 %, *L. rugosus* : 1,7 % et *C. varius* : 1,7 %.

PASSÉE A 281,71 M.

Echantillon n° 844 - Analyse b1 : 53 spores.

S. hirsutus prédomine dans cette passée : 75,4 %. A ses côtés, nous trouvons : *Apiculatisporites* : 3,7 %, *S. praetextus* : 5,6 %, *Triangulatisporites* : 3,7 %, *C. giganteus* : 3,7 %, *L. reinschi* : 1,9 % et *S. superbus* : 1,9 %.

Les onze passées, comprises entre 281,15 et 518 m, malgré plusieurs essais de macération, n'ont révélé aucune présence de spores.

IV. - Commentaire des résultats

Les résultats quantitatifs obtenus dans le précédent paragraphe, ont été groupés dans un graphique sur lequel ont été portés en ordonnée les différents niveaux prélevés et en abscisse les noms des spores recueillies. Au niveau de chaque passée, les diverses espèces trouvées sont représentées par un segment horizontal de longueur proportionnelle au pourcentage rencontré ; les extrémités des différents segments d'une même espèce sont réunies, ce qui amène la construction de fuseaux.

Dans les divers prélèvements, nous avons rencontré 28 espèces réparties en 12 genres. Certaines d'entre elles ont été groupées dans un fuseau commun. En effet, il est parfois mal aisé de différencier deux spécimens voisins à cause de leur extrême ressemblance et de l'existence de formes intermédiaires ; il est de même très difficile de déterminer les spores mal conservées ou cassées. C'est pour

cette raison que *Laevigatisporites primus* et *Laevigatisporites reinschi* ont été réunies car elles ne diffèrent que par la présence ou l'absence de crêtes arquées parfois difficiles à discerner. *Valvisporites augustae* ne se distingue de *Valvisporites flavus* que par la section des crêtes arquées et triradiaires ; cette particularité n'étant pas toujours nette, les deux spores ont été rassemblées dans une même colonne. Il en a été de même pour *Valvisporites auritus* et *Valvisporites appendiculatus* qui ne se différencient que par la forme et le mode d'insertion de leurs expansions auriculaires.

L'examen du tableau a révélé 3 types de fuseaux :

— le premier, continu sur toute la longueur du sondage, représente l'existence de spores ayant sans doute appartenu à des plantes qui ont eu une grande extension verticale et apparemment insensibles aux variations du milieu ;

— le second est représenté par des schémas géométriques de grande ampleur, dispersés tout le long de la colonne et reliés entre eux par des raccords hypothétiques. Cette présence épisodique et massive de spores semble indiquer que ces dernières proviennent d'espèces végétales qui tout à coup trouvaient les conditions de climat et de terrains favorables à leur développement ;

— le troisième figure des spores qui se rencontrent plus ou moins régulièrement et dans des proportions toujours modestes.

a) FUSEAUX APPARTENANT AU PREMIER TYPE.

Le genre *Triangulatisporites* a été recueilli dans tous les niveaux, bien entendu à l'exception des passées n'ayant révélé aucune présence de spores. Son fuseau continu présente une alternance de « nœuds » et de « ventres », visible sur toute la hauteur du sondage. Cette alternance n'est intéressante du point de vue stratigraphique que dans la mesure où les maximums succèdent rapidement et régulièrement aux minimums, donnant au fuseau un profil très découpé. Cette condition, réalisée sur la presque totalité de la verticale, rend le diagramme de *Triangulatisporites* particulièrement suggestif.

Mis à part le fuseau de *Triangulatisporites*, aucun autre n'est absolument continu à travers tout le sondage. Cependant, l'existence constante dans plusieurs passées consécutives de *L. reinschi* et *L. primus*, *Apiculatisporites*, *V. auritus* et *V. appendiculatus* ainsi que de *C. varius*, fournit des diagrammes intéressants par leur étendue verticale.

Le fuseau de *L. reinschi* et *L. primus* est scindé en deux parties situées de part et d'autre du niveau

marin de Rimbart. La partie supérieure se compose de quatre tronçons d'ampleur relativement importante, séparés par de nets rétrécissements. La partie inférieure, par contre, est beaucoup plus effilée et ne montre que deux élargissements caractéristiques.

De même que le fuseau de *L. reinschi* et *L. primus*, celui d'*Apiculatisporites* est divisé en deux parties. La première s'étend de la passée à 2,40 m à la passée à 107,18 m, elle présente un profil linéaire entrecoupé de cinq épaississements dont la valeur n'excède pas 35 %. La seconde parcourt sensiblement tous les niveaux situés entre la passée à 132,80 m et celle à 280,71 m, et montre dans sa partie moyenne et inférieure, cinq maximums très intéressants (74 % dans la passée à 193,75 m). Le genre *Apiculatisporites* est peu ou pas représenté dans les environs du niveau marin de Rimbart. Son absence dans cette partie de terrain ne fait que confirmer ce qui a déjà été constaté aux fosses 3 d'Auchel (8) et 3 de Bruay (5).

Le fuseau de *V. auritus* et *V. appendiculatus* est surtout représentatif dans la partie supérieure du sondage. Continu sur une hauteur de 80 m environ, il n'atteint pas une très grande ampleur. Les élargissements qu'il montre à huit reprises, peuvent sembler sans importance à cause de leur faible ampleur, ils n'en sont pas moins intéressants car ces deux espèces ne présentent généralement pas de fortes proportions.

Le fuseau de *C. varius* est sensiblement continu sur toute la hauteur du sondage ; toutefois, la présence simplement supposée de cette espèce dans plusieurs passées se traduit par des liaisons incertaines représentées par des traits pointillés. De même que *V. auritus* et *V. appendiculatus*, *C. varius* est rarement trouvée en grande abondance. Aussi les maximums que son fuseau montre, retiennent-ils l'attention.

b) FUSEAUX APPARTENANT AU DEUXIÈME TYPE.

Le diagramme de *C. brasserti*, loin d'être continu comme ceux décrits précédemment, est nettement morcelé. Il se présente sous la forme de figures géométriques de grande ampleur se suivant à intervalles plus ou moins réguliers. La rencontre sporadique et très souvent massive de cette espèce est plus intéressante qu'une présence ininterrompue parce que chaque épanouissement constitue un repère stratigraphique valable.

S. hirsutus a été rencontrée plus fréquemment que *C. brasserti*. Son développement tout aussi brusque et massif que celui de cette dernière espèce se maintient parfois dans des proportions élevées

REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DES RÉSULTATS

SONDAGE 233 - FOSSE 2 D'AUCHEL

Niveaux n'ayant
aucun résultat

Echelle verticale : 1/1500

zone de présence
 zone d'absence

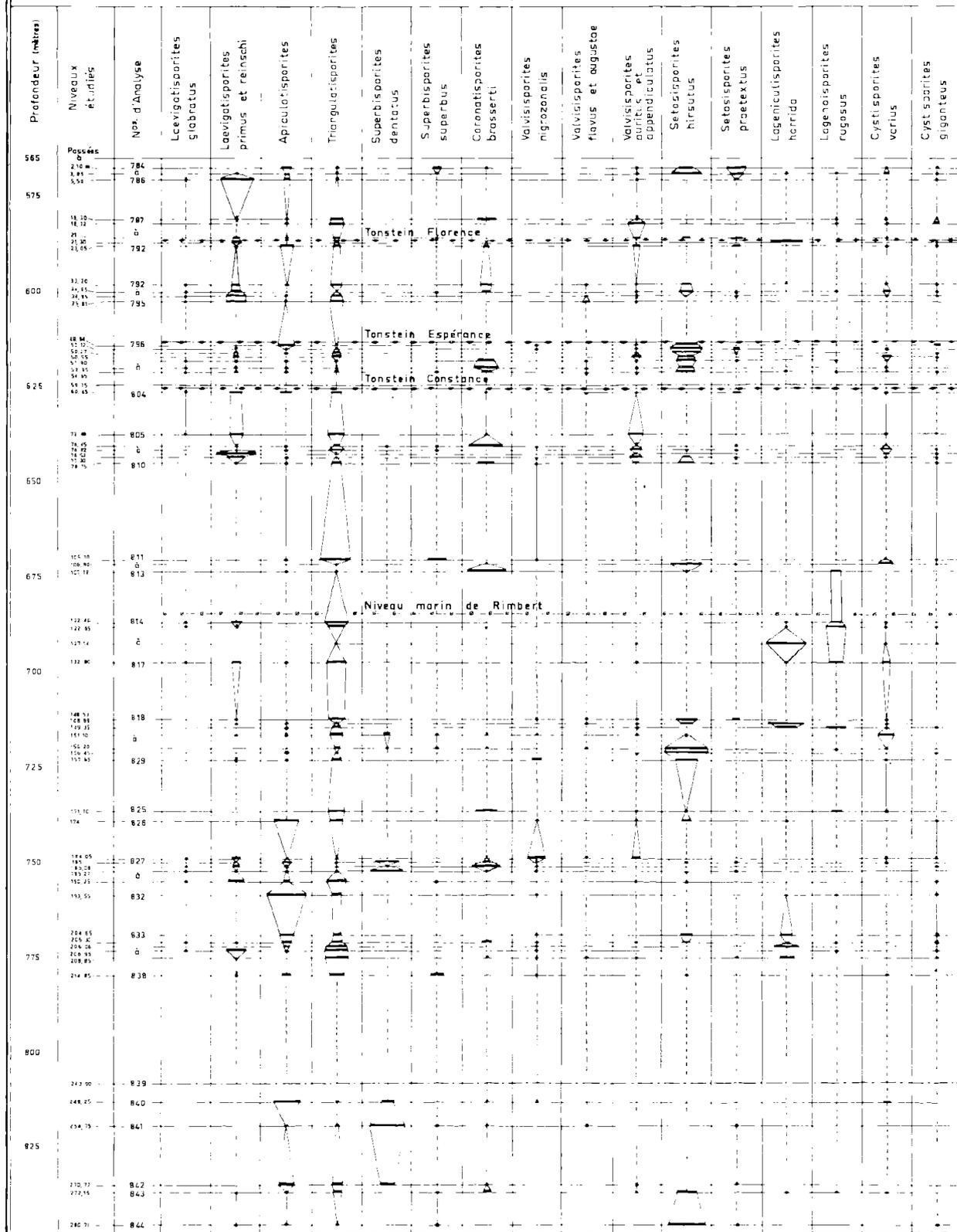


FIG. 1

pendant plusieurs couches. C'est ainsi que nous pouvons remarquer une zone de fréquence continue de la passée à 33,20 m à celle à 52,95 m, ainsi qu'une seconde comprise entre les passées à 148,52 m et 174 m.

Le fuseau de *L. horrida* est remarquable car il est surtout constitué de sept larges barres horizontales dont une seule est située dans la partie du sondage relative au Westphalien C inférieur, tandis que les six autres se localisent sous le niveau marin de Rimbert.

L. rugosus, peu trouvée aux deux extrémités du sondage, est par contre bien représentée dans la partie supérieure du faisceau de Pouilleuse, ainsi que dans la première passée de celui de Six-Sillons.

Quatre autres espèces montrent également des profils palynologiques entrant dans ce second type de fuseau :

S. praetextus trouvée principalement dans les passées tout à fait supérieures et inférieures du sondage, avec des proportions relativement fortes ;

S. denlatus recueillie abondamment dans les passées à 184 m, 185,27 m et 254,75 m ;

S. superbus largement présente au niveau des passées à 106,10 m et 214,85 m ;

ainsi que *V. nigrozonalis* assez bien rencontrée dans les passées à 157,65 m et 184,05 m.

c) FUSEAUX APPARTENANT AU TROISIÈME TYPE.

Les fuseaux appartenant à ce type sont formés de points éparpillés çà et là dans la colonne. Leurs

pourcentages généralement inférieurs à 10 % présentent un intérêt relatif. Dans cette catégorie se rangent les fuseaux de *L. glabratus*, *V. flavus* et *V. augustae*, *C. giganteus*.

V. - Conclusions.

Ce sondage est le premier d'une série effectuée à l'intérieur du groupe d'Auchel-Bruay par le Service Géologique des H.B.N.P.C.

Il a mis en évidence 73 passées charbonneuses : 59 d'entre elles ont pu être étudiées du point de vue palynologique, les 14 autres (dont les 12 passées inférieures), malgré des attaques renouvelées avec des temps de macération différents, paraissent ne pas contenir de spores de grande taille.

L'étude sporologique des passées a permis d'établir une représentation graphique des divers types rencontrés.

Jusqu'à présent la connaissance palynologique de l'ex-groupe d'Auchel était limitée à la zone comprise, à la base entre le niveau marin de Rimbert et au sommet la veine Jeannette, avec une interruption entre les veines St-Jules et Bonnet. Cette étude complète les premiers résultats, d'une part au-dessus du tonstein Espérance, et d'autre part en dessous du niveau marin de Rimbert, compte non tenu des erreurs dues à d'éventuels accidents. Elle contribuera à l'établissement de corrélations au fur et à mesure que seront étudiés les sondages ultérieurs.

BIBLIOGRAPHIE

1. ALPERN B. (1958). - Essais de corrélation par la palynologie des couches de charbon stéphanien recoupées par 4 sondages dans la région de Lons-le-Saunier. *Revue de l'Ind. minière*, n° spécial, pp. 16-31.
2. BHARDWAJ D. Ch. (1957). - The palynological investigations of the Saar coals. *Palaeontographica*, Band 101, Abt. B, Stuttgart.
3. CORSIN P., CARETTE J., DANZÉ J., LAVEINE J.P. (1962). - Classification des spores et des pollens du Carbonifère au Lias. *C.R. Ac. Sc.*, t. 254, pp. 3062-3065.
4. DIJKSTRA S.J. (1946). - Eine monographische Bearbeitung des Karbonischen Megasporen. *Mededel. Geol. Stichting*, Série C III, I, n° 1.
5. LECZYSK S. (1962). - Etude palynologique des environs du niveau marin de Rimbert et du faisceau de Six-Sillons dans le groupe d'Auchel-Bruay. Corrélations stratigraphiques. Thèse de 3^e cycle, Lille.
6. PIÉRART P. (1955). - Les mégaspores contenues dans quelques couches de houille du Westphalien B et C aux Charbonnages Limbourg-Meuse. *Publ. Ass. Etud. Paléont.*, Bruxelles, n° 21, hors série.
7. PÉTONIÉ P. et KRUMP G. (1955). - Die *Sporae dispersae* des Ruhr Karbons. *Palaeontographica*, Band 48, Teil I, II, III, Stuttgart.
8. VIGREUX S. (1960). - Inventaire des mégaspores du Westphalien C inférieur dans le groupe d'Auchel. Interprétations stratigraphiques. Thèse de 3^e cycle, Lille.
9. ZERNDR J. (1934). - Les mégaspores du bassin houiller polonais, 1^{re} partie. *Acad. Pol. des Sc. et des Lettres*, trav. géol. n° 1.
10. ZERNDR J. (1937). - Les mégaspores du bassin houiller, 2^e partie. *Acad. Pol. des Sc. et des Lettres*, trav. géol., n° 2.
11. ZEITSCHÉ F., KMLIN O. (1932). - Eine Methode zur Isolierung des Polymerbitumens (Sporenmembranen, Kutikulen usw.) aus Kohlen. *Braunkohle*, n° 31.

L'Anticlinal des Quénocs, au Cap Blanc-Nez (Pas-de-Calais)

par Jean-Paul (*) et Pierre DESTOMBES

(3 fig., 1 Pl.)

Introduction

Les formations crétacées du flanc Nord de l'anticlinal du Boulonnais sont, entre Caffiers à l'E et Wissant à l'W, dirigées parallèlement aux plis de l'Artois que le Boulonnais prolonge structuralement vers l'ouest. A la côte, leurs lignes d'affleurements sont rebroussées brusquement vers le Nord-Est, sur une distance de 10 kilomètres, séparant Wissant au Sud de Sangatte au Nord ; la côte sur cette distance est bordée essentiellement par une falaise de craie.

A Sangatte, une nouvelle flexure brutale, en direction, reploie les couches vers l'ouest, en direction normale, artésienne ; celle-ci ne se modifiera guère, à travers le Pas-de-Calais, jusqu'à Douvres en Angleterre.

L'anticlinal des Quénocs, origine de cette double flexuration en direction, est un accident complexe dont nous essaierons de donner ici une représentation détaillée, malgré les difficultés d'observation.

Cette représentation ressort surtout des études que nous poursuivons depuis de nombreuses années sur la composition des différentes assises de l'infra-crétacé et notamment des sables, grès et argiles albiens souvent très fossilifères. L'examen régulier de l'estran, lors des basses marées de vives eaux ou après des tempêtes balayant localement les recouvrements sableux nous a fourni de nombreuses observations nouvelles. Les grès n'affleurant qu'en mer ont été visités (récif des Gardes) ; ceux des Quénocs ont été photographiés sous une épaisseur d'eau minimum par l'I.G.N. Enfin, le dénuyage (1958) de la galerie d'essai du vieux projet du tunnel sous la Manche (1882) a révélé parmi d'autres faits, la structure de l'anticlinal des Quénocs vers

la côte — 50. C'est dans le cadre de l'étude du nouveau projet de tracé du tunnel sous la Manche que ces dernières séries d'observations ont été réalisées.

Ces données, auxquelles s'ajoutent celles des affleurements de la craie dans la région comprise entre Marquise et la côte (région levée pour l'établissement des contours de la feuille Marquise au 1/50 000^e) seront exposées dans un premier chapitre de cette étude.

Dans un deuxième chapitre, nous examinerons quelle a pu être la participation du socle primaire à cet accident. De nombreux sondages pour recherche de charbon, et un sondage profond exécuté à l'Est d'Escalles en 1958, qui donnent tous la profondeur du socle, nous permettront de proposer une carte en courbe de la forme de la surface de ce socle régional, entre le Cap Gris-Nez et Calais.

Nous donnerons enfin, dans un dernier chapitre, une interprétation possible des différentes phases de mouvements qui ont donné à la région du Cap Gris-Nez sa structure actuelle.

Les principales conclusions qui paraissent se dégager de cette étude sont les suivantes :

— La double flexure des Quénocs est due à une surrection du socle primaire, immédiatement à l'ouest et parallèlement à la côte, entre Wissant et Sangatte. Cet accident, perpendiculaire à la direction artésienne, paraît être du même âge que le plissement principal (tertiaire supérieur) ;

— Cette surrection du socle s'accompagne au SE d'un étroit graben parallèle à elle, d'une profondeur minimum de 100 m sous le village d'Escalles ;

— La limite orientale de la transgression jurassique et celle des dépôts wealdiens sur le socle primaire, telle que M. P. Pruvost l'avait proposée,

(*) Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Paris.

est corroborée par le dernier sondage d'Escalles (1958). Cette direction, localement subméridienne, du socle, au Jurassique et après les mouvements boulonnais (anté-wealdiens) a joué un rôle encore ici au Tertiaire en se composant avec les directions artésiennes de l'anticlinal des Quénocs. Leur empreinte est visible dans la morphologie des collines du Blanc-Nez et elle se marque en gravimétrie au Nord du massif de Ferques. La direction EW est celle de l'ancien rivage « monastirien ». Il ne serait pas impossible ainsi de considérer *cette direction subméridienne locale comme très précoce* (herey-nienne).

I. - La structure du Crétacé, entre Wissant et Sangatte

A) LE REPÉRAGE STRATIGRAPHIQUE.

Nous avons donné, avant la dernière guerre (J.P. et P. Destombes, 1937), la composition des formations albiennes : argiles et sables verts, de Wissant, par comparaison avec les mêmes formations situées à Folkestone, de l'autre côté du détroit. Depuis cette époque, la stratigraphie de l'Albien du Nord du Bassin de Paris est mieux connue, et nous nous proposons de donner bientôt une étude complémentaire de celle de l'Albien du Boulonnais. Les études de notre confrère Casey, en falaise de Folkestone et dans le Kent, et celles de P. Marie pour la région qui nous intéresse, apportent de nouveaux éléments paléontologiques qui permettent de mieux apprécier l'importance des lacunes de sédimentation sur lesquelles nous avons attiré l'attention antérieurement.

Nous nous bornerons actuellement à indiquer la nature et la continuité des repères structuraux qui, aux affleurements régionaux, nous ont servi à établir la carte : Pl. X.

Ce sont, de haut en bas de la série :

— dans la craie (ailleurs qu'en falaises) le meilleur repère est la *craie noduleuse turonienne* à *Inoceramus labiatus*, toujours apparente dans les champs fraîchement labourés. Le sondage GETM (1958) (*) situe sa base à 64 mètres au-dessus du Tourtia.

— *Le Tourtia*, base de la craie cénomaniennne, a une teneur en glauconie qui diminue régulière-

ment de la base vers le sommet ; l'épaisseur de cette « craie glauconieuse » est, à Wissant, de 2 mètres à 2,50 mètres. Les nodules phosphatés sont très denses dans le quart inférieur. Le Tourtia est pauvre en éléments détritiques ; il ne se consolide pas en grès. Sa richesse en glauconie en fait un excellent repère.

— *Les argiles du Gaull* ont une épaisseur à peu près constante aux affleurements de la falaise (10,50 m) ; le sondage GETM en a recoupé 10,75 m. Les quatre niveaux phosphatés : Ph 3 à Ph 6, dont nous avons donné antérieurement les caractères, sont des repères lithologique et paléontologique remarquables. De nombreuses additions à ces caractères seront données ultérieurement, mais ceux-ci restent suffisants pour le repérage au sein des argiles. Mentionnons toutefois, dès à présent, l'existence d'un niveau repère supplémentaire, constitué par des *nodules de barytine sédimentaire*, intercalés de façon continue à égale distance de nos niveaux Ph 3 et Ph 4, c'est-à-dire vers la base des argiles, à environ 1 m au toit des grès verts. Ces accidents de sédimentation, d'une taille de 5 à 20 cm, se présentent sous forme de nodules ellipsoïdaux aplatis ; ils ont souvent un cœur de lignites ; ils feront l'objet d'une description détaillée ultérieure.

— *Les grès verts* sont les meilleurs repères structuraux sur l'estran. Leur cartographie, depuis une trentaine d'années (fonction des recouvrements sableux qui se déplacent très vite avec les courants de marée et les tempêtes de vent) nous a donné la conviction qu'ils sont loin d'exister partout. Dans les dunes de Wimetz, par exemple, au N de Wissant, ils sont restés « sables verts » de même que dans l'intérieur du pays (?). Nous pensons qu'il y a une relation directe entre le phénomène de consolidation locale en grès (à ciment calcaire), des sables verts, et les accidents satellites, failles ou flexures aiguës, de l'anticlinal des Quénocs. Leur cimentation proviendrait de circulations carbonatées, *per descensum*, d'origine crayeuse, dès l'époque des plissements.

Cette consolidation n'atteint d'ailleurs pas exclusivement que les « sables verts à *D. mammillatum* », mais aussi les sables argileux sous-jacents du niveau de Clansayes à *H. Jacobi*. C'est le cas de la bande orientale du récif double des Gardes, face à Strouanne, dont nous avons examiné la composition et le pendage par bateau, lors d'une très basse marée de vives eaux. C'est très probablement aussi celui du récif des Quénocs-Rouge-

(*) Sondage effectué par le Groupement d'Etudes du Tunnel sous la Manche pour l'étude de la craie (J.P. DESTOMBES, 1960).

ridens, pour partie, prospecté par les hommes-grenouilles en 1958 pour l'étude du projet du « nouveau tunnel ».

En définitive, *tourtia* et *grès verts* (upper et lower greensands des Anglais), qui sont le toit et le mur immédiats des argiles du gault, ont été surtout utilisés ici comme étant les meilleurs repères structuraux.

Nous allons décrire maintenant les différents accidents qui, visibles sur l'estran et en falaises, rendent compte des plissements subis par les formations crétacées.

B) PLISSEMENTS ET FAILLES DE L'ANTICLINAL DES QUÉNOCS.

Sur la carte d'affleurements, Pl. X, ont été reportés, en plus de nos levés directs :

— les observations de nos prédécesseurs (notamment Le Hon 1863) sur la position, et le pendage aberrant des « argiles à huîtres » (aptien) sur l'estran, à 1 km au NE de Wissant ;

— la forme des récifs des Quénoes-Rouge-ridens, et des accidents probables qui se lisent sur les photographies aériennes (I.G.N.) faites pour le compte du Groupement d'Études du Tunnel sous la Manche (27-3-1959 entre 9 h 30 et 10 h) lors d'une marée basse de très vives eaux ;

— les points de la galerie d'essai des anciens (1872) où les argiles du gault ont pu être observées lors de son dénoyage (1958). Nous avons reporté aussi les petits accidents avec leurs rejets (jamais supérieurs à quelques mètres).

L'anticlinal des Quénoes dessine trois « avancées » vers la côte qui ont chacune leurs caractères propres, et que nous décrivons du Sud au Nord : à Wissant Nord, aux « Gardes » et face à Strouanne, et aux Quénoes :

a) *Entre Wissant et Strouanne.* — Au point où les grès verts « rentrent » en falaise, ceux-ci sont marqués par trois petites ondulations anticlinales, parallèles, dirigées N 55° à N 60° E. La flèche la plus importante atteint ici 2 m, mesure de la distance du sommet des grès (Ph 2) au niveau phosphaté Ph 1 ; mais à quelques dizaines de mètres (?) en direction du Sud-Ouest, les « argiles à huîtres » ont été vues par Le Hon (1863) avec un pendage de 35° SE ; la flèche pourrait atteindre donc là une quinzaine de mètres. Dans le détail, les flanes de ces plis sont faillés (en même direction)

avec des rejets vers l'intérieur du pli : ce sont des microfailles inverses, les poussées apparentes étant centripètes et dirigées vers le NW et vers le SE.

Vers Wissant, au bord de la falaise et à 100 m au S du ruisseau de Sombre (Sud), nous avons observé avant-guerre le Wealdien (argiles bariolées typiques), à quelques mètres au NW de sables verts albiens pentés à 15° SE. C'est une très grande probabilité d'un pli anticlinal aigu dans le Wealdien. Tous ces plis sont schématisés (mais non vérifiés en continuité) par le tracé de la cote zéro des grès verts et du Tourtia au N de Wissant. Vers le large (au Nord) une importante masse de grès verts, généralement pentée à l'Est (5 à 10°) a montré, pendant toute l'année 1961, son substratum de sables argileux à *Trigonia* et *H. jacobi* du niveau de Clansayes (Breistroffer 1947). Deux accidents symétriques, parallèles aux précédents (N 55° E), bordent les affleurements des grès verts.

b) *Entre les récifs des Gardes et le Petit Blanc-Nez face à Strouanne.* — Trois bandes d'affleurements sont visibles sur l'estran ou en mer (par marées basses) ; les deux lignes de récifs situées en mer sont les plus continues, et il n'est pas exclu que la bande la plus éloignée du rivage soit d'âge jurassique (calcaires). Les pendages sont localement importants sans dépasser 15°. Cinq failles principales (de quelques mètres de rejet chacune au maximum) sont dirigées EW ; leur rejet est vers le Nord dans la partie Sud, et vers le Sud dans la partie Nord. Cette direction EW est celle des microplis des argiles du gault coiffant les grès verts sur l'estran (linéations) et leur plongement d'axe est ici parallèle aux pendages (en général 10° E).

Les directions EW et NS sont celles de toutes les diaclases régionales ; ces diaclases sont généralement moyennement pentées (45 à 60°) vers l'extérieur de la structure, soit vers le N au Nord, et vers le S au Sud. On retrouve donc ici un schéma tel que le précédent, suggérant des poussées centripètes, mais à axes EW au lieu de NE et SW.

A une échelle beaucoup plus grande, on a encore ici une multiplication des surfaces d'affleurements dans le sens transversal (WE) ; des affleurements de gault fossilifère sont quelquefois visibles sur l'estran, à l'W de la bande orientale des grès verts.

c) *Les récifs des Quénoes-Rouge-ridens* n'affleurent jamais, même aux plus basses marées. Leur composition a été reconnue en partie par des sondages des auteurs de l'ancien projet du tunnel (De Lapparent et Potier 1877).

Ils en ont donné une représentation du contour extérieur qui se parallélise assez bien avec le nôtre. Les deux contours tracés en pointillé sur notre figure sont vraisemblablement ceux du gault, mais le récif balisé (le plus interne) pourrait appartenir à des couches plus anciennes que les grès verts (Jurassique ?).

Entre le récif des Quénoes lui-même et la craie de la falaise de Sangatte, l'amortissement des ondulations secondaires est presque total. La base de la craie noduleuse turonienne qui est à 40 m d'altitude environ au Cap Blanc-Nez, est à 0 sur l'estran devant Sangatte. La rotation est régulière vers le large, son pendage moyen intégré se déduit de sa largeur d'affleurement (25 m pour 1 kilomètre) soit quelques degrés, vers le NE. La craie cénomaniennne a des pendages visibles sur l'estran, de 5° en moyenne. La plus grande inflexion vers la côte, entre le vieux puits et Sangatte correspond en toute certitude à la flèche anticlinale majeure ainsi que cela est suggéré aux affleurements de l'estran par les observations de Dubois (1925) puis par les nôtres, et effectivement vérifié dans la galerie d'essai des anciens. En effet, le contact des argiles du gault et de la craie est visible en galerie entre les points kilométriques 0,330 et 0,760 à partir du puits ; l'altitude de la galerie entre ces points est respectivement de — 53 et — 43 (*). Plus au cœur de la structure, quatre prélèvements d'échantillons par des « hommes-grenouilles » ont fourni, au niveau du fond de la mer (point *a* de la Pl. X) : des sables verts (3 échantillons) et un grès calcaireux que nous attribuons avec doute (avec M. G. Waterlot) au Jurassique.

Les récifs mêmes des Quénoes apparaissent en photographie d'avion sous la forme de trois langues, dirigées E 10° Sud. On n'a aucune certitude que ces rochers submergés soient des grès verts.

En résumé, si on tient compte de toutes ces indications, on est tenté de penser :

— que l'axe anticlinal principal des Quénoes (sensu stricto) passe un peu au Sud de l'axe des rebroussements dessinés sur la figure 1.

— que sa direction serait à peu près E 10° S, c'est-à-dire très près de la direction artésienne.

(*) Entre les P.K. 0,760 et 1,890 (extrémité de la galerie d'essais), la distance du contact Gault-craie (tourtia) au radier a été précisée par des petits sondages verticaux lors du fonçage (notes de l'ingénieur BRETON in Revue *Travaux* ; fév. 1961, p. 48).

— que l'hétérogénéité des roches formant le matelas de la craie : *argiles et sables* d'âge wealdien (?) aptien et albien a amorti au maximum les ondulations secondaires de la structure, tout au moins dans la partie axiale de l'anticlinal qui a été recoupée par la galerie d'essai et observée en continuité entre les cotes — 43 et — 53. La flèche anticlinale y a été mesurée comme étant de l'ordre de 15 à 20 mètres, à l'aide de petits sondages verticaux en galerie. On a tenu compte évidemment de la différence d'altitude absolue de la galerie (10 m) entre les points où le gault est apparu et a disparu dans la galerie, soit sur quatre cent trente quatre mètres de distance.

L'interprétation des différentes modalités de plissements de l'anticlinal NNE : Wissant-Quénoes sera proposée au dernier chapitre. Nous avons reporté sur le schéma (fig. 1) les directions des plissements des trois festons de grès verts qui viennent d'être décrits.

Ainsi apparaissent clairement les deux composantes qui, en chacun des trois points, donnent aux plissements leur direction (transversale) actuelle :

— Direction artésienne (A) ou son homologue orthogonale ;

— Direction post-jurassique, et antéwealdienne (E).

Enfin, la continuité absolue de la craie, et sa structure reconnue aussi bien aux affleurements qu'en profondeur dans toute la région de l'anticlinal des Quénoes oblige à récuser une hypothèse que vient de soulever A. Bonte (1962) sur la disparition possible, par faille (EW ou ESE ?), de la craie de Sangatte le long de l'ancien rivage monastirien (on sait que celui-ci recoupe la falaise actuelle exactement au droit du vieux puits du tunnel, et on connaît jusqu'à Coquelles sa direction WE).

D'une part, en effet, le « soele » de l'ancien rivage, craie du Turonien basal, se poursuit subhorizontalement, *en falaise* même, vers le Nord, où il est visible parfois sur 200 ou 300 m de long, et *sur l'estran* (voir notamment le schéma de Dubois, 1925) au moins jusqu'au droit du cimetière de Sangatte. Dans les deux cas, tous les accidents sont repérables et ont été repérés effectivement aussi bien par nos prédécesseurs que par nous-mêmes (voir Pl. X) ; et ils ne dépassent pas 2 à 3 m de rejet vertical.

D'autre part, aucune faille de type artésien (ou d'un autre) n'est apparue dans les travaux anciens

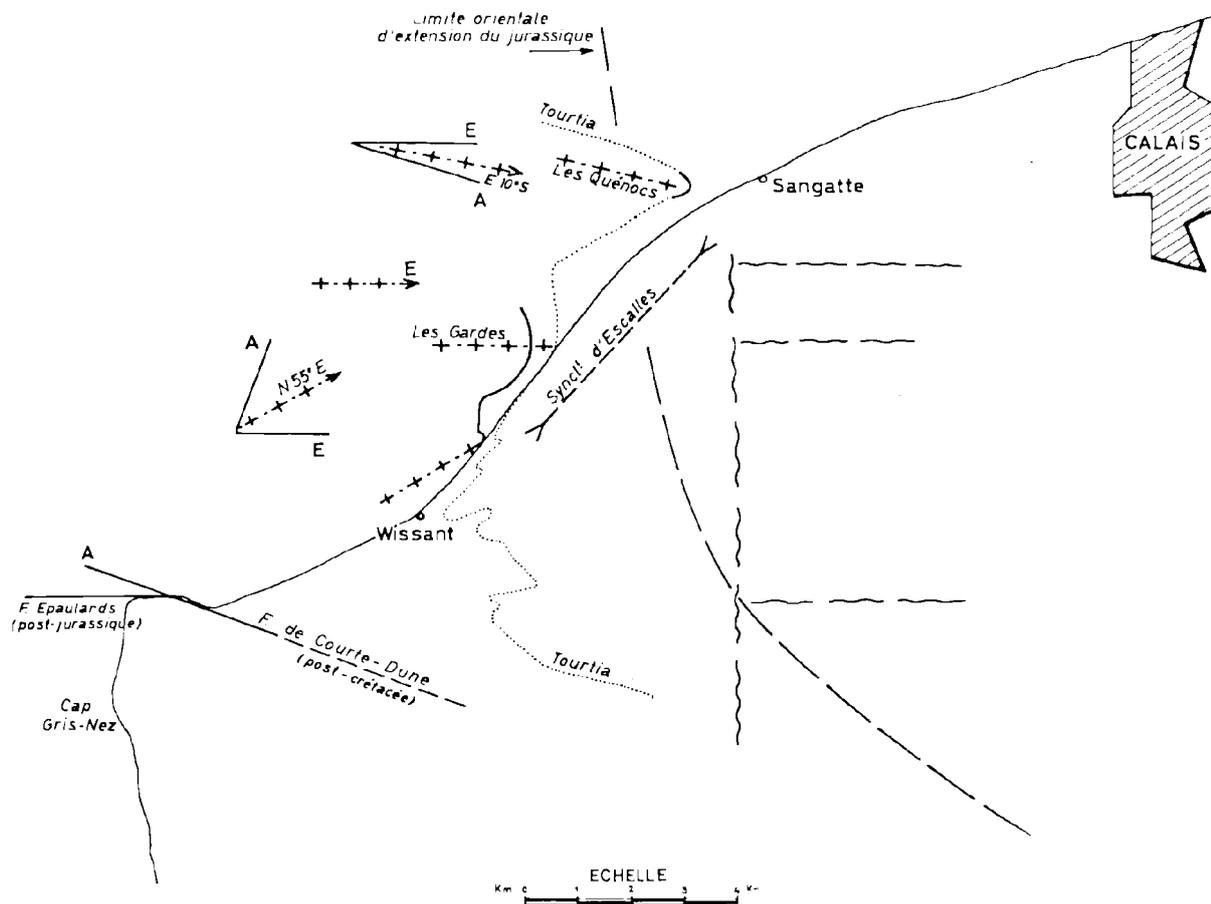


FIG. 1. — Schéma des directions tectoniques de la région comprise entre le Cap Gris-Nez et Sangatte.

qui ont été dénoyés : puits et galeries au cours des reconnaissances souterraines, s'étendant notamment grâce à la galerie sur plus d'un kilomètre en ligne droite, au Nord de l'ancienne falaise.

Par ailleurs, et pour répondre à une autre remarque de A. Bonte, s'il apparaît que les reconnaissances de génie civil soient plus faciles sur la terre ferme que sous la mer (tunnel ou même pont), celles auxquelles les anciens (5.000 sondages) et le GETM ont procédé pour vérifier la continuité de la craie sous le détroit ont permis de donner une carte sous-marine au moins aussi précise que celle qui aurait pu être levée à terre, à l'aide des affleurements naturels. Huit sondages carottés ont été exécutés en mer, fournissant la certitude que, le moment venu, le site de l'ouvrage pourra être reconnu par des sondages aussi nombreux qu'il

sera nécessaire : au minimum, en principe, 3 ou 4 par kilomètre. Bien des tunnels continentaux n'ont pas, en fait, été reconnus avec une densité de sondages comparable.

II. - Relief du socle paléozoïque entre le Cap Gris-Nez et Calais

La figure 2 schématise la forme probable de la surface du socle paléozoïque régional. Elle a été établie au moyen des données des sondages anciens (Olry 1904) et du sondage exécuté en 1958, par le Groupement d'Etudes du Tunnel sous la Manche, pour l'étude de la craie et de différents problèmes liés au nouveau projet. Sa coupe résumée en a été donnée antérieurement (J.P. Destombes 1960).

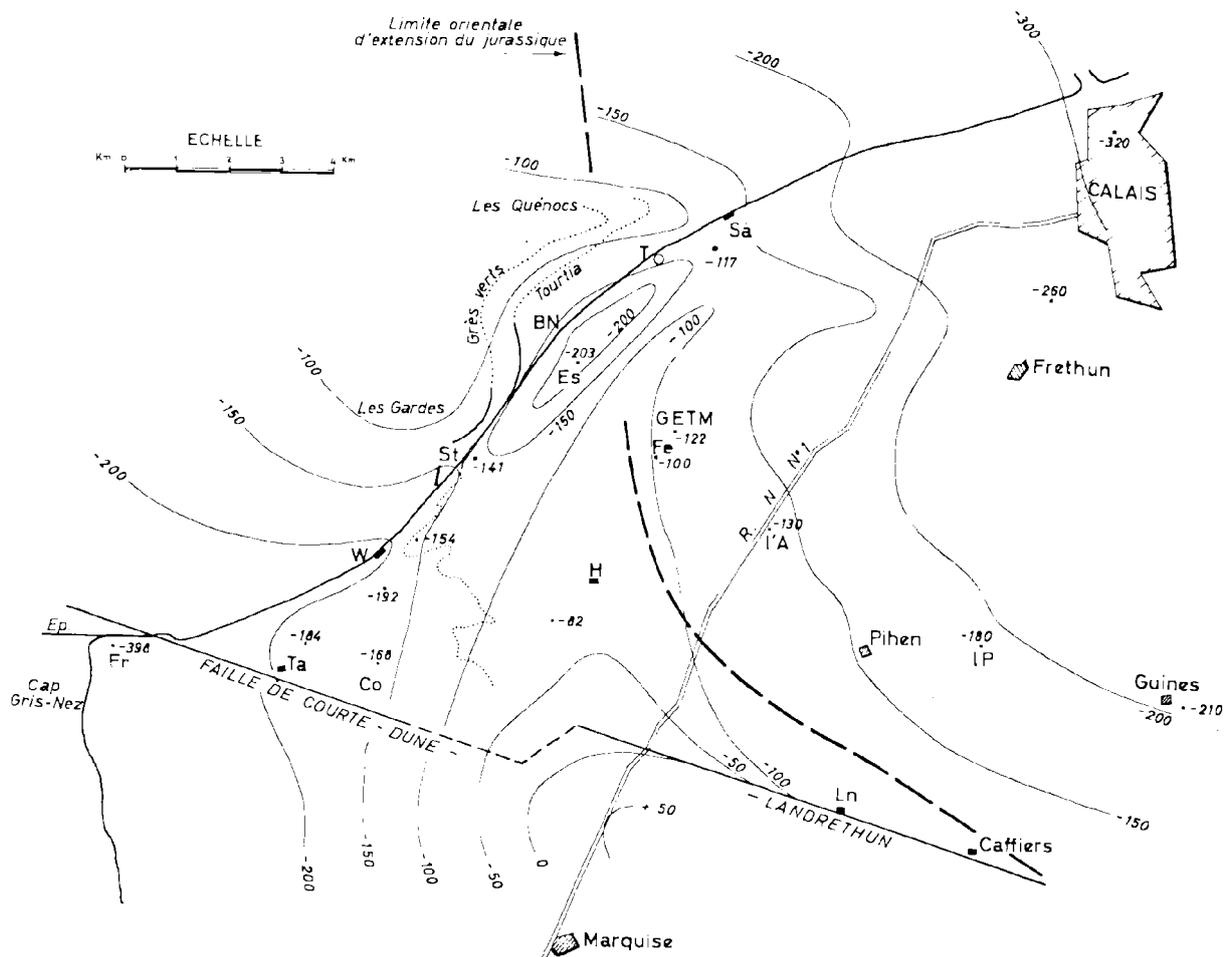


FIG. 2. — Relief du socle paléozoïque entre le Cap Gris-Nez et Calais. Les chiffres indiquent les altitudes absolues du socle par rapport au niveau de la mer, et notamment en sondages :

EA : l'Anglaise ; Co : Colombier ; Es : Escalles ; FE : Folle emprise ; Fr : Framzelle ; GETM : Groupement d'Etudes du Tunnel sous la Manche (1958) ; H : Hervelinghen ; IP : la Pierre ; Sa : Sangatte ; St : Strouanne ; Ta : Tardinghen ; W : Wissant (Nord et Sud) ; BN : Cap Blanc-Nez ; Ep. : Faille des Epaulards ; Ln : Landrethun ; T : Vieux puits du Tunnel sous la Manche (1882).

Les cotes du socle, en mer, sont plus hypothétiques ; elles ont été déduites de celle des grès albiens, en tenant compte des épaisseurs du Jurassique et du Wealdien aux sondages les plus proches.

Sur la figure 3, les principaux traits de ce schéma sont comparés à ceux de la carte de J. Gosset (1920). En voici les deux principaux points communs :

— Il est indéniable que le socle primaire affleurant à Ferques (+ 80) constitue, à l'extrémité occidentale de l'Artois, un « môle » entre la « fosse »

de Calais, au NE (— 300 au sondage de Calais) et le Cap Gris-Nez à l'W (— 300 au moins) ;

— il est par ailleurs établi que vers le N, entre ces deux dépressions, plusieurs sondages ont donné l'altitude du socle de — 100 à — 120 jusque vers Sangatte ; et cela oblige à imaginer un « promontoire » du socle dans cette direction.

Les deux points sur lesquels nous voudrions insister sont les suivants : d'une part, la fosse d'Escalles est dirigée SW-NE, sub-parallèlement à la côte (et non perpendiculairement) ; d'autre part,

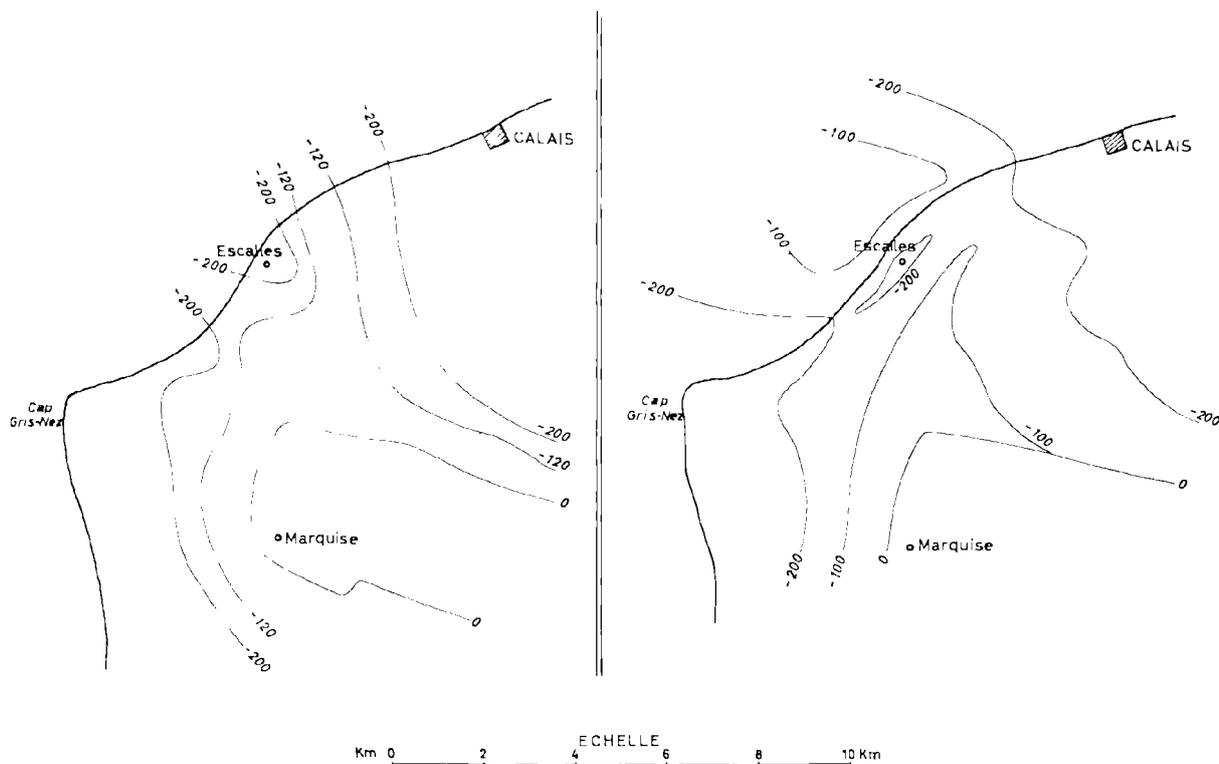


FIG. 3. — Schémas du relief du socle paléozoïque ; à gauche : d'après Gossélet (1920) ; à droite : notre interprétation.

l'avancée du socle primaire qui la borde au SE est dirigée au N ou au NNE, et non au NNW.

A) LA FOSSE D'ESCALLES est connue par les deux sondages de 1897 (Olry 1904) qui donnent d'altitude (absolue) d'environ — 200 (201 et 205) pour le socle, recouvert de 17 mètres de Jurassique et de 40 m environ de Wealdien, sous l'Albo-aptien et la craie. A l'Est d'Escales, le sondage GETM (1958) situe le socle (Dolomies) à — 122, confirmant les données du sondage de Folle-emprise (1897) où le socle est à — 100. La fosse du socle à Escales est donc séparée de la fosse de Calais, au NE, par un éperon qui la domine de 100 m au moins. A l'ouest d'Escales, la « barrière récifale » des Gardes-Quénoes est superposée au socle avec ou sans l'intermédiaire d'un matelas de Jurassique et de Wealdien (Sangatte : 0 ; Strouanne : 90 ; Wissant Nord : 103 m). Cette épaisseur est à augmenter au Sud et à diminuer au N en raison de la limite (à peu près méridienne) d'extension, des mêmes terrains, qui passe à l'W de Sangatte.

Entre les sondages de Sangatte au N et de Strouanne au Sud (socle respectivement à — 117 et — 141), tous les deux près de la côte, la courbe de niveau — 150 doit s'aligner parallèlement à la côte, en raison essentiellement du *parallélisme des directions* du Crétacé et de la falaise (cf. Pl. X ; la courbe — 50 du tourtia est tracée directement au Sud, et en galerie des anciens au Nord).

Vers le Sud, c'est encore parallèlement à la côte que le niveau — 200 du socle doit être tracé, quelle que soit la position interprétée (dans le sillon ou en « col » ou ensellement) du sondage de Strouanne (socle à — 141). Cette courbe — 200 passe nécessairement en effet un peu à l'W des sondages de Tardingham (— 184) et de Wissant Sud (— 192).

En outre, il est très probable qu'un synclinal « satellite » de cette « fosse », dirigé encore SW-NE, se situe vers Strouanne (Pl. X). L'abondante source qui y est captée pour l'alimentation de la commune de Wissant ne doit son existence, en toute proba-

bilité, qu'au substratum argileux du gault déformé localement en synclinal ; et cette structure se ferme nécessairement au NW (en direction) et au SW (par relèvement d'axe) puisque le griffon domine d'une vingtaine de mètres l'estran, immédiatement à ses pieds.

Enfin, nous avons toujours été surpris par les épaisseurs anormales données pour les terrains albiens et aptiens des sondages de Wissant Sud (75 m), Wissant Nord (79 m) et Strouanne (53,4 m) ; sondages à peu près *alignés en direction SW-NE, prolongeant l'axe possible de la fosse d'Escalles*. Ces épaisseurs correspondent à une augmentation des puissances de 2 à 3 fois par rapport à celles qui sont bien connues aux affleurements (25 à 30 m). Il est possible ainsi que cette direction SW-NE soit celle d'une flexuration des couches augmentant les épaisseurs en sondage.

Nous pensons donc en définitive que *la fosse d'Escalles est un accident d'importance régionale (et non locale), parallèle à la côte, entre Wissant et Sangatte, et en étroite connexion tectonique avec l'anticlinal de Wissant-Quénoes*.

B) LE PROMONTOIRE PALÉOZOÏQUE D'HERVELINGHEN.

À l'Est de cette dépression Wissant-Sangatte, on sait que le socle primaire se relève, en bordure occidentale de la fosse de Calais ; trois sondages en donnent l'altitude (Hervelinghen — 82 ; Folle-emprise — 100 ; GETM — 122) et de récents profils gravimétriques en donnent une direction méridienne.

Cette direction est, en définitive, la seule compatible avec les pentes du socle vers le NE et vers le NW révélées, de part et d'autre de cette direction, par les altitudes de ce socle en sondages.

Aucun élément de profondeur ne permet de tracer la forme de ce promontoire vers le Nord. Une torsion en direction de l'Est est probable, en raison de la structure de la craie aux carrières de Belle-Vue. Des coupes stratigraphiques appuyées sur la microfaune confirment les données locales que A. Briquet (1924) avait obtenues au moyen de repérages dans la craie turonienne, à savoir l'existence d'un promontoire de la craie, dirigé W-E. Le repos direct du Crétacé sur le socle dans cette région autorise à proposer une structure homologue pour le socle primaire sous-jacent, formant ainsi une avancée vers l'E dans la fosse de Calais. Les sondages pour recherche de structures pétrolifères, actuellement en cours, préciseront ou infirmeront cette hypothèse.

III. - Interprétation

La carte en courbe du socle paléozoïque (fig. 2) correspond à :

A) UNE POSSIBILITÉ, pour la région couverte par les eaux, où les épaisseurs du Jurassique et du Wealdien, sous les affleurements de grès verts ont été interpolées (NE de Strouanne) ou même extrapolées (W de Strouanne) ;

B) UNE PROBABILITÉ, pour le territoire continental où il y a de nombreux sondages.

Toutefois, la « fosse d'Escalles » elle-même est assez mal définie vers le Nord, ainsi que l'avancée ou promontoire du socle d'Hervelinghen, au N du dernier sondage GETM (1958).

La complexité de structure de cette région est certainement beaucoup plus accentuée que le suggère notre schéma. Elle provient en plus des parties cachées (et sous les eaux), de la surrection anticlinale des Quénoes, d'âge tertiaire, du biseau des formations jurassiques et wealdiennes, dont la limite traverse du N au SE cette région même, et des plissements que ces roches ont subi, avant le dépôt du Crétacé marin. Nous examinerons donc maintenant les relations des structures que nous avons décrites, d'âge post-érétacées, avec les phénomènes qui leur sont antérieurs et notamment avec les plissements post-jurassiques, si bien marqués immédiatement au Sud, au Cap Gris-Nez (P. Pruvost, 1924).

a) Les dépôts jurassiques et wealdiens ont une limite d'extension actuelle qui est connue avec une bonne précision par les différents sondages qui ont touché le socle. Depuis les travaux antérieurs et notamment celui de M. P. Pruvost (1924), aucun fait nouveau n'autorise à déplacer cette limite qui, entre le Cap Blanc-Nez au Nord et Caffiers au Sud, est d'abord *subméridienne* puis ensuite dirigée SE.

Cette limite, qui a pu être imposée par une structure propre au socle primaire, pour le Jurassique, l'a été certainement par un pli subméridien de l'ensemble socle-jurassique, pour le Wealdien, dont la limite reste, elle-même, méridienne.

En effet, d'une part aux affleurements, en même temps que s'ennoie vers l'W le paléozoïque de Ferques correspond l'existence du Wealdien, à l'W du méridien de Marquise. D'autre part, tous les sondages situés à l'W de ce méridien montrent un épaissement très important du Wealdien ; de

l'Est vers l'Ouest, on trouve dans ces sondages, comme épaisseur pour le Wealdien :

— Hervelinghen (0) ; Folle-emprise (0) ; GETM (3 m) ; Sangatte (0) ;

— Escalles : épaisseur probable de 30 à 40 m ;

— Strouanne : 90 m ; Wissant Nord : 66,80 m ; Wissant Sud : 86,50 m.

Cette limite orientale du Wealdien boulonnais correspond à la vraie limite paléogéographique de cette assise à l'échelle régionale, si on se réfère aux cartes d'affleurement du Wealdien dans le détroit d'après tous les sondages anciens (notamment Renaud 1891 et Hallelz 1899). On peut donc penser à l'existence très vraisemblable d'une barrière sub-méridienne, d'âge post-jurassique et antérieure au Wealdien, limite qui, dans notre région, se confond à peu près avec la limite des dépôts jurassiques, au Nord d'Hervelinghen.

b) Si on examine les modalités des plissements principaux de notre anticlinal après le Crétacé (avec un paroxysme d'âge miocène ?) on retrouve l'influence des directions EW et NS sur lesquelles avaient déjà discuté nos prédécesseurs (A. Briquet 1922 ; Dubois 1925).

Cette influence apparaît *directement* (fig. 1) dans les directions axiales des trois festons de grès verts de la côte, direction EW pour le feston central, et symétriques par rapport à cette direction pour les deux autres.

Elle apparaît aussi *indirectement* dans le style des plis de détail de ces 3 festons. Nous avons vu en effet, en les décrivant précédemment (chapitre I) :

— que les deux festons méridionaux (Wissant et Strouanne) comportent des plis satellites, petits (flèche de l'ordre de 15 m) mais nombreux et parallèles, suggérant des pincées du type « plis de couverture ». Or, c'est la région où le Crétacé plissé n'est pas en repos direct sur le socle. Il est très vraisemblable que ce style est dû à l'existence du matelas des formations jurassiques (et wealdiennes) structuré en direction EW (et NS), parallèlement au pli-faille des Epaulards, situé à quelques kilomètres au Sud.

— que le pli des Quénoes (s.-str.) ne paraît pas comporter de tels plissements satellites. La coupe du pli principal des Quénoes, bien visible dans la galerie d'essai de Sangatte, montre une *flèche unique et très étalée*, sur 430 mètres de dis-

tance du contact gault-craie qui affleure en galerie sans jamais dépasser son toit. Ce fait serait à notre avis en relation avec le repos à peu près direct du Crétacé des Quénoes sur le socle primaire.

Cette influence directionnelle (EW et NS) des plissements boulonnais (post-jurassique) sur les plissements principaux se retrouve encore dans la morphologie actuelle, qui montre au moins deux directions aberrantes de grande échelle, du socle (jurassique et wealdien absents ou très peu épais) :

— la direction de la falaise monastirienne de Sangatte, appuyée sur une structure parallèle de la craie (Briquet 1922 et 1924 ; J.P. Destombes 1960) ; la direction NS de la crête crayeuse entre les Noires-Mottes et St-Inglevert. Une autre « structure » EW de la craie apparaît également à Pihen. Ainsi, *en résumé*, il n'est pas impossible que dans cette région une vieille direction méridienne du socle primaire nous ait été léguée par deux rajeunissements successifs. Le décalage du socle primaire, de dix kilomètres vers le Nord (pour la cote — 100), et la fosse d'Escalles traduisent les mouvements les plus récents, et ils paraissent dirigés du SW au NE, en liaison avec la direction artésienne. Mais la permanence des traits géologiques antérieurs qui soulignent leur modelé par des directions NS (et EW) suggère une telle direction, probablement locale, des plis anciens (hereyniens) du socle. Les sondages pétroliers en cours lèveront peut-être cette incertitude.

Conclusions

L'inflexion du Crétacé de la région du Cap Blanc-Nez vers le NE, vis-à-vis de la direction habituelle WNW (artésienne) correspond à un voussoir local du socle primaire, parallèle à la cote actuelle. Les plissements de détail de la couverture crétacée le long de cet accident nous ont paru influencés par les structures de son substratum wealdien, jurassique et paléozoïque. L'évidence d'une direction méridienne ressort de cette analyse comme ayant influencé non seulement la sédimentation, ce qui était connu, mais aussi le mode de plissement de ce substratum, antérieurement au Crétacé marin.

Les plissements tertiaires de cette région sont essentiellement dirigés SW-NE, c'est aussi la direction de la côte entre Wissant et Sangatte, aux deux extrémités de l'inflexion des Quénoes. Le socle pri-

maire, qui supporte dans la région de cette inflexion le Crétacé (sans épaisseur importante de Jurassique et de Wealdien) est probablement fortement marqué par cette nouvelle direction. Un graben, étroit et déprimé de plus de 100 mètres paraît inscrit paral-

lèlement à la cote ; il est le mieux caractérisé sous le village d'Escalles, grâce aux données des sondages anciens. Il est possible que les affleurements de Miocène des Noires-Mottes jalonnent son extrémité nord.

BIBLIOGRAPHIE

- BONTE A. (1962). — La liaison France-Angleterre. Tunnel ou Pont ? *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXXXII (2^e tr.), p. 109-110.
- DREISTROFFER M. (1947). — Sur les zones d'ammonites albiennes en France et en Angleterre. *Trav. Lab. Géol. Grenoble*, t. XXVI p. 1.
- BRICQUET A. (1922). — Carte tectonique de l'Artois et des régions voisines. *C.R. XIII^e Congr. Géol. Int.*, Bruxelles, p. 395.
- BRICQUET A. (1924). — Remarques complémentaires sur la tectonique de l'Artois. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. II, p. 39.
- DESTOMBES J.P. et F. (1937). — Note sur le Gault de Wisant. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. 62, p. 98-113.
- DESTOMBES J.P. (1960). — Déformations subies par les assises crétacées dans la partie septentrionale du Boulonnais. *Bull. Serv. carte Géol. Fr.*, t. LVII, p. 1-5.
- DUBOIS G. (1925). — Sur quelques points de la tectonique du Blanc-Nez. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. L, p. 138-146.
- HALLEZ P. (1899). — Sur les fonds du détroit du Pas-de-Calais. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. XXVIII, p. 4-23.
- GOSSELET J. (1920). — Les assises crétaciques et tertiaires dans les fosses et sondages du N. de la France. *Et. gîtes minér. France*.
- LE HON (1863). — Sur les couches néocomiennes et albiennes de Wisant. *Bull. Soc. géol. Fr.* (2), t. 21, p. 14-16.
- POTIER M. (1877). — Le tunnel du Pas-de-Calais au point de vue géologique. *Ass. Fr. Av. Sc.*, Le Havre, p. 530-536.
- PRUVOST P. (1924). — Observations sur la structure du Cap Gris-Nez et sur les mouvements qui ont affecté le pays boulonnais après le dépôt du Jurassique. *Bull. Serv. Carte Géol. Fr.*, t. XXVIII, n° 156.
- RENAUD J. (1891). — Sur les sondages exécutés dans le Pas-de-Calais en 1890. *C.R. Ac. Sc.*, t. 122, p. 898-900.
- OLRY A. (1904). — Travaux d'exploitation et de recherches exécutés dans le bassin houiller du Boulonnais. *Bull. Serv. Carte Géol. Fr.*, t. XV, n° 100.

* * *

OBSERVATIONS A LA NOTE DE MM. J.-P. ET P. DESTOMBES

M. BONTE est heureux de féliciter MM. DESTOMBES de leur note très documentée et qui consigne les résultats de leurs observations précises réalisées depuis plus de 30 ans avec une patience admirable.

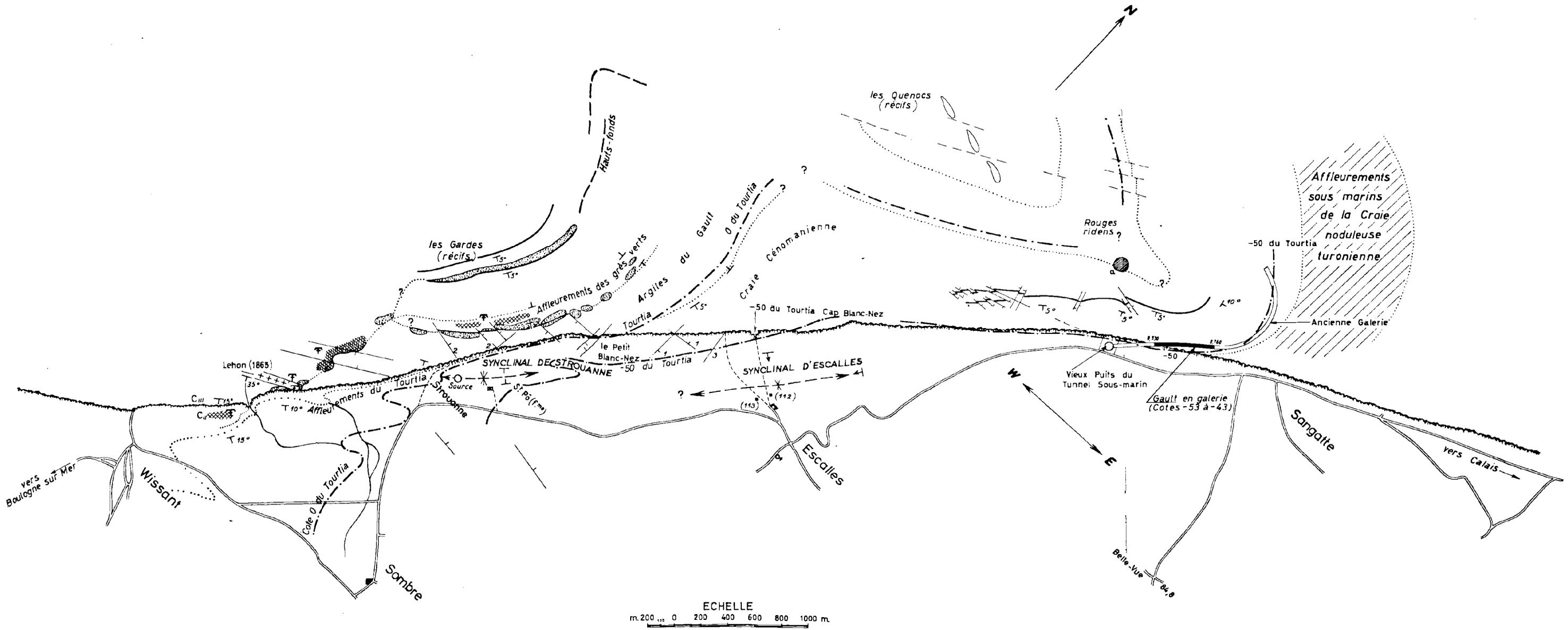
Il voudrait toutefois faire remarquer qu'il n'a jamais eu l'intention d'expliquer la formation du relief de l'ancien rivage de Sangatte par une faille qui aurait fait disparaître la craie ; mais il persiste dans l'opinion « qu'une structure faillée (sans grande dénivellation mais très disloquée, comme celles qui caractérisent certains accidents artésiens) pourrait rendre compte (en facilitant l'érosion marine, comme au Gris-Nez) de la disparition brusque de la craie ».

Par ailleurs, les accidents aigus figurés par MM. DESTOMBES, la « double flexure » dont les charnières sont laissées en blanc, l'allure monoclinale des récifs des Quénocs, l'exiguïté du « Synclinal de Strouanne » etc., militent bien plus en faveur d'une structure faillée que d'une structure plissée qui n'existe précisément, et de façon très localisée, que dans les languettes faillées.

Les travaux récents montrent partout dans le Nord de la France la prédominance des structures faillées, aussi bien dans le Tertiaire et le Crétacé que dans le Jurassique et a fortiori dans le Primaire, où la fosse d'Escalles pourrait aussi bien s'expliquer par une faille.

Quant aux déductions si précises relatives aux différentes phases tectoniques et tirées, par les auteurs, d'observations discontinues, dans une zone où les glissements et tassements sont manifestes, elles ne peuvent constituer que des hypothèses.

En conclusion, si on ne peut affirmer que le Déroit soit parcouru par des failles directionnelles ou méridiennes, malgré les indices relevés sur le littoral, on ne peut surtout prétendre qu'il n'y en a pas et c'est là ce qu'il importe de souligner.



L'Anticlinal des Quénocs et ses trois festons : Wissant, Gardes, Quénocs.

Interprétation des essais de débit appliquée à la localisation des venues d'eau dans un captage à la craie

par G. DASSONVILLE et J. RICOUR

(1 fig.)

Dans les départements du Nord et du Pas-de-Calais, l'arrêté autorisant l'exécution d'un captage d'eau dans la nappe souterraine stipule la réalisation d'un essai de débit sur l'ouvrage terminé. Cet essai a pour but de tester la réaction dynamique de la nappe pour un débit donné.

Jusqu'à présent, toute initiative, quant à la conduite du pompage et aux observations des variations du niveau piézométrique dans l'ouvrage, était laissée au maître de l'œuvre ou à l'ingénieur conseil. Parfois la surveillance de ces variations de niveau était assurée sur des puits ou des forages voisins servant de piézomètres. Les renseignements recueillis donnaient rarement des indications autres que qualitatives sur le comportement hydraulique de la nappe.

Une formule de normalisation de la conduite des essais de débit vient d'être mise au point et proposée aux différentes entreprises régionales. Elle procède de la méthode Theis, c'est-à-dire de l'étude de l'écoulement en régime transitoire, et doit nous permettre d'établir deux paramètres importants en hydraulique souterraine : transmissivité et coefficient d'emmagasinement ou porosité efficace suivant les cas.

1) La transmissivité (T) est l'aptitude d'une nappe à conduire l'eau. Elle s'exprime par le produit $T = K.H.$, avec :

a) K : coefficient de conductivité hydraulique ou coefficient de Darcy (appelé improprement perméabilité). Dans la terminologie russe, c'est le coefficient de filtration.

Ce coefficient traduit la facilité avec laquelle un liquide traverse un milieu donné.

Il convient de rappeler ici quelques notions de mécanique des fluides : la perte de charge I que

l'eau subit dans son mouvement, dans l'expérience de Darcy — ou encore la perte de charge du théorème de Bernoulli de la conservation de l'énergie — correspond à une dissipation d'énergie par les frottements ; on admet que celle-ci est due à trois séries de causes :

— des causes propres au fluide, qui sont la viscosité (μ) et le poids spécifique (γ) ;

— des causes propres à la roche, qui correspondent à la résistance rencontrée par le fluide dans la roche en fonction de sa structure ;

— des interactions physiques entre le fluide et la roche, variables suivant les natures du fluide et de la roche, et qui diminuent ou augmentent la porosité.

Le coefficient K englobe donc un facteur propre au fluide (γ/μ), un facteur propre à la roche, dépendant de la porosité (p) et de la surface (s) des grains, et des facteurs intermédiaires (φ) ;

γ/μ est le coefficient du fluide.

$k = p.f(s)$ est le coefficient de perméabilité qui ne dépend que de la nature du terrain.

On a donc l'expression de K , coefficient de Darcy : $K = \gamma/\mu k \varphi$.

Il a les dimensions d'une vitesse (longueur par un temps : $L.T^{-1}$) et on peut le définir comme étant la vitesse d'un écoulement unitaire (pour un gradient hydraulique égal à l'unité).

b) H : épaisseur de la nappe aquifère.

La transmissivité a donc les dimensions d'une surface par un temps ($L.T^{-2}$), elle s'exprimera donc en m^2/h ou en m^2/s ou encore en cm^2/s .

2) Le coefficient d'emmagasinement (S) d'une nappe captive ou « specific yield », ou la porosité efficace d'une nappe libre, est défini par le volume

d'eau effectivement libéré soit par dépression, soit par écoulement gravitaire, par un prisme vertical de la nappe, de section unité, pour une baisse unité du niveau piézométrique. C'est encore le pourcentage de volume libérable pour un volume de terrain donné. Il n'a donc pas de dimensions. Il se calcule à partir des relevés effectués sur un piézomètre voisin du forage où a lieu le pompage.

La formule de Theis, dite de non-équilibre, a été établie pour le cas d'une nappe captive. Elle exprime le rabattement du niveau piézométrique en fonction du pompage, et s'écrit :

$$y = \frac{Q}{4 \pi T} W(u)$$

$$\text{avec } W(u) = \int_0^{\infty} \frac{r^2 S}{4 T t} du$$

la fonction $W(u)$ de $u = \frac{r^2 S}{4 T t}$ dite de « well function » étant déjà tabulée.

L'extension au cas des nappes libres conduit à une formule d'approximation logarithmique qui peut s'écrire :

$$T = 0,183 \frac{Q}{P_2 - P_1} \log \frac{t_2}{t_1} \quad (1)$$

dans laquelle

- Q représente le débit de pompage,
- P_1 et P_2 les niveaux dynamiques à la paroi du puits, correspondant aux temps t_1 et t_2 comptés à partir du début du pompage.

Il est indispensable que le débit du pompage soit constant au cours de la période de temps considéré.

Lorsque la surveillance des essais dispose de piézomètres, l'équation du rabattement en fonction du temps s'écrit :

$$\Delta = 0,183 \frac{Q}{T} \log 2,25 \frac{Tt}{x^2 S} \quad (2)$$

avec :

Δ = rabattement du niveau piézométrique [correspondant à $p_2 - p_1$ dans l'équation (1)]

x = distance du piézomètre à l'axe du puits

S = coefficient d'emmagasinement

t = temps compté à partir du début du pompage.

Cette équation peut s'écrire :

$$\Delta = 0,183 \frac{Q}{T} \log t + 0,183 \frac{Q}{T} \log \frac{2,25 T}{x^2 S}$$

Elle est du type $y = ax + b$.

Sur un plan défini par 2 axes rectangulaires, sur lesquels on porte Δ en ordonnée et $\log t$ en abscisse, la représentation graphique de cette fonction est une droite dont la pente et l'ordonnée ou l'abscisse à l'origine donnent immédiatement les valeurs de T et S .

Dans la pratique, la possibilité d'emploi de cette formule se reconnaît sur le graphique par alignement des points d'observation du niveau en fonction du temps, suivant un ou plusieurs tronçons de droite. Il apparaît donc clairement que cette méthode de détermination de T est préférable au calcul par la formule (1), même si on ne dispose que des relevés de niveau dans le puits testé.

Il faut admettre, pour justifier l'emploi de cette méthode :

1) que la composante verticale des pertes de charge à travers l'aquifère est négligeable par rapport à la composante horizontale des pertes de charge dynamique.

Or, dans un réseau aquifère comme celui de la craie, les diaclases et les fissures subverticales assurent fréquemment des communications aisées entre les différentes strates et avec la surface piézométrique.

2) que le cheminement de l'eau vers l'ouvrage de captage se fait essentiellement suivant certaines strates, ou certains joints de stratification perméables, en nombre limité et d'épaisseur négligeable par rapport à l'épaisseur totale de l'aquifère.

Or, cette deuxième condition est réalisée : on peut en effet distinguer des couches magasin et des couches conductrices, ou plutôt des joints conducteurs, particulièrement perméables.

Tout se passe donc comme si la nappe libre, en cours d'épuisement, se comportait comme une nappe captive de transmissivité T donnée, et que cette transmissivité variait apparemment d'une manière discontinue :

$$T = \Sigma T_1 + t_1 + T_2 + t_2 + \dots + T_n + t_n$$

La transmissivité des couches magasin (t_n) étant négligeable par rapport à celle des couches conductrices (T_n), on remarquera lorsque le plan d'eau

Essai de débit de BEURAINVILLE

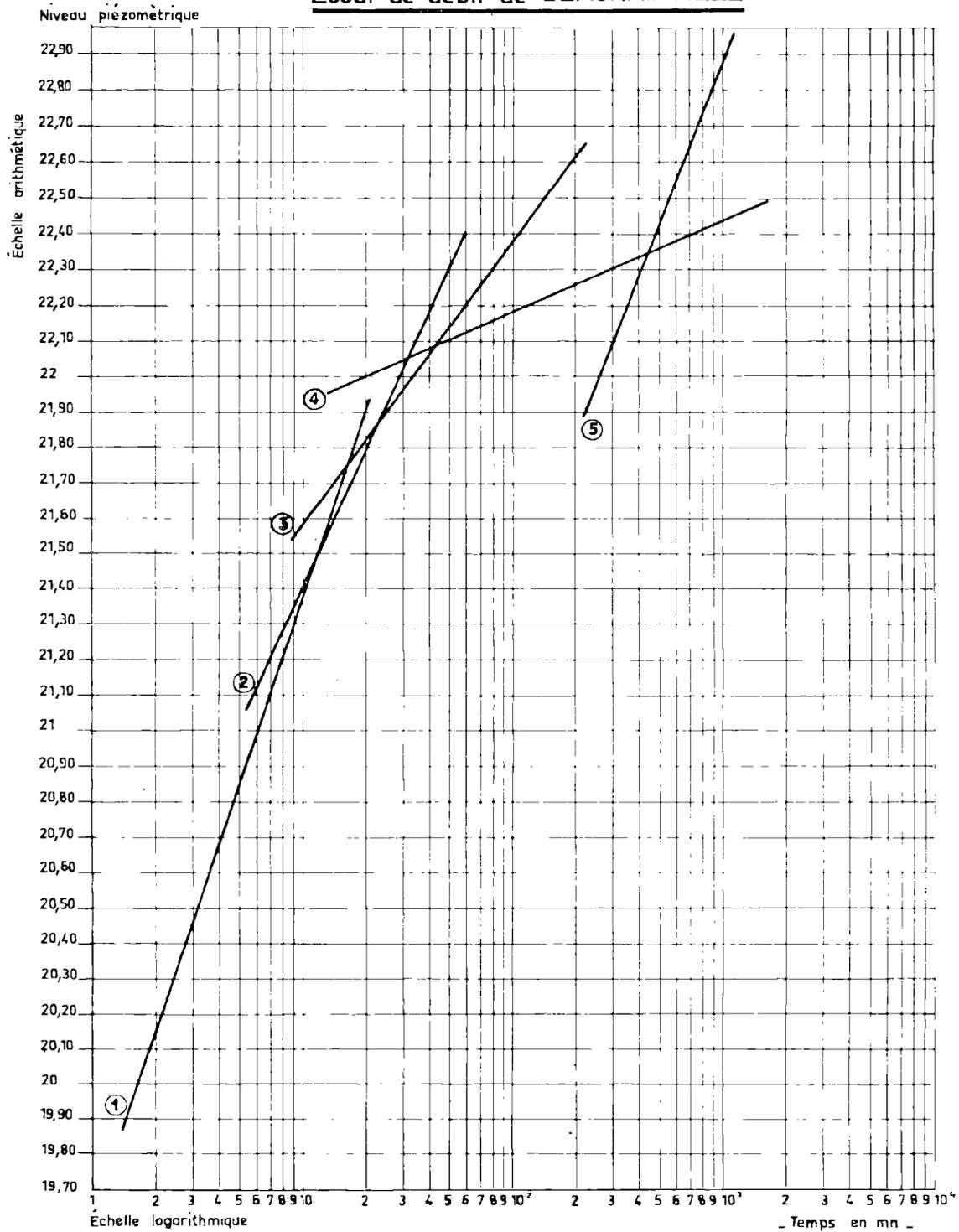


FIG. 1

dans le puits passe au niveau du joint conducteur, une brusque variation de T. T reste constant entre deux joints conducteurs.

Une remarque s'impose cependant pour le cas des horizons superficiels où la craie est très fissurée ; la distinction entre les deux sortes de couches n'existe plus : la craie se comporte alors comme un milieu sub-homogène à transmissivité Θ . Ce n'est qu'à partir d'une certaine profondeur qu'on peut noter une discontinuité. Ceci n'est exact que dans l'hypothèse d'un écoulement laminaire. En fait, l'écoulement est turbulent et les pertes de charge interviennent.

L'étude du rabattement en fonction du logarithme du temps de pompage va donc permettre de définir, compte tenu des remarques précédentes, l'épaisseur de craie fissurée, et de localiser les joints conducteurs à forte transmissivité, c'est-à-dire les venues d'eau.

A titre d'exemple, nous allons étudier les résultats des essais de débit effectués sur le puits communal de Beaurainville (P.-de-C.). Une hypothèse simplificatrice a été adoptée ; le puits ne pénétrant que partiellement dans la nappe, on a admis que l'écoulement s'y faisait comme dans un puits traversant la totalité de l'aquifère.

Le débit est resté constant et égal à $104 \text{ m}^3/\text{h}$ pendant plus de 21 h. Le niveau statique s'établissait à $-19,73 \text{ m}$ par rapport au niveau du sol (cote du sol ENG $\pm 30,69$).

Sur le graphique du rabattement en fonction du logarithme du temps de pompage, on peut définir 5 séries linéaires avant stabilisation apparente (la dernière ne peut être prise en considération que si l'on n'admet pas de variation du débit de la pompe après 6 h de pompage) (fig. 1).

Les transmissivités partielles de chaque série sont :

$$\begin{aligned} T_1 &= 6,54 \text{ m}^2/\text{h} \\ T_2 &= 9,51 \text{ m}^2/\text{h} \\ T_3 &= 15,95 \text{ m}^2/\text{h} \\ T_4 &= 38,06 \text{ m}^2/\text{h} \\ T_5 &= 7,47 \text{ m}^2/\text{h} \end{aligned}$$

Les points d'intersection de chacune de ces droites avec la suivante correspondent successivement aux profondeurs 21,50 ; 21,90 ; 22,05 et 22,35 m.

On peut donc croire qu'entre $-19,73 \text{ m}$ (niveau statique) et $-22,63 \text{ m}$ (niveau-dynamique stabilisé pour le débit de $104 \text{ m}^3/\text{h}$) il existe 4 joints conducteurs situés aux profondeurs énoncées ci-dessus.

Rapportés aux résultats fournis par la coupe du foreur, ceux-ci sont parfaitement vraisemblables ; en effet, il a été noté :

« à 19,40 m de profondeur : « blanc sec » sonnant au choc ;

« entre 19,40 m et 23 m : terrain inconsistant dont côté NE en petits morceaux ;

« à 23 m, craie compacte, fissures serrées noires côté Canche ».

Les indications fournies par cette interprétation du pompage précisent donc l'état de la craie entre 19,40 m et 23 m.

Si, dans le cas présent, on ne peut présumer en rien de l'épaisseur de craie aquifère, par contre lorsque le niveau piézométrique se trouve à une profondeur plus faible et si les essais de pompage ont été réalisés par paliers successifs à débits croissants, il semble que par cette méthode d'interprétation, des résultats extrêmement fertiles puissent être atteints.

Ces résultats nous permettront peut-être de dégager une loi — comme avait tenté de le faire J. Gosselet — sur l'état de fissuration de la craie avec la profondeur.

Gosselet avait en effet remarqué au cours du creusement de puits de mines (Avion, Courrières, Sallaumines, Fouquières) que les circulations d'eau dans la craie ne s'effectuaient plus au-dessous de la cote zéro. Mais il est peu commun d'aller observer in situ la répartition des joints aquifères et surtout de multiplier de telles observations.

La méthode proposée aura atteint son but si elle contribue à combler cette lacune.

Inventaire des "Mégaspores" du Faisceau de Meunière (Westphalien B inf.), dans le Bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais

par Mlle Nicole SELOSSE

(1 fig. - 2 Pl.)

Sommaire. — Cet inventaire a permis de retrouver un très grand nombre de spores du Westphalien C. Enfin, certaines formes ont été rencontrées pour la première fois dans le Bassin du Nord et du Pas-de-Calais, et quatre espèces nouvelles ont été créées.

I. — Introduction

L'étude systématique de niveaux intéressant la presque totalité du faisceau de Meunière (c'est-à-dire le Westphalien B inférieur), a permis d'apprécier la composition palynologique de cette zone, tout au moins en ce qui concerne les « Mégaspores », c'est-à-dire les spores d'une taille supérieure à 200 μ .

Des prélèvements ont été réalisés tout d'abord dans la partie médiane du bassin, au Puits du Midi (groupe de Douai), de la passée sous la veine Le François à la veine Hoche comprise, et tout à fait à l'Ouest de ce même bassin, à la fosse n° 5 (groupe d'Auchel-Bruay) * de la veine Constance à la veine Marguerite.

Dans le premier cas, les prélèvements intéressent vingt-sept niveaux répartis sur 250 mètres de terrains, alors que dans le second cas, on ne compte que neuf veines et passées pour 90 mètres seulement de puissance. **

Enfin, ces prélèvements ne débutent pas tout à fait au niveau marin de Poissonnière (limite inférieure du Westphalien B), les veines et passées situées en dessous de la veine Constance à Auchel-Bruay et de la passée sous la veine Le François au Puits du Midi n'étant pas exploitées.

(*) Anciennement groupe d'Auchel.

(**) Voir Tableau des niveaux étudiés dans le Westphalien B inférieur du bassin du Nord et du Pas-de-Calais.

La méthode d'attaque utilisée pour la recherche des spores de grande taille est celle de Zetsche et Källin. Elle a été légèrement modifiée en ce qui concerne les temps de macération qui sont de 17 h pour la bromuration, de 30 minutes pour l'attaque par HNO₃ et de quelques secondes pour le passage à la soude.

Les différents échantillons ont révélé une très grande variété de spores appartenant pour la plupart à des genres et des espèces déjà rencontrés dans le Westphalien C du bassin du Nord et du Pas-de-Calais.

II. — Spores déjà rencontrées dans le Westphalien C *

Groupe des SPORITES
Division des TRILETES

A. - Subdivision des AZONOTRILETES

Série des LAEVIGATI

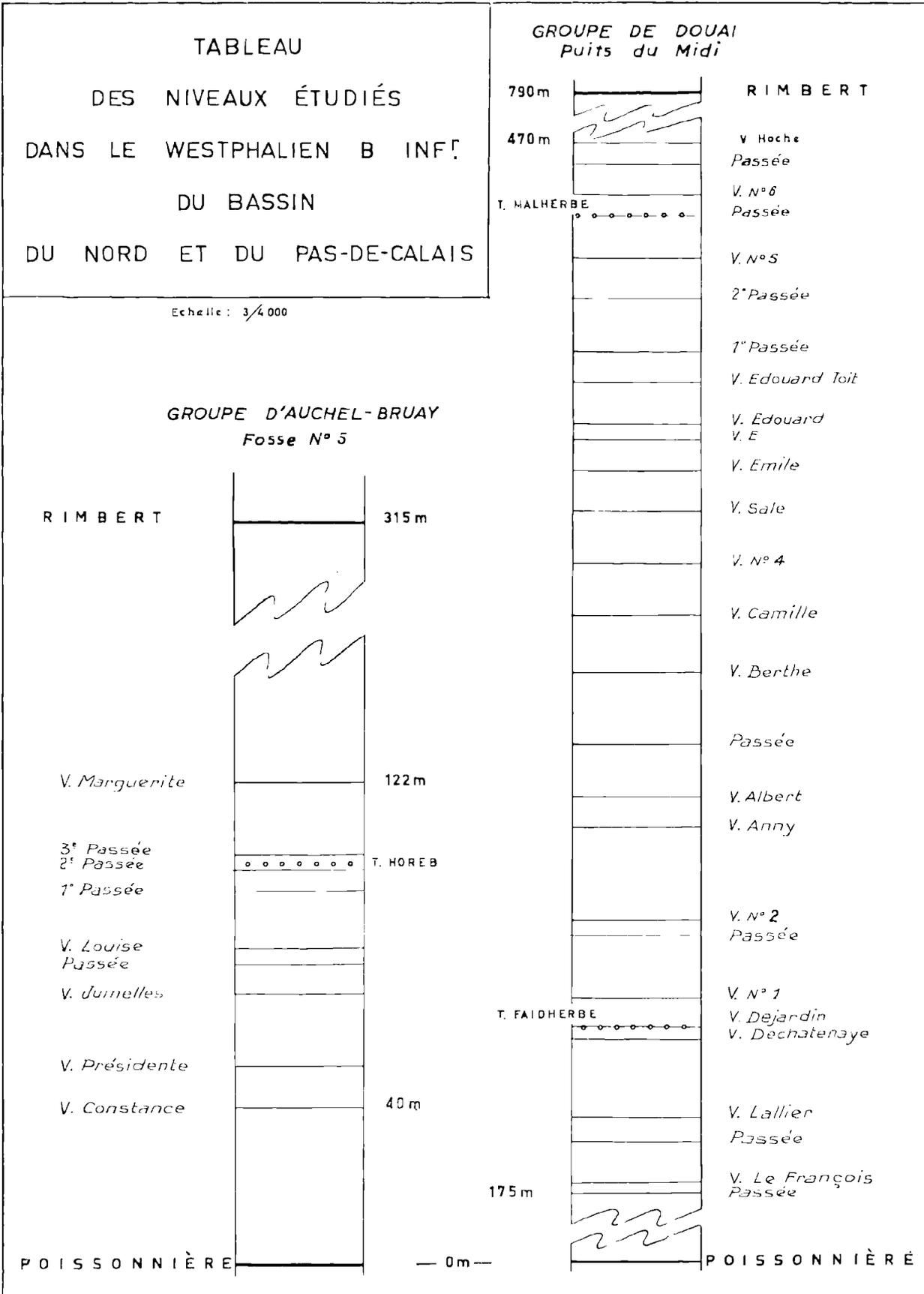
Genre *Laevigatisporites* (Ibrahim) Pot. et Kr.

L. glabratus (Zerndt) Pot. et Kr.

L. primus (Wieher, non Bennie et Kidston) Pot. et Kr.

L. reïnschi (Ibrahim) Pot. et Kr.

(*) La liste de ces spores est envisagée dans le cadre de la classification qui est celle de Potonié et Kremp (1955), revue par Alpern (1958), puis par P. Corsin, J. Carette, J. Danzé, J.P. Laveine (1962).



Série des *APICULATI*

Genre *Colisporites* Pot. et Kr.

C. olgae Pot et Kr.

B. - Subdivision des *ZONOTRILETES*

Série des *ZONATI*

Genre *Triangulatisporites* Pot. et Kr.

T. triangulatus (Zerndt) Pot. et Kr.

T. tertius Pot. et Kr.

T. zonatus (Ibrahim) Pot. et Kr.

Série des *CORONATI*

Genre *Superbisporites* Pot. et Kr. 1954.

S. dentatus (Zerndt) Pot. et Kr.

S. superbis (Bartlett) Pot. et Kr.

Genre *Coronatisporites* = *Zonalesporites* (Ibrahim 1933) Pot. et Kr. 1954.

C. brasserti (Stach et Zerndt) Pot. et Kr. 1954.

C. - Subdivision des *AURITOTRILETES*

Genre *Valvisporites* (Ibrahim 1933) Pot. et Kr. 1954.

V. nigrozonalis (Stach et Zerndt) Pot. et Kr.

V. augustae (Loose) Pot. et Kr.

V. flavus (Stach et Zerndt) Pot. et Kr.

V. auritus Zerndt.

V. appendiculatus (Maslankiewiczowa) Pot. et Kr. sensu Bhardwaj.

D. - Subdivision des *LAGENOTRILETES*

Genre *Setosisporites* (Ibrahim) Pot. et Kr.

S. pseudotenuispinosus Piérart.

S. praetextus (Zerndt) Pot. et Kr.

S. hirsutus (Ibrahim) Pot. et Kr.

Genre *Lageniculisporites* = *Lagenicula* (Bennie et Kidston) Pot. et Kr.

L. horridus Zerndt.

Genre *Lagenoisporites* Pot. et Kr.

L. nudus Nowak et Zerndt.

E. - Subdivision des *CYSTITRILETES*

Genre *Cystisporites* = *Cystosporites* Schopf.

C. varius (Wicher) Dijkstra.

C. giganteus (Zerndt) Schopf.

Il faut signaler que deux de ces espèces avaient déjà été rencontrées dans le Westphalien B du Nord de la France par Sahabi (5). Il s'agit de *Setosisporites praetextus*, dénommée type XI, mise en syno-

nymie avec *Triletes praetextus* Zerndt, et rencontrée dans la veine Angélique* à Ligny-les-Aires. Dans cette même veine, Sahabi avait rencontré une autre spore qu'il avait appelée type IX et qu'il rapportait à la fois à *Triletes circumtextus* Zerndt et à *Triletes brasserti* Stach et Zerndt. En effet, les ressemblances qui existent entre ces deux espèces sont telles qu'il est judicieux de les réunir sous un même nom d'espèce, en l'occurrence *brasserti*.

III. — Espèces communes au Westphalien B et au Westphalien C

Rotatisporites rotatus ** (BARTLETT) POT. et KR.
Pl. XII, fig. 5 et 6

C'est une spore circulaire, petite (700 à 900 μ). Le corps central mesure environ 600 μ , il porte une marque trilete haute plus ou moins sinueuse, et en position supra-équatoriale une couronne importante (300 à 400 μ de large), formée de filaments épais, bien distincts et qui se réunissent à leur extrémité pour former un anneau continu portant de petites épines.

PROVENANCE: Veine Présidente à la fosse n° 5 du groupe d'Auchel-Bruay.

Coronatisporites brasserti STACH et ZERNDT
Pl. XII, fig. 4

Cette espèce possède un corps central arrondi, globuleux, et une couronne formée de filaments aplatis et accolés, et sur laquelle se prolongent les branches de l'Y. Cette espèce s'est signalée dans les niveaux que j'ai étudiés, par une taille variant de 1000 à 2500 μ , et souvent par une forme presque triangulaire, forme particulièrement nette dans l'échantillon figuré Pl. XII, fig. 4, et qui lui est donnée par une exagération de la couronne équatoriale au niveau des branches de l'Y. Cet aspect triangulaire de *C. brasserti* est nouveau par rapport aux individus de cette espèce rencontrés dans le Westphalien C du Nord de la France. Pourtant, de tels spécimens sont figurés par Zerndt (8) sans toutefois que la couronne atteigne une telle amplitude.

(*) Cette veine Angélique est le seul niveau du Westphalien B du Nord de la France à avoir été étudié par Sahabi.

(**) Il s'agit ici d'une espèce extrêmement rare et très localisée.

PROVENANCE : Au Puits du Midi, de la passée sous la veine Lallier à la veine Dechatenaye, de la veine n° 2 à la passée sous la veine Berthe, dans la veine Edouard toit, enfin de la veine n° 5 à la passée sous la veine n° 6 ; à Auchel-Bruay, dans tous les niveaux étudiés, exception faite de la première passée sur la veine Louise et de la veine Marguerite.

Setosporites hirsutus (IBRAHIM) POT. et KR.

Pl. XII, fig. 7a et 7b

Cette spore est caractérisée habituellement par une taille petite (500 à 600 μ), une marque trilete dont les branches atteignent les deux tiers de son rayon, des crêtes arquées qui délimitent des surfaces de contact lisses ou quelquefois plissées et enfin une partie équatoriale et une face distale couvertes de filaments de 50 à 90 μ de long. Toutefois, certains spécimens ont présenté une taille beaucoup plus importante (jusqu'à 900 μ) ainsi que des surfaces de contact couvertes de gros plis verruqueux comme le montre le spécimen figuré Pl. XII, fig. 7a. Des spores présentant de telles surfaces de contact ont été représentées par Dijkstra et Piérart (2) sous le nom de *S. hirsutus* var. *brevispinosa*, et référées par ces derniers au type 13a form I de Zerndt (9). Il ne peut s'agir ici de cette variété puisque les filaments sont très allongés. D'autre part, la notion de crêtes arquées plissées étant incluse dans la diagnose de l'espèce, il ne semble pas que l'exagération de ces plis dans certains cas, justifie la création d'une nouvelle variété qui, si l'on se réfère à Zerndt, ne devrait porter que sur la longueur des filaments.

PROVENANCE : Au Puits du Midi, de la passée sous la veine Le François à la veine Lallier, dans les veines n° 1, n° 2, Albert, Camille, n° 4, et veine E, dans la première et la deuxième passées sous la veine n° 5 et la veine n° 6 ; à Auchel-Bruay, dans tous les niveaux étudiés exception faite de la veine Marguerite.

IV. — Formes hypothétiques référées à des spores du Westphalien C

Laevigatisporites cf. *glabratus* (ZERNDT) POT. et KR.

Pl. XI, fig. 2

Cette forme a été rencontrée en très peu d'exemplaires. Elle est sub-triangulaire et ne dépasse pas 1000 μ . L'exine est lisse et épaisse. L'Y est net et

fin, il porte en son centre un petit tubercule. Il est situé sur de très gros bourrelets qui partent du centre et atteignent presque la périphérie de la spore. On observe encore de faibles crêtes arquées. En fait, cette spore ne diffère de *L. glabratus* (Pl. XI, fig. 1) que par une exagération des lèvres de l'Y formant de gros bourrelets masquant en partie les crêtes arquées. De plus, le faible nombre de spécimens rencontrés (trois) ne m'a pas semblé suffisant pour créer une espèce nouvelle. Je me suis contentée de rapprocher cette forme de l'espèce *L. glabratus* pensant qu'il pourrait peut-être s'agir d'un cas tératologique.

PROVENANCE : Puits du Midi, passée sous la veine n° 2.

Granulatisporites cf. *mediupapillarius* * =
Tuberculatisporites cf. *mediupapillarius* YAHSIMAN

Pl. XI, fig. 9

Il s'agit d'une spore souvent écrasée dans une position intermédiaire entre proximo-distale et latérale. L'exine est fine et assez plissée. L'Y porte en son centre un tubercule. Les crêtes arquées sont nettes et délimitent des surfaces de contact couvertes de petits grains plus ou moins rapprochés. Le reste de l'exine porte de très petits tubercules arrondis à leur extrémité et aussi hauts que larges (30 μ environ). Ils paraissent parfois juxtaposés, parfois séparés par un intervalle égal à deux fois leur base. Ceci explique pourquoi lui a été attribué le nom de genre « *Granulatisporites* » déjà connu en « microspheres » de préférence à « *Apiculatisporites* ». En outre, j'ai trouvé que cette forme présentait de grandes analogies avec *Tuberculatisporites mediupapillarius* rencontrée par Ergünül (3) dans le Westphalien C de Turquie.

PROVENANCE : Puits du Midi, veine n° 6.

Lagenosporites cf. *nudus* NOWAK et ZERNDT

Pl. XI, fig. 10

L'aspect général de cette spore est semblable à celui de *L. nudus*. L'exine n'est pas très épaisse, la spore est écrasée latéralement, les crêtes arquées ne sont pas très visibles. Une expansion en relief de

(*) Il s'agit donc d'une forme nouvelle dans le bassin du Nord et du Pas-de-Calais, mais comme l'attribution à l'espèce *mediupapillarius* est tout à fait hypothétique il m'a paru judicieux de l'inclure dans ce paragraphe.

l'exine entre les branches de l'Y forme un goulot qui est ici très fort et allongé en fer de lance, et dont la taille est égale à la moitié de la longueur de la spore.

PROVENANCE : Puits du Midi, passée sous la veine n° 6.

V. — **Espèces rencontrées pour la première fois dans le bassin du Nord et du Pas-de-Calais**

Certaines espèces ont été reconnues de façon certaine pour la première fois dans le bassin du Nord et du Pas-de-Calais. Ce sont :

Calamisporites laevigatus * (IBRAHIM) S.W. et B. 1944

Pl. XI, fig. 4

Sa taille varie entre 300 et 500 μ . Son exine est brune, très fine, souvent plissée. L'Y est petit, excentré, et difficilement visible.

PROVENANCE : Au Puits du Midi, de la passée sous la veine Lallier à la veine Dechatenaye, de la veine n° 2 à la veine Berthe, dans les veines Sale, Emile, Edouard, et enfin de la passée sous la veine n° 6 à la passée sous la veine Hoche.

Colisporites bulbosus (HORST 1943) POT. et KR.

Pl. XI, fig. 5a et 5b

Le contour de cette spore est triangulaire à sub-circulaire, sa taille est comprise entre 900 et 1200 μ . Les branches de l'Y atteignent les deux tiers du rayon de la spore et rejoignent les crêtes arquées qui sont nettement marquées. Les surfaces de contact sont couvertes de tubercules arrondis. Le reste de l'exine porte des cônes nombreux, denses et très effilés. A l'apex, se trouve un tubercule de 60 à 70 μ de haut.

PROVENANCE : *C. bulbosus* a été reconnu de façon certaine au Puits du Midi (groupe de Douai) dans les veines n° 1 et n° 6.

(*) Ce genre a déjà été rencontré dans le Westphalien C inférieur du bassin du Nord et du Pas-de-Calais, mais uniquement représenté par des « microspores ».

Apiculatisporites * *tuberosus* (IBRAHIM 1933)

POT. et KR.

Pl. XII, fig. 1

De forme à peu près circulaire, cette spore a une taille qui varie entre 1200 et 1500 μ . Les branches de l'Y atteignent les deux-tiers du rayon et rejoignent les crêtes arquées avec lesquelles elles délimitent des surfaces de contact bien dessinées et couvertes de verrues de 10 μ de diamètre. Le reste de l'exine est recouvert d'apicules une fois à une fois et demie plus hauts que larges, très serrés, parfois juxtaposés, à extrémité effilé.

PROVENANCE : *A. tuberosus* a été rencontré au Puits du Midi dans la veine Emile et la veine n° 6.

Apiculatisporites brevispiculus SCHOPF

Pl. XII, fig. 2a et 2b

Cette espèce à contour circulaire mesure environ 1500 μ . L'exine peu épaisse lui donne un aspect grêle. Les branches de l'Y atteignent les deux-tiers du rayon de la spore. Les crêtes arquées déterminent des surfaces de contact couvertes de granules assez distincts. Le reste de l'exine porte des cônes pointus, peu serrés, aussi hauts que larges et de très faible hauteur (ne dépassant pas 20 μ).

PROVENANCE : Veine n° 6, Puits du Midi.

Cystisporites varius (WICHER) DIJKSTRA

Pl. XII, fig. 8

FORME FERTILE : Cette spore de grande taille (1500 μ de large sur 2000 μ de long) est écrasée latéralement. Elle est constituée d'un sac à exine lisse surmontée d'une protubérance granuleuse de 350 μ de haut sur 300 μ de large.

PROVENANCE : Puits du Midi, passée sous la veine Hoche.

Enfin, un Pollenite a été rencontré dans quelques niveaux. Il s'agit de :

Schopfipollenites ellipsoïdes (IBRAHIM) POT. et KR. 1954

Il est ovale, de petite taille (300 μ environ) dont l'exine assez fine présente une teinte brune. Sur

(*) De nombreux spécimens appartenant à ce genre avaient été répartis suivant quatre types dans un précédent travail (6), ils seront laissés de côté puisque le genre *Tuberculatisporites* (maintenant en partie *Apiculatisporites*) est en cours de révision. Seules, deux espèces, *A. tuberosus* et *A. brevispiculus*, ont pu être déterminées avec précision et sont seules décrites et figurées ici.

une de ses faces, et suivant le sens le plus long, on observe deux replis de l'exine encadrant une dépression. Ce pollenite est tout à fait comparable à ceux figurés par Potonié et Kremp (4), Pl. XXII, fig. 478 à 485 b.

PROVENANCE : *S. ellipsoïdes* a été rencontré au Puits du Midi dans les veines n° 1, Emile, Edouard, n° 6, la passée sous la veine Hoche, la veine Hoche, et à Auchel-Bruay dans la veine Présidente.

VI. — Espèces nouvelles

Un certain nombre de spores présentant des caractères assez particuliers ont été rencontrées. Ceci a amené la création de quelques espèces nouvelles.

La première de ces espèces appartient au genre :

Laevigatisporites (IBRAHIM) POT. et KR.

GÉNOTYPE : *Laevigatisporites primus* (Wicher, non Bennie et Kidston). Ce genre est caractérisé par l'absence d'ornementation équatoriale ainsi que par l'absence d'ornementation du sporoderme. L'exine est lisse sur les faces proximale et distale, elle est parfois épaisse, parfois plus fine. Dans ce cas, la spore peut alors présenter de larges plis à sa surface.

Laevigatisporites pseudostriatus nov. sp.

HOLOTYPE : Pl. XI, fig. 3.

DIAGNOSE : « Spore triangulaire, mesurant un peu plus de 1000 μ . Exine épaisse et lisse. Branches de l'Y portées par de très gros bourrelets atteignant la périphérie de la spore. Entre ces bourrelets, présence d'un soulèvement important de l'exine, striée à cet endroit, d'où le nom donné à l'espèce, et formant une figure triangulaire en homotélie avec le contour général. Tubercule important et déprimé au centre de l'Y ».

COMPARAISON : Cette spore* appartient sans aucun doute au genre *Laevigatisporites* puisque son exine est lisse. Elle se distingue des espèces *L. reinschi* et *L. primus* par une taille beaucoup plus petite (la moitié à peu près), une exine beaucoup plus épaisse, une forme nettement triangulaire. Elle se distingue également de *L. glabratus* (voir Pl. XI, fig. 1) par l'aspect particulier de sa partie centrale. Chez *L. glabratus*, les branches de l'Y en rejoignant

les crêtes arquées, délimitent des surfaces de contact bombées. Ici, on n'observe rien de tel, mais un soulèvement de l'exine en champignon rétréci à la base et portant quelques stries rayonnant à partir de l'apex qui porte un petit tubercule.

PROVENANCE : Puits du Midi, dans la veine n° 4, la veine Albert, la passée sous la veine Berthe et la passée sous la veine n° 6.

Ont été également mises en évidence deux nouvelles espèces appartenant au genre

Colisporites POT. et KR.

GÉNOTYPE : *Colisporites bulbosus* (Horst 1943), Pot. et Kr.

Les spores appartenant à ce genre ont une forme plus ou moins triangulaire et sont couvertes de cônes serrés et pointus. Les surfaces de contact présentent des granules arrondis, petits et assez denses.

Colisporites rarispiculus nov. sp.

HOLOTYPE : Pl. XI, fig. 7a et 7b.

DIAGNOSE : « Spore sub-circulaire ne dépassant pas 1000 μ . Apex souligné par un tubercule petit et déprimé. Surfaces de contact couvertes de granules. Sur le pourtour de la spore et sa face distale, cônes peu nombreux, trapus, mais terminés cependant par une petite pointe, et dont la base est égale à la hauteur (50 μ). Cônes très rapprochés au niveau des crêtes arquées mais présentant sur la face distale des intervalles doubles de leur largeur ».

COMPARAISON : Cette forme appartient au genre *Colisporites* de par sa petite taille, un Y net portant en son centre un tubercule et dont les branches atteignent les deux-tiers de son rayon, enfin par la présence de crêtes arquées délimitant des surfaces de contact couvertes de granules. Elle se distingue néanmoins de *C. bulbosus* et de *C. olgae* (voir Pl. XI, fig. 5a, 5b, 6a, 6b) par une forme plus circulaire, par des crêtes arquées moins nettement dessinées, par des bourrelets moins forts sous les branches de l'Y, et surtout par l'ornementation. Les cônes sont aussi hauts que larges, encore plus trapus et beaucoup moins nombreux que chez *C. olgae* puisqu'ils sont en effet distants d'intervalles égaux à deux fois leur base.

PROVENANCE : Puits du Midi, dans la veine n° 2, la veine Sale et la veine n° 6.

(*) Il faut souligner qu'une forme presque semblable a été rencontrée dans une publication polonaise de 1936 (7), Pl. VI, fig. 46.

Colisporites parvulispiculus nov. sp.

HOLOTYPE : Pl. XI, fig. 8a et 8b.

DIAGNOSE : « Spore à peu près triangulaire ; taille : environ 900 μ . Marque trilete nette, atteignant les deux-tiers du rayon de la spore. Branches de l'Y portées par un bourrelet assez important et s'élargissant à la périphérie. Crêtes arquées soulignées par un sillon et délimitant des surfaces de contact très en relief, couvertes de verrues brillantes et rapprochées. Exine en dehors des surfaces de contact et sur la face distale, couverte de petits apicules, un peu moins hauts que larges. Petites ponctuations entre ces apicules ».

COMPARAISON : Elle présente la taille et la forme triangulaire habituelles au genre *Colisporites*. Son ornementation particulière la distingue pourtant nettement des espèces déjà connues. Elle est constitué de cônes très petits (leur hauteur ne dépasse jamais 20 μ), souvent même un peu moins hauts que larges, alors que chez *C. bulbosus* et *C. olgae*, ils atteignent 50 μ . Enfin, ils sont assez denses chez *C. olgae*, juxtaposés chez *C. bulbosus*. Ici, étant très petits, ils paraissent fort dispersés et laissent souvent entre eux un intervalle de 100 μ . Quelquefois, on peut même remarquer dans ces intervalles de petites ponctuations.

PROVENANCE : Puits du Midi, dans la veine n° 6.

La nouvelle classification utilisée ici, réunissant « Mégaspores » et « Microspores », des formes de tailles très différentes se trouvent rassemblées sous un même nom de genre. C'est ainsi qu'une spore de grande taille a été référée à un genre connu jusqu'à maintenant en « Microspores ». Il s'agit du genre

Acanthisporites = *Acanthotriletes* (NAUMOVA 1937)
Pot. et Kr.

GÉNOTYPE : *Acanthotriletes ciliatus* (Knox) Pot. et Kr.

Ce sont des spores triletes couvertes de tous côtés d'épines juxtaposées ou séparées par un petit intervalle, parfois tronquées au sommet, parfois très pointues et plus longues que le double de leur diamètre.

Acanthisporites pseudogiganteus nov. sp.

HOLOTYPE : Pl. XII, fig. 3.

DIAGNOSE : « Spore sub-circulaire à ovale, mesurant de 1800 à 2100 μ . Branches de la marque

trilete jusqu'aux deux-tiers du rayon de la spore. Crêtes arquées faiblement indiquées. Surfaces de contact couvertes de petits tubercules arrondis. Sur le reste de la spore, épines dont la hauteur (60 à 85 μ) est égale au moins au double de leur largeur (30 μ environ) ».

COMPARAISON : Cette spore ressemble beaucoup aux formes appartenant au genre « *Apiculatisporites* », même forme générale, même taille, même aspect de la marque trilete, des crêtes arquées, et des surfaces de contact. Elle s'en distingue cependant par une ornementation qui la classe dans le genre « *Acanthisporites* », et qui ne consiste plus en cônes, mais en épines au moins deux fois plus hautes que larges, et parfois recourbées à leur extrémité.

PROVENANCE : Puits du Midi, veine n° 4.

VII. — Conclusions

L'étude des différents niveaux appartenant au Westphalien B inférieur, tant au Puits du Midi qu'à Auchel-Bruay, a permis de connaître l'inventaire palynologique d'une zone encore pratiquement inconnue dans le bassin du Nord et du Pas-de-Calais. Ces niveaux étudiés ont été particulièrement intéressants par le nombre élevé des spores qu'ils ont révélé ainsi que par leur très grande diversité. De très nombreuses espèces rencontrées dans le Westphalien C ont été retrouvées ici. Certaines de ces formes ont mérité d'être décrites à nouveau : tout d'abord *C. brasserti* et *S. hirsutus* qui présentent quelques petites variations morphologiques et semblent montrer qu'il peut y avoir une évolution à l'intérieur d'une même espèce, enfin *R. rotatus* qui est extrêmement rare. Puis un certain nombre de formes qui n'avaient pas encore été rencontrées dans le bassin, ont été reconnues avec certitude. Il s'agit de *C. bulbosus*, *A. tuberosus*, *A. brevispiculus*, *C. varius* (forme fertile). Enfin, cette étude a permis de déceler quelques formes originales : *L. pseudostriatum*, *C. rarispiculus*, *C. parvulispiculus*, *Ac. pseudogiganteus*.

La connaissance de la composition palynologique du Westphalien B supérieur permettra de compléter cet inventaire ainsi que l'extension verticale des espèces rencontrées dans ces niveaux qui font partie des plus inférieurs qui ont été examinés jusqu'à présent dans le Nord de la France. Toutefois, leur étude a déjà permis d'ajouter quelques nouveautés dans la connaissance palynologique et stratigraphique de Bassin Houiller.

BIBLIOGRAPHIE

- 1) ALPERN B. (1959). — Contribution à l'étude palynologique et pétrographique des charbons français. Thèse d'Etat, Paris.
- 2) DIJKSTRA S.J. et PIÉRART P. (1957). — Lower Carboniferous megaspores from the Moscou Basin. *Mededeel. Geol. Stichting, N.S.*, n° 31.
- 3) ERGÜNÜL Y. (1959). — The Carboniferous Megaspores from the Zonguldak and Amasra Coal Basin and their stratigraphical values. *Bull. of Mineral Research and exploration institute of Turkey*, n° 53, 1959.
- 4) POTONJÉ R. et KREMP G. (1955). — Die sporae dispersae des Ruhrkarbons. *Palaeontographica*, Bd 98, Abt. B, vol. I, II, III.
- 5) SAHABJ Y. (1936). — Recherches sur les spores des houilles françaises, leurs caractères et leur répartition stratigraphique. Thèse d'Université, Lille.
- 6) SELOSSE N. (1962). — Corrélations par les « Mégaspores » de la zone inférieure et moyenne de l'Assise d'Anzin entre les groupes d'Auchel-Bruay et de Douai (Puits du Midi). Thèse de 3^e cycle, Lille.
- 7) TADEUSZ B. (1936). — Über Sporophyllstände (Blüten) einiger Lepidophyten aus dem produktiven Karbon Polens. *Separatabdruck aus dem XII Jahrgang (1936) der Polnischen Geologischen Gesellschaft*. Krakow 1936.
- 8) ZERNDT J. (1934). — Les mégaspores du bassin houiller polonais, 1^{re} partie. *Bull. Ac. Pol. des Sc. et des Lett., Trav. Geol.*
- 9) ZERNDT J. (1937). — Les mégaspores du bassin houiller polonais, 2^e partie. *Bull. Ac. Pol. des Sc. et des Lett., Trav. Geol.*

EXPLICATION DES PLANCHES *

PLANCHE XI

FIG. 1 — *Laevigatisporites glabratus* (Zerndt) Pot. et Kr. - Gr. \times 50.

Face proximale d'une spore montrant une marque trilete et des crêtes arquées très nettes délimitant des surfaces de contact légèrement bombées.

Origine : Douai, Puits du Midi, veine n° 4.

Collection : Lab. Paléobot. Fac. Sc. Lille, sect. Palyn., essai n° 353 bl.

FIG. 2. — *Laevigatisporites cf. glabratus* (Zerndt) Pot. et Kr. - Gr. \times 50.

Face proximale d'une spore entièrement lisse, avec des bourrelets très importants soulignant les branches de l'Y.

Origine : Douai, Puits du Midi, passée sous la veine n° 2.

Collection : Lab. Paléobot. Fac. Sc. Lille, sect. Palyn., essai n° 359 bl.

FIG. 3. — *Laevigatisporites pseudostriatum* nov. sp. - Gr. \times 50.

Spore triangulaire caractérisée par une zone centrale surélevée et striée. Des bourrelets bien dessinés soulignent la marque trilete.

Origine : Douai, Puits du Midi, passée sous la veine Hoche.

Collection : Lab. Paléobot. Fac. Sc. Lille, sect. Palyn., essai n° 347 bl.

FIG. 4. — *Calamisporites laevigatus* (Ibrahim) S.W. et B. - Gr. \times 50.

Spore lisse à exine fine et plissée ; la marque trilete n'est pas visible.

Origine : Douai, Puits du Midi, passée sous la veine Hoche.

Collection : Lab. Paléobot. Fac. Sc. Lille, sect. Palyn., essai n° 341 bl.

FIG. 5. — *Colisporites bulbosus* (Horst) Pot. et Kr. - Gr. \times 50.

Fig. 5a : Face proximale d'une spore presque triangulaire dont les surfaces de contact sont couvertes de granules et le reste de l'exine de cônes très serrés, plus hauts que larges.

Fig. 5b : Face distale de la même spore.

Origine : Douai, Puits du Midi, veine n° 1.

Collection : Lab. Paléobot. Fac. Sc. Lille, sect. Palyn., essai n° 346 bl.

FIG. 6. — *Colisporites olgae* Pot. et Kr. - Gr. \times 30.

Fig. 6a : Face proximale d'une spore triangulaire portant des cônes assez forts, et deux fois plus hauts que larges.

Fig. 6b : Face distale de la même spore.

Origine : Douai, Puits du Midi, passée sous la veine n° 6.

Collection : Lab. Paléobot. Fac. Sc. Lille, sect. Palyn., essai n° 347 bl.

FIG. 7. — *Colisporites rarispiculus* nov. sp. - Gr. \times 50.

Fig. 7a : Face proximale d'une spore assez globuleuse présentant des cônes peu nombreux, trapus, aussi hauts que larges.

Fig. 7b : Face distale de la même spore permettant d'apprécier la faible densité de l'ornementation.

Origine : Douai, Puits du Midi, veine n° 6.

Collection : Lab. Paléobot. Fac. Sc. Lille, sect. Palyn., essai n° 346 bl.

FIG. 8. — *Colisporites parvulispiculus* nov. sp. - Gr. \times 50.

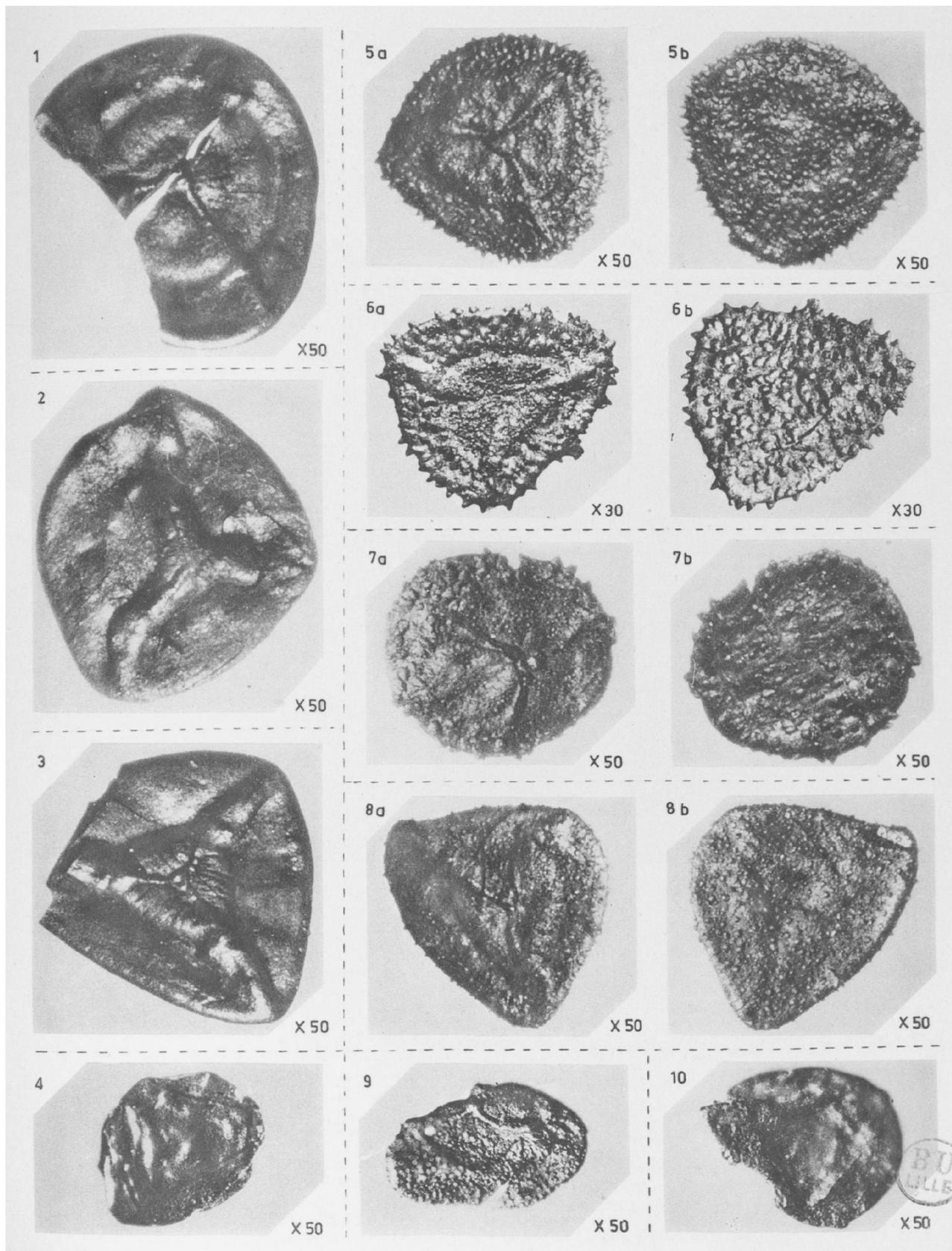
Fig. 8a : Face proximale d'une spore sub-triangulaire remarquable par son ornementation faite de cônes très petits et dispersés.

Fig. 8b : Face distale de la même spore.

Origine : Douai, Puits du Midi, veine n° 6.

Collection : Lab. Paléobot. Fac. Sc. Lille, sect. Palyn., essai n° 346 bl.

(*) Les spores figurées proviennent uniquement du Westphalien B inf.



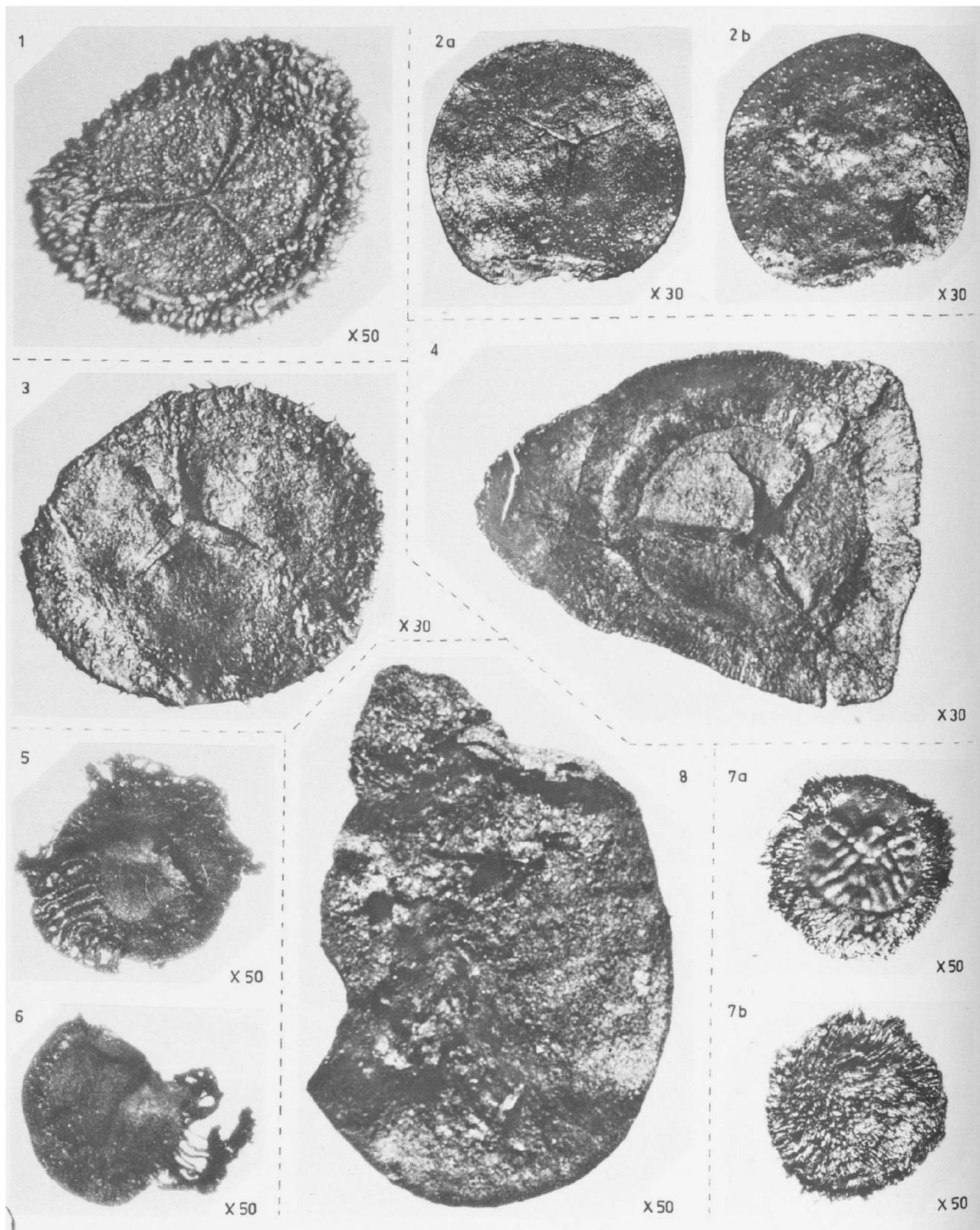


FIG. 9. — *Granulatisporites cf. mediupapillarius* Yahsi-
man. - Gr. $\times 50$.

Spore de très petite taille, écrasée presque latérale-
ment, à exine plissée et couverte de papilles.

Origine : Douai, Puits du Midi, veine n° 6.

Collection : Lab. Paléobot. Fac. Sc. Lille, sect. Palyn.,
essai n° 346 b2.

FIG. 10. — *Lagenosporites cf. nudus* Nowak et Zerndt -
Gr. $\times 50$.

Spore écrasée latéralement et montrant un goulot
très proéminent en fer de lance.

Origine : Douai, Puits du Midi, passée sous la veine
n° 6.

Collection : Lab. Paléobot. Fac. Sc. Lille, sect. Palyn.,
essai n° 347 b1.

PLANCHE XII

FIG. 1. — *Apiculatisporites tuberosus* (Ibrahim) Pot. et
Kr. - Gr. $\times 50$.

Face proximale d'une spore montrant une marque
trilète et des crêtes arquées très nettes ainsi qu'une
ornementation très dense, en granules sur les sur-
faces de contact, en apicules légèrement recourbés
sur le reste de l'exine.

Origine : Douai, Puits du Midi, veine Emile.

Collection : Lab. Paléobot. Fac. Sc. Lille, sect. Palyn.,
essai n° 351 b1.

FIG. 2. — *Apiculatisporites brevispiculus* (Schopf) Pot.
et Kr. - Gr. $\times 30$.

Fig. 2a : Face proximale d'une spore à exine très
mince couverte de ponctuations sur les surfaces de
contact, et de cônes très petits sur le reste de l'exine.

Fig. 2b : Face distale de la même spore.

Origine : Douai, Puits du Midi, veine n° 6.

Collection : Lab. Paléobot. Fac. Sc. Lille, sect. Palyn.,
essai n° 346 B1.

FIG. 3. — *Acanthisporites pseudogiganteus* nov. sp. -
Gr. $\times 30$.

Face proximale d'une spore de très grande taille
présentant des épines recourbées à leur extrémité
et deux fois plus hautes que larges.

Origine : Douai, Puits du Midi, veine n° 4.

Collection : Lab. Paléobot. Fac. Sc. Lille, sect. Palyn.,
essai n° 353 b1.

FIG. 4. — *Coronatisporites brasserti* (Stach et Zerndt)
Pot. et Kr. - Gr. $\times 30$.

Spore de grande taille, possédant une couronne équa-
toriale plus développée à l'extrémité de chaque
branche de l'Y.

Origine : Douai, Puits du Midi, passée sous la veine
n° 6.

Collection : Lab. Paléobot. Fac. Sc. Lille, sect. Palyn.,
essai n° 347 b1.

FIG. 5 et 6. — *Rotatisporites rotatus* (Bartlett) Pot. et
Kr. - Gr. $\times 50$.

Fig. 5 : Face proximale d'une spore montrant très
bien la position supra-équatoriale de la couronne.

Fig. 6 : Spore montrant un fragment de la couronne
formé de filaments distincts réunis à la périphérie
pour constituer un anneau continu.

Origine : Auchel-Bruay, fosse n° 5, veine Prési-
dente, 3° sillon.

Collection : Lab. Paléobot. Fac. Sc. Lille, sect. Palyn.,
essai n° 614 b1.

FIG. 7. — *Setosisporites hirsutus* (Ibrahim) Pot. et Kr.
Gr. $\times 50$.

Fig. 7a : Face proximale d'une spore présentant un
tubercule important à l'apex, des surfaces de contact
fortement plissées et sur le reste de l'exine des fila-
ments très fins et très denses.

Fig. 7b : Face distale de la même spore, couverte
de filaments.

FIG. 8. — *Cystisporites varius* (Wicher) Dijkstra.
Gr. $\times 50$.

Spore fertile de grande taille, écrasée latéralement.

Origine : Douai, Puits du Midi, passée sous la veine
Hoche.

Collection : Lab. Paléobot. Fac. Sc. Lille, sect. Palyn.,
essai n° 345 b1.

*

**

Toutes les photographies figurant dans ces planches
ont été réalisées par Monsieur Leblanc, au Laboratoire
de Paléobotanique.

Étude palynologique comparative des couches du Westphalien C inférieur dans le groupe d'Auchel-Bruay des H. B. N. P. C.

par S. LOBOZIAK

(1 fig.)

Sommaire. — L'étude comparative par les « mégaspores » de couches appartenant à la partie supérieure et moyenne du faisceau de Six-Sillons dans le groupe d'Auchel-Bruay a permis l'établissement de nombreuses corrélations latérales.

A la suite de l'étude palynologique des niveaux charbonneux accessibles dans les divers puits d'Auchel et de Bruay en vue de l'établissement d'une verticale palynologique moyenne, il a été possible d'effectuer des corrélations, à l'aide de « mégaspores », entre un certain nombre de veines et de passées appartenant à la partie supérieure et moyenne du faisceau de Six-Sillons ou Westphalien C inférieur.

Les résultats présentés ici concernent des couches se répartissant sur une hauteur de 220 m, limitées à la partie supérieure par le tonstein Patrice et provenant des fosses 2 d'Auchel, 3, 4 et 6 de Bruay (*). Ces 4 sièges sont situés sensiblement sur une ligne droite de 6,25 km environ, orientée nord-ouest - sud-est.

La possibilité de réaliser des corrélations repose sur le fait qu'une veine garde sensiblement la même composition sporologique sur une grande étendue et que des veines successives diffèrent entre elles.

A. — Méthodologie

Tous les échantillons ont été étudiés de la même façon ; les recherches portent sur les spores trouvées dans 10 grammes de charbon. Dans chaque

(*) Les échantillons provenant de la fosse 2 d'Auchel ont été étudiés par S. Vigreux (9) et ceux de la fosse 6 de Bruay par J. Carrette (2). Je me reporte dans ce qui suit, aux résultats déjà publiés.

analyse, le nombre d'individus appartenant à un même type de spores est additionné puis exprimé en pourcentage de la somme de tous les exemplaires recueillis ; ce pourcentage est ensuite reporté sur un diagramme de corrélations.

En comparant les divers palynogrammes, il est possible d'établir des relations entre des veines et des passées provenant de deux fosses plus ou moins voisines. Ces comparaisons portent :

— sur la présence ou l'absence d'espèces telles que *Coronatisporites* (= *Zonalesporites*) *brasserti* (STACH et ZERNDT) POT. et KR. ou *Superbisporites dentatus* (ZERNDT) POT. et KR. qui n'apparaissent que dans quelques couches généralement distantes les unes des autres et toujours en grande abondance ;

— sur le pourcentage de présence de spores telles que *Triangulatisporites* POT. et KR. ou *Laevigatisporites reinschi* (IBRAHIM) POT. et KR. ;

— sur les associations de spores et les proportions relatives de chacune d'entre elles ;

— ainsi que sur le cortège des espèces secondaires.

B. — Comparaisons palynologiques

Un certain nombre de comparaisons palynologiques a été réalisé. Ces dernières seront étudiées suivant l'ordre stratigraphique normal, c'est-à-dire de bas en haut.

1) VEINE BONNET D'AUCHEL ET VEINE 26 DE BRUAY.

La première corrélation intéresse les veines Bonnet d'Auchel et 26 de Bruay, caractérisées toutes deux par la présence relativement importante de *C. brasserti* associée à *L. reinschi* et *Triangulatisporites*. En plus de ces spores, ces couches renferment communément 5 autres types qui sont: *Apiculatisporites* (IBRAHIM, non BENNIE et KIDSTON) POT. et KR., *Valvisisporites auritus* ZERNDT, *Setosisporites hirsutus* (LOOSE) IBRAHIM, *Cystisporites* (= *Cystosporites*) *varius* (WICHER) DIJKSTRA et *Cystisporites* (= *Cystosporites*) *giganteus* ZERNDT. Leurs diagrammes palynologiques concordent parfaitement; aussi ont-elles été raccordées.

2) VEINE ST-JEAN D'AUCHEL ET VEINE 25 DE BRUAY.

Le graphique de la veine St-Jean d'Auchel comporte 9 variétés différentes parmi lesquelles *Triangulatisporites*, *Apiculatisporites*, *Superbisporites superbus* (BARTLETT) POT. et KR., *V. auritus*, *Expansisporites* (= *Valvisisporites*) *westphalensis* BHARDWAJ et *S. hirsutus* semblent les plus valables; il est ainsi parfaitement défini. Il trouve son équivalence dans le graphique de la veine 25 de Bruay. La veine St-Jean a été de ce fait mise en corrélation avec cette dernière.

3) VEINE MORICAUD D'AUCHEL ET PASSÉE AU MUR DE LA VEINE 24 DE BRUAY.

Les diagrammes de la veine Moricaud d'Auchel et de la passée au mur de la veine 24 de Bruay, bien que présentant certaines différences notables (*E. westphalensis* trouvée en quantité appréciable à Bruay n'a pas été rencontrée à Auchel, tandis que *L. reinschi* a été plus abondamment recueillie à Auchel), permettent également de conclure à une corrélation latérale. Cette dernière porte sur la présence de 5 types rencontrés dans des proportions sensiblement équivalentes.

	V. Moricaud	Passée sous V. 24
<i>Triangulatisporites</i>	36,5 %	31,1 %
<i>Valvisisporites augustae</i> (LOOSE) POT. et KR.	14,6 %	8,2 %
<i>C. varius</i>	10 %	20 %
<i>S. superbus</i>	8,5 %	2,3 %
<i>V. auritus</i>	3,5 %	10 %

4) PASSÉE AU TOIT DE LA VEINE MORICAUD D'AUCHEL ET VEINE 24 DE BRUAY.

Un raccord palynologique peut également être réalisé entre la passée au toit de la veine Moricaud d'Auchel et la veine 24 de Bruay: les diagrammes correspondant à ces niveaux montrent un pourcentage relativement élevé de *Triangulatisporites* et la présence commune de 6 autres espèces qui sont par ordre d'importance: *E. westphalensis*, *C. varius*, *S. hirsutus*, *V. auritus*, *C. giganteus* et *L. reinschi*.

5) PASSÉE SOUS LA VEINE ST-LOUIS D'AUCHEL ET PASSÉE SOUS LA VEINE 23 DE BRUAY.

De même l'identité des diagrammes des passées sous les veines St-Louis d'Auchel et 23 de Bruay, ne permet aucune contestation quant à la correspondance de ces couches. On y constate en effet l'importance accrue de *Triangulatisporites*, son association à *C. varius*, *C. giganteus* et *L. reinschi* ainsi que l'absence totale d'espèces dites à présence discontinue.

6) VEINE ST-LOUIS D'AUCHEL ET VEINE 23 DE BRUAY.

La comparaison entre les diagrammes des deux sillons de la veine St-Louis d'Auchel et de la veine 23 de Bruay, montre une similitude quasi-parfaite. Ces graphiques sont dominés par *C. brasserti* qui apparaît et disparaît à intervalles plus ou moins réguliers et dont chaque épanouissement constitue un point de comparaison valable; ils possèdent, en outre, 5 espèces communes recueillies dans des proportions presque identiques: *L. reinschi*, *Triangulatisporites*, *Apiculatisporites*, *V. auritus* et *Lagenosporites rugosus* (LOOSE) POT. et KR.:

	St-Louis B	St-Louis A	V. 23 (fosse 3)
<i>C. brasserti</i>	43,5 %	60 %	65,6 %
<i>L. reinschi</i>	22 %	17 %	9,4 %
<i>Triangulatisporites</i>	20,7 %	18,5 %	14,1 %
<i>Apiculatisporites</i>	2,8 %	0,4 %	0,9 %
<i>V. auritus</i>	1,5 %	0,4 %	2,2 %
<i>L. rugosus</i>	0,8 %	0,4 %	0,5 %

Ces mêmes particularités se remarquent dans le graphique correspondant à la seconde passée sous la veine 22 à la fosse 4 de Bruay. Il semble donc que les deux sillons de la veine St-Louis se rejoignent à la fosse 3 de Bruay, mais se séparent à nouveau à la fosse 4.

Par contre, les diagrammes de la 3^e passée sous la veine 22 à la fosse 3 de Bruay et de la 1^{re} passée à la fosse 4, bien marqués par la présence importante de *Triangulatisporites* et l'absence de *C. brasserti* par ailleurs abondante dans les couches immédiatement inférieures et supérieures, ne peuvent être assimilés à aucun d'Auchel.

7) VEINE STE-BARBE D'AUCHEL ET VEINE 22 DE BRUAY.

Les graphiques des veines Ste-Barbe d'Auchel et 22 de Bruay montrent une grande abondance de *C. brasserti*. Ils dévoilent en outre l'existence de 5 autres types rencontrés dans des proportions égales mais modestes : *S. dentatus*, *Triangulatisporites*, *L. reinschi*, *Apiculatisporites* et *L. rugosus*. Aussi ces deux veines ont-elles été reliées avec certitude.

	V. Ste-Barbe	V. 22 (fosse 3)
<i>C. brasserti</i>	76,8 %	73,4 %
<i>S. dentatus</i>	10 %	3,4 %
<i>Triangulatisporites</i>	4,4 %	5,6 %
<i>L. reinschi</i>	2,3 %	0,6 %
<i>Apiculatisporites</i>	traces	7,1 %
<i>L. rugosus</i>	»	5,9 %

Ces mêmes données micropaléobotaniques se retrouvent dans les graphiques appartenant aux première et deuxième passées sous la veine 22 de la fosse 3 qui se rejoignent d'ailleurs à la fosse 4 où elles s'accroissent à la partie inférieure de la veine 22.

8) PASSÉES SOUS LA VEINE CAVAIGNEAUX D'AUCHEL ET 21 DE BRUAY.

Les caractères palynologiques de la 2^e passée sous la veine Cavaigneaux d'Auchel et sous la veine 21 de la fosse 3 de Bruay peuvent être résumés comme suit : pourcentage élevé de *Triangulatisporites* et *L. reinschi*, présence commune quoique relativement faible de *V. auritus*, *E. westphalensis*, *C. giganteus*, et absence totale de l'espèce dominante dans les niveaux immédiatement inférieurs. Aussi a-t-il été relativement aisé de mettre en corrélation ces deux passées.

La seconde passée sous la veine 21 de la fosse 3 est formée de deux sillons. Une similitude, portant sur la présence commune de 6 types recueillis dans des proportions sensiblement identiques, a été établie entre le diagramme du sillon supérieur et celui

de la passée au toit de la veine 22 à la fosse 4 (toutefois *E. westphalensis* a été rencontrée en plus grande abondance à la fosse 4).

	fosse 3	fosse 4
<i>Triangulatisporites</i>	18,8 %	17,5 %
<i>L. reinschi</i>	15,1 %	10,6 %
<i>Apiculatisporites</i>	15,1 %	4,3 %
<i>E. westphalensis</i>	11,5 %	45 %
<i>V. auritus</i>	7,8 %	6,8 %
<i>C. giganteus</i>	7,8 %	1,8 %

De même, une ressemblance aussi parfaite a été remarquée entre les graphiques du sillon supérieur et de la 2^e passée sous la veine 21 à la fosse 4. En effet, ces derniers montrent 5 espèces communes, très nettement dominées par *L. reinschi*.

	fosse 3	fosse 4
<i>L. reinschi</i>	42,2 %	60,9 %
<i>Triangulatisporites</i>	31,1 %	21 %
<i>C. giganteus</i>	8,8 %	3,1 %
<i>Valvisporites flavus</i> (STACH et ZERNDT) POT. et KR. ...	4,4 %	1,5 %
<i>V. augustae</i>	2,2 %	0,7 %

La corrélation suivante porte sur la première passée au mur de la veine Cavaigneaux et celle au mur de la veine 21, marquées toutes deux par la présence relativement élevée de *C. giganteus* et l'existence du complexe régulièrement rencontré depuis quelques niveaux : *Triangulatisporites*, *L. reinschi* et *Apiculatisporites*.

9) VEINE CAVAIGNEAUX D'AUCHEL ET VEINE 21 DE BRUAY.

La veine Cavaigneaux et la veine 21 possèdent des caractères qui nous permettent de les mettre en corrélation de façon certaine, en se basant sur les pourcentages sensiblement identiques de *Triangulatisporites* et *L. reinschi*, sur la présence de *S. superbis* ainsi que sur les faibles proportions d'*Apiculatisporites*. Toutefois, *V. flavus*, *V. auritus* et *C. giganteus* faiblement recueillies à Bruay, n'ont pas été rencontrées à Auchel.

A la veine Cavaigneaux se rattachent également le flet sur la veine 21 et la passée au mur de la veine 22 de la fosse 3 de Bruay. Ces deux couches, qui montrent les mêmes espèces que la veine sous-jacente, se regroupent d'ailleurs à la fosse 4.

10) VEINE DÉSIRÉE D'AUCHEL ET VEINE 20 DE BRUAY.

Cette facilité de corrélation se manifeste encore entre la veine Désirée et la veine 20. Les diagrammes de ces couches comportent deux caractères communs et dominants : la très forte importance de *S. dentatus* et la présence dans des proportions similaires de 4 autres types de spores : *Triangulatisporites*, *L. reinschi*, *V. auritus* et *C. giganteus*.

	V. Désirée	V. 20 (fosse 3)
<i>S. dentatus</i>	53,6 %	53,3 %
<i>Triangulatisporites</i>	22 %	4 %
<i>L. reinschi</i>	6,4 %	22,6 %
<i>V. auritus</i>	2,5 %	4 %
<i>C. giganteus</i>	0,8 %	1,3 %

11) VEINE PHILIPPE D'AUCHEL, VEINES 19 TER, 19 BIS, 19 ET PASSÉES AU MUR DE LA VEINE 18-18 BIS DE BRUAY.

Le raccord palynologique supérieur est aussi évident. Il intéresse le sillon B de la veine Philippe et les veines 19 ter, 19 bis et 19. Les diagrammes de ces 4 niveaux sont différents de ceux des veines sous-jacentes ; ils sont marqués par l'association de 3 types de spores qui sont : *Triangulatisporites* dont le pourcentage oscille entre 20 et 35 %, *Apiculatisporites* et *L. reinschi*. A ces spores s'ajoutent : *S. superbus*, *V. auritus*, *E. westphalensis*, *C. varius* et *C. giganteus* recueillies dans des proportions moindres mais néanmoins intéressantes.

Si la concordance sporologique entre le sillon A de la veine Philippe et les 3 passées au mur de la veine 18-18 bis n'est pas aussi parfaite que la précédente, elle peut toutefois se justifier par la présence partagée et commune dans ces niveaux de *L. reinschi*, *Triangulatisporites*, *Apiculatisporites*, *V. auritus* et *C. giganteus* (le graphique de la première passée sous la veine 18-18 bis ne montre cependant pas ces deux dernières espèces, lesquelles sont remplacées par *S. superbus*).

Etant donné que les diagrammes des deux sillons de la veine Philippe, des veines 19 ter, 19 bis, 19 et des passées au mur de la veine 18-18 bis ont beaucoup de points communs, il serait judicieux de penser que toutes ces couches appartiennent à une seule et même veine et que les mouvements de subsidence ont été beaucoup plus nombreux à l'est où l'on trouve six couches qu'à l'ouest où il n'y en a que deux.

12) VEINES CÉLINE ET ALBRAQUE D'AUCHEL ET VEINE 18-18 BIS DE BRUAY.

Par contre, si les diagrammes des veines Céline d'Auchel et 18-18 bis de Bruay sont analogues, ils montrent des compositions palynologiques différentes de celles des couches qui leur sont inférieures et marquées par une nouvelle et forte réapparition de *C. brasserti* à laquelle s'adjoignent : *L. reinschi*, *Apiculatisporites*, *Triangulatisporites*, *V. auritus* et *C. varius*. Aussi ces deux veines ont-elles été raccordées. De plus, la veine Albraque d'Auchel, présentant les mêmes caractères micropaléobotaniques, peut également être mise sur le même horizon stratigraphique. Les veines Albraque et Céline se seraient donc accolées à Bruay.

13) VEINE DURE-VEINE D'AUCHEL ET VEINE 17 TER DE BRUAY.

Une corrélation simple a été mise en évidence entre la veine Dure-Veine d'Auchel et la veine 17 ter de la fosse 3 de Bruay, caractérisées par une nette dominance de *Triangulatisporites* qui passe à nouveau par un maximum : 40 à 50 %, le complexe *V. flavus*, *V. auritus*, *L. rugosus* et l'absence totale d'espèces dites à présence discontinue, abondantes dans les niveaux immédiatement inférieurs et supérieurs.

La veine 17 ter de la fosse 6, par contre, ne peut être mise sur le même horizon stratigraphique. Son diagramme, sur lequel figure dans des proportions importantes *S. dentatus*, présente toutefois quelques analogies avec celui du sillon supérieur de la veine 17 ter de la fosse 3. Il apparaît donc que la veine appelée 17 ter à la fosse 6 ne correspond qu'à la partie supérieure de la veine portant le même numéro à la fosse 3. La partie inférieure de cette dernière, ne pouvant être reliée à aucune autre couche de la fosse 4, se terminerait en lentille.

La veine Antoinette d'Auchel, située entre les veines Dure-Veine et Rosalie, n'a pas été prélevée. Son étude palynologique nous aurait sans doute permis de la raccorder à la veine 17 bis de Bruay à laquelle nous n'avons trouvé aucune autre équivalence.

14) VEINE ROSALIE D'AUCHEL ET VEINE 17 DE BRUAY.

La dernière corrélation ici établie, porte sur les veines Rosalie d'Auchel et 17 de Bruay dominées par la très nette abondance de *Setosisporites pseudotenuispinosus* PIÉRART qui caractérise parfaitement les rares niveaux dans lesquels on la rencontre.

C. — Discussion

Avant que ne furent entrepris les essais de corrélation par les « mégaspores » de cette partie supérieure et moyenne du Westphalien C inférieur dans le groupe d'Auchel-Bruay, une étude comparative par les « microspores » avait été réalisée (4). Cette dernière avait permis de conclure à une correspondance parfaite entre un grand nombre de niveaux ; toutefois, certaines corrélations étaient demeurées incertaines car si la totalité des veines à grande ouverture avait alors été prélevée, il n'en avait pas été de même pour les nombreuses passées intermédiaires qui faisaient surtout défaut à Bruay.

Depuis, des prélèvements systématiques et complets ont été effectués aux fosses 3 et 4 de Bruay, ce qui nous a donné la possibilité de confirmer plusieurs résultats jusqu'alors établis, d'apporter quelques précisions à des corrélations jugées vraisemblables mais aussi de réfuter certaines autres.

Les corrélations certaines par les « microspores » se trouvant justifiées par les spores de plus grande taille et sur lesquelles nous ne reviendrons pas, concernent :

- la veine St-Jean d'Auchel et la veine 25 de Bruay ;
- la veine St-Louis d'Auchel et la veine 23 de Bruay ;
- la veine Ste-Barbe d'Auchel et la veine 22 de Bruay ;
- la veine Cavaigneaux d'Auchel, la veine 21 et la passée sous la veine 20 de Bruay ;
- la veine Désirée d'Auchel et la veine 20 de Bruay ;
- la veine Dure-Veine d'Auchel et la veine 17 ter de Bruay ;
- la veine Rosalie d'Auchel et la veine 17 de Bruay ;

Duchemin-Cayeux (4) n'avait pu mettre en corrélation la passée au mur de la veine Cavaigneaux d'Auchel avec une couche de Bruay et émettait l'hypothèse d'un raccord possible à une passée située sous la veine 21. L'étude des prélèvements complémentaires pratiqués dans la zone de terrain comprise entre les veines 21 et 22, a permis de vérifier cette hypothèse. En fait, les passées au mur de Cavaigneaux à la fosse 2 d'Auchel sont au

nombre de deux et correspondent parfaitement à celles situées au mur de la veine 21 de Bruay.

La seconde précision apportée ici concerne le sillon supérieur de la veine Philippe. Ce dernier, précédemment relié à la veine 19, correspondrait plutôt aux passées nouvellement prélevées sous la veine 18-18 bis à la fosse 3 de Bruay. Il est probable que les deux sillons de la veine Philippe, de composition palynologique sensiblement équivalente tant au point de vue « mégaspores » que « microspores », appartiennent à un même horizon stratigraphique dans lequel s'intègrent toutes les couches disposées entre les veines 20 et 18-18 bis de Bruay.

La dernière précision intéresse la veine Céline dont la composition en « mégaspores » laisse supposer qu'elle s'apparente à la veine Albraque située légèrement au-dessus dans la série stratigraphique, confirmant ainsi les résultats obtenus à l'aide de « microspores ». Ces deux veines s'accolent d'ailleurs vers l'est pour donner une seule couche : la veine 18-18 bis.

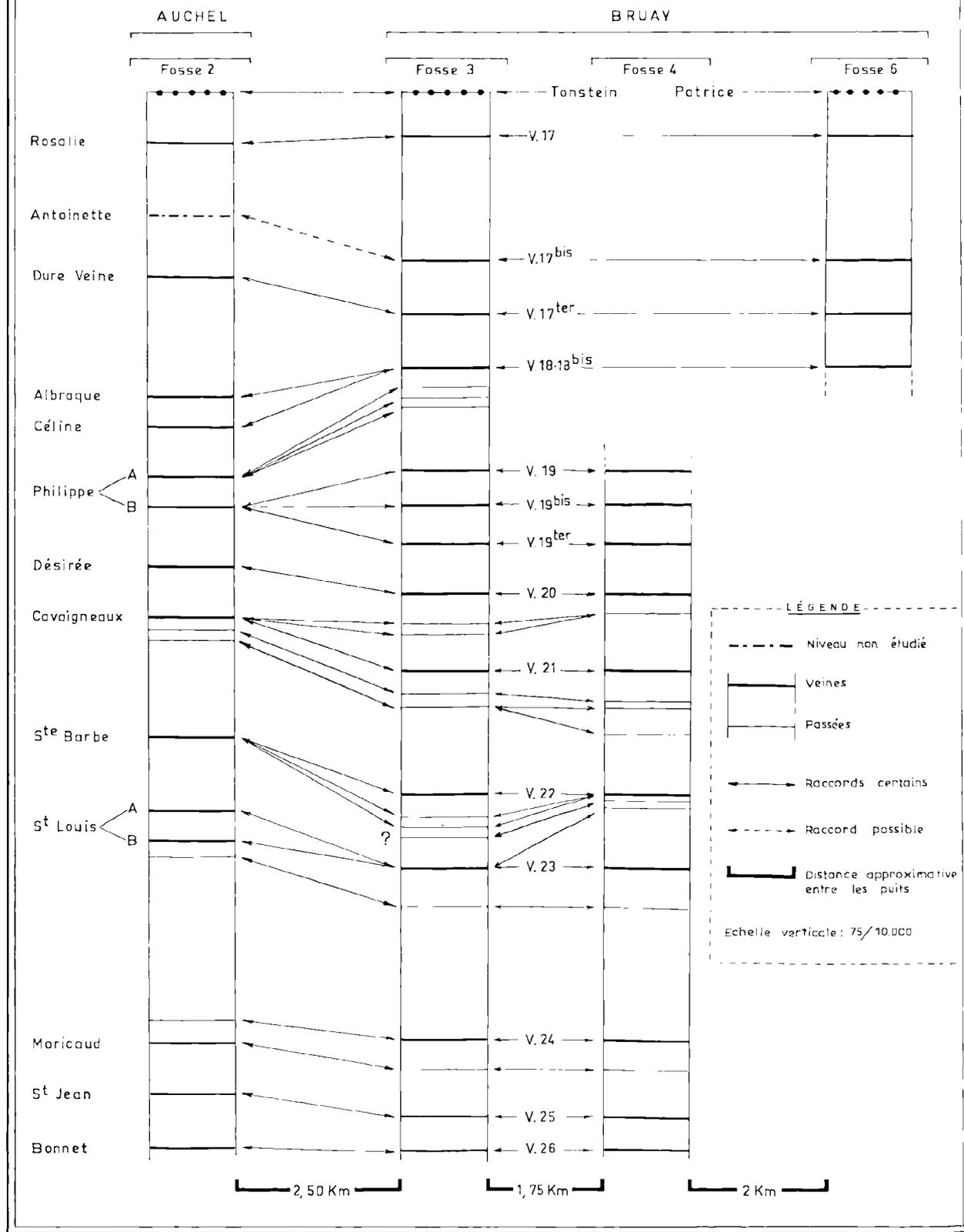
Trois liaisons palynologiques formulées antérieurement et classées dans les corrélations incertaines ne peuvent se justifier par ces nouvelles études.

Si le diagramme de « mégaspores » de la veine St-Jean correspond parfaitement à celui de la veine 25, il diffère totalement de celui de la veine 26 qui présente un pourcentage important de *C. brasserti*, laquelle est également trouvée en abondance dans la veine Bonnet. L'homogénéité de niveau entre les veines Bonnet d'Auchel et 26 de Bruay ne fait par ailleurs aucun doute.

De même, le sillon inférieur de la veine St-Louis possède une composition en « mégaspores » très différente de celles de la veine 24 et de la passée au mur de la veine 23 et ne peut par conséquent leur être rattaché. Ceci confirme les résultats acquis par les travaux du fond, qui ont montré l'existence d'un banc de grès continu et situé sous les passées au mur des veines St-Louis et 23, ainsi que les nouvelles corrélations mises en évidence entre la passée sous la veine St-Louis et celle sous la veine 23 d'une part, et la passée au toit de la veine Moricaud et de la veine 24 d'autre part.

Enfin, la veine 17 bis de Bruay, nettement individualisée par une grande abondance de *S. dentatus*, ne peut en aucune façon être mise en corrélation avec la veine Dure-Veine d'Auchel. Il est probable qu'elle correspond à la veine Antoinette jusqu'à présent non encore étudiée.

CORRESPONDANCES PALYNOLOGIQUES



D. — Conclusions

L'étude comparative par les « mégaspores » des couches de la partie supérieure et moyenne du Westphalien C inférieur dans le groupe d'Auchel-Bruay, a permis d'aboutir à un certain nombre de raccords de niveaux.

Faisant suite à des essais de corrélation antérieurs basés sur les « microspores », cette étude a non seulement donné la possibilité de vérifier des résultats précédemment établis et d'apporter quelques précisions à des liaisons demeurées incertaines, mais également de découvrir des homogénéités de terrain jusqu'ici ignorées à la suite de prélèvements incomplets.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

- 1) ALPERN B. (1959). — Contribution à l'étude palynologique et pétrographique des charbons français. Thèse d'Etat, Paris.
- 2) CARETTE J. (1960). — Etude des mégaspores de l'assise de Bruay à Bruay. Dipl. étud. sup., Fac. des Sc., Lille.
- 3) DIJKSTRA S.J. (1946). — Eine monographische Bearbeitung der Karbonischen Megasporen. *Mededeel. Geol. Stichting*, Serie C. 111 1, n° 1.
- 4) DUCHEMIN-CAYEUX J. (1961). — Etude des microspores du Westphalien C inférieur dans les groupes d'Auchel et de Bruay. Thèse de 3^e cycle, Lille.
- 5) LE MERRER A. (1959). — Recherche et étude des mégaspores de la partie inférieure de l'assise de Bruay. Dipl. étud. sup., Fac. des Sc., Lille.
- 6) LOBOZIAK S. (1962). — Etude palynologique des environs du niveau marin de Rimbert et du faisceau de Six-Sillons dans le groupe d'Auchel-Bruay. Corrélations stratigraphiques. Thèse de 3^e cycle, Lille.
- 7) PIÉRART P. (1958). — Palynologie et stratigraphie de la zone du Neeroeteren (Westphalien C supérieur) en Campine belge. *Publ. Ass. Etud. Paleont. Strat. Carb.*, n° 30.
- 8) POTONIE R. et KREMP G. (1955). — Die *spora dispersae* des Ruhrkarbons. *Palaeontographica*, Bd 98, Abt. B, Teil I, II, III.
- 9) VIGREUX S. (1961). — Inventaire des mégaspores du Westphalien C inférieur dans le groupe d'Auchel. Interprétations stratigraphiques. Thèse de 3^e cycle, Lille.
- 10) ZERNDT J. (1934). — Les mégaspores du bassin houiller polonais, 1^{re} partie. *Bull. de l'Acad. Pol. des Sc. et des Lettres*, Trav. Geol. n° 1.
- 11) ZERNDT J. (1937). — Les mégaspores du bassin houiller polonais, 2^e partie. *Bull. de l'Acad. Pol. des Sc. et des Lettres*, Trav. Geol. n° 2.

— » 0 « —

Etude palynologique d'une argile provenant de la limite Lias-Dogger, dans un sondage à Boulogne-sur-Mer

par J. DANZÉ et J.P. LAVEINE

(4 Pl.)

Sommaire : L'examen d'une carotte du sondage APO 1 bis de Boulogne-sur-Mer a permis de mettre en évidence l'existence de nombreuses nouvelles espèces de sporomorphes.

I. — Caractéristiques des échantillons

Les fragments que nous avons traités nous ont été aimablement communiqués par MM. A. Bonte, Professeur de Géologie appliquée à la Faculté des Sciences de Lille, que nous tenons à remercier ici pour tout l'intérêt qu'il veut bien témoigner à nos recherches.

Ces prélèvements proviennent d'un sondage effectué à Boulogne-sur-Mer en 1960, répertorié APO 1 bis, et ils correspondent à une colonne haute d'environ 2 m, sise à — 297 m par rapport à la surface du sol.

Les échantillons étudiés consistent en une argile gris clair, pyriteuse, finement micacée, avec de petits lits sableux ou gréseux et ne présentant aucune trace de calcaire. Cette argile est très homogène du point de vue palynologique et les spécimens que nous avons systématiquement recueillis tous les décimètres nous ont donné des résultats pratiquement identiques sur toute la hauteur de la couche.

II. — Mode d'extraction des spores

Chaque échantillon fractionnaire a été divisé en deux parts :

— dix grammes de roche ont été traités successivement par l'acide fluorhydrique, par l'acide chlorhydrique concentré à chaud, par la liqueur de Schulze et la potasse à 5 %, toutes ces opérations étant séparées par des lavages à l'eau, opérés par centrifugation. Les spores de petite taille ou « microspores » obtenues par ce procédé ont été montées dans la glycérine gélatinée ;

— cent grammes du même échantillon ont été placés dans des récipients en polyéthylène et recouverts d'une solution de polyphosphate (Giltex) à 5 % pendant deux à trois jours. Une fois réalisée la mise en suspension de l'argile, le mélange a été passé sur un tamis à mailles de 180 μ et les restes argileux ont été éliminés sous un mince filet de Giltex puis le résidu a été lavé à l'eau distillée. On a ainsi obtenu sur tamis des spores de grande taille ou « mégaspores » ainsi que des restes organiques, des paillettes de mica, des grains de quartz et des cristaux de pyrite. Ces spores ont été triées sous la loupe binoculaire et les plus représentatives ont été montées dans des « lames à cuvette ».

III. — Description des spores rencontrées (*)

Groupe SPORITES H. POTONIE 1893

Division ALETES IBRAHIM 1933

Subdivision AZONALETES (LUBER 1935)

POT. et KREMP 1954

Genre *GRANULATASPORITES* LESCHIK 1955
Génotype : *Granulatasporites ovaloides* LESCHIK 1955 (17, p. 29, Pl. 3, fig. 19).

Granulatasporites granifer LESCHIK 1955
Pl. XIII, fig. 1

[Holotype : Leschik 1955 (17, p. 30, Pl. 3, fig. 23)].

Localité : Boulogne-sur-Mer.

Origine : Sondage APO 1 bis, 297 m - 297,90 m.

(*) Remarque préliminaire : Au cours de cet exposé, nous suivrons la classification des spores et pollens du Carbonifère au Lias établie en 1962 par P. Corsin, J. Carette, J. Danzé et J.P. Laveine (5) en adaptant si nécessaire la terminologie au sens défini dans cette même publication.

DESCRIPTION : C'est une spore ovoïde sans aucune marque de déhiscence visible. L'exine est relativement épaisse, unistratifiée et porte de nombreux granules de petite taille. Le diamètre moyen de la spore est de 35 μ .

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES : Alpern (1) en 1957 a créé le genre *Granasporites* pour des spores carbonifères sans marque de déhiscence et avec une ornementation formée de granules épars. Il signale d'ailleurs qu'il voulait appeler ces spores *Granulatasporites* mais que le terme ayant déjà été employé, il avait dû créer le genre *Granasporites*. Nous pensons que le seul fait que les unes aient été trouvées dans le Trias et les autres dans le Carbonifère supérieur est insuffisant pour conserver deux noms de genre pour des spores très voisines et nous avons par conséquent conservé uniquement le genre *Granulatasporites* LESCHIK qui est le plus ancien.

FRÉQUENCE : faible.

EXTENSION STRATIGRAPHIQUE : Trias - Dogger inférieur.

APPARTENANCE BOTANIQUE : inconnue.

Division TRILETES (REINSCH 1881)
Pot. et KREMP 1954

Subdivision AZONOTRILETES LUBER 1935

Série LAEVIGATI (BENNIE et KIDSTON 1886)
R. POT. 1956

Genre LAEVIGATISPORITES (IBRAHIM 1933)
Pot. et KREMP 1954

Génotype : *Laevigatisporites primus* (Wicker) Pot. et Kremp = *Triletes* I Bennie et Kidston, 1886 (3, Pl. 3, fig. 1a et 1b).

Laevigatisporites (al. *Triletes*) *ignobilis*
(DIJKSTRA 1937) nov. comb.

Pl. XV, fig. 2, 3a, 3b, 4 et 5

[Holotype : Dijkstra 1957, in Dijkstra et Piérart (10, p. 7, Pl. I, fig. 13)].

Localité : Boulogne-sur-Mer.

Origine : Sondage APO 1 bis, 297 - 297,90 m.

DESCRIPTION : Ces spores ovoïdes sont aplaties dans le sens proximo-distal. La marque Y est nette, les branches de l'Y, larges de 30 μ et hautes de 20 μ , sont plus ou moins rectilignes et atteignent, ou presque, l'équateur. Il n'y a pas de crêtes arquées visibles. L'exine, de teinte brun-noir, est lisse ou infraopaculée. Le diamètre de ces spores varie autour de 310 μ .

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES : Les spores figurées par Dijkstra proviennent du Carbonifère inférieur, mais les spécimens que nous avons rencontrés ici leur étant absolument identiques, il nous a semblé préférable de les ranger dans cette espèce malgré l'éloignement stratigraphique des deux origines.

FRÉQUENCE : peu abondante.

EXTENSION STRATIGRAPHIQUE : Carbonifère - Dogger.

APPARTENANCE BOTANIQUE : inconnue.

Laevigatisporites tricallosus YASHIMAN et ERGÖNÜL
1959

Pl. XV, fig. 6a, 6b et 7

[Holotype : Yashiman et Ergönül 1959 (35, p. 96, Pl. 3, fig. 21)].

Localité : Boulogne-sur-Mer.

Origine : Sondage APO 1 bis, 297 - 297,90 m.

DESCRIPTION : Ces spores aplaties dans le sens distal sont sub-triangulaires avec des angles bien marqués. Les branches de l'Y sont plus ou moins rectilignes, épaisses et hautes d'environ 20 μ ; elles s'élargissent légèrement à leur extrémité tout en s'aplatissant. Dans chaque inter-radius s'élève une protubérance de forme triangulaire. L'exine, de teinte brune, est trop finement granuleuse pour déterminer une véritable ornementation externe. Le diamètre varie entre 200 et 260 μ .

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES : Nos échantillons ne diffèrent de l'espèce de Yashiman et Ergönül (35) que par la teinte brune de l'exine mais ceci est sans doute dû aux conditions différentes de fossilisation.

FRÉQUENCE : assez abondante.

EXTENSION STRATIGRAPHIQUE : Permien - Dogger.

APPARTENANCE BOTANIQUE : inconnue.

Genre UNDULATISPORITES PFLUG 1953

Génotype : *Undulatisporites microcutis* Pflug, in Thomson et Pflug, 1953 (34, p. 52, fig. 81).

Undulatisporites major nov. sp.

Pl. XIII, fig. 2 et 3

Holotype : Pl. I, fig. 3.

Localité : Boulogne-sur-Mer.

Origine : sondage APO 1 bis, 297 m.

DIAGNOSE : « Spores triangulaires à côtés rectilignes, légèrement convexes ou concaves. Marque en Y nette, présentant de légères ondulations et atteignant l'équateur. Exine de teinte brune, épaisse d'environ 1 à 2 μ et caractérisée par la présence

d'une structure interne sous forme de craquelures plus ou moins dispersées. Taille voisine de 40μ ».

DESCRIPTION : Ces spores peuvent présenter des replis de l'exine au niveau des sommets mais tous les intermédiaires existent entre une forme simple telle que celle de la fig. 2, Pl. XIII, et des spores avec des replis aux trois angles.

FRÉQUENCE : peu abondante.

EXTENSION STRATIGRAPHIQUE : Lias - Dogger.

APPARTENANCE BOTANIQUE : peut-être Gleicheniacées.

Genre *DELTOIDISPORITES* (al. *Deltoidospora* MINER 1935) DANZÉ-CORSIN et LAVEINE 1963

Génotype : *Deltoidisporites* (al. *Deltoidospora*) *lallii* MINER 1935 (18, p. 618, Pl. 24, fig. 7).

Deltoidisporites (al. *Leiotrilètes*) *pseudomesozoicus* (KRUTZSCH 1959) nov. comb.

Pl. XIII, fig. 4 à 10

[Holotype : Thiergart 1949 (33, Pl. 2, fig. 28)].

Localité : Boulogne-sur-Mer.

Origine : Sondage APO 1 bis, 297 m.

DESCRIPTION : Ce sont des spores trilètes, triangulaires, à côtés rectilignes à sub-circulaires. La marque en Y est nette ; les branches sont rectilignes et atteignent au moins les $3/4$ du rayon de la spore. L'exine est lisse, épaisse de 2 à 4μ . La taille varie entre 55 et 70μ .

REMARQUE : Ces spores sont très souvent polymorphes et certaines d'entre elles auraient pu être rattachées à des espèces différentes de *D. pseudomesozoicus* si on les avait découvertes à l'état de « spora dispersa ». Mais en fait, ces types ont été trouvés « in situ » et il est donc normal de les grouper sous le même nom spécifique.

FRÉQUENCE : abondante.

EXTENSION STRATIGRAPHIQUE : Jurassique.

APPARTENANCE BOTANIQUE : peut-être Gleicheniacées (ou Loxosomacées).

Microsporangie

Pl. XV, fig. 1

En plus des spores et pollens franchement caractérisés, l'argile étudiée a fourni des micro-organismes que nous avons assimilés à des microsporangies. C'est un de ceux-là qui est figuré en 1, Pl. XV.

DESCRIPTION : De forme globulaire à ovale, ces microsporangies semblent très faiblement pédicellés ; l'absence d'éléments feuillus fertiles montrant des fructifications complètes ne permet pas toutefois de déterminer de façon précise le mode d'insertion de ces microsporangies. Ils portent un anneau complet, constitué par une seule rangée de cellules, allongées transversalement, à parois fortement épaissies. On le vérifie d'ailleurs très aisément sur la fig. 1, Pl. XV où elles sont vues de côté et forment un important relief en dents de scie très net sur le pourtour de l'échantillon. L'anneau est très peu incliné sur l'axe proximo-distal (de l'ordre de 30 à 40°). Les dimensions moyennes varient entre 300 et 500μ pour l'axe proximo-distal et 200 à 300μ pour le diamètre équatorial. Les parois des cellules de l'anneau sont hautes d'environ 30μ .

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES : L'aspect présenté par ces micro-organismes est totalement particulier et il ne peut être rapproché avec certitude d'aucun microsporangie provenant de végétaux actuels. Il existe cependant une certaine ressemblance entre ces organes et ceux des Gleicheniacées récentes, mais il faut retenir l'assez grande ressemblance d'avec les Loxosomacées carbonifères et les Hymenophyllacées jurassiques.

FRÉQUENCE : assez abondante.

EXTENSION STRATIGRAPHIQUE : inconnue.

APPARTENANCE BOTANIQUE : Fougères leptosporangiées, vraisemblablement base d'un phyllem ayant abouti aux Gleicheniacées ou Loxosomacées. D'autre part, il semble certain que les spores du type *Deltoidisporites* soient en rapport direct avec cette forme de microsporangie.

Série GRANULATI DYBOVA et JACKOWICZ 1957

Incertae sedis

Pl. XV, fig. 8a et 8b

Localité : Boulogne-sur-Mer.

Origine : Sondage APO 1 bis, 297 m.

DESCRIPTION : Cette spore, aplatie dans le sens proximo-distal est ovale à arrondie. La marque trilète est nette, irrégulière, avec des branches flexueuses et un apex plus ou moins contourné. L'ornementation, difficile à définir, ne consiste pas à proprement parler en granules, mais en petites protubérances grêles pouvant se recourber à leur extrémité et donnant finalement à l'ensemble une allure finement granuleuse. Le diamètre atteint 320μ .

REMARQUE : Il est possible que cette spore constitue une forme anormale du genre *Circularesporites* nov. gen. dont nous parlons plus loin.

FRÉQUENCE : un seul exemplaire.

Genre *MAEXISPORITES* R. POT. 1956

Génotype : *Maexisporites* (al. *Triletes*) *soldanellus* DIJKSTRA 1951 (9, p. 10, Pl. 2, fig. 17).

Maexisporites tectundulus nov. sp.

Pl. XV, fig. 9a, 9b, 10a, 10b

Holotype : Pl. XV, fig. 10a et 10b.

Localité : Boulogne-sur-Mer.

Origine : Sondage APO 1 bis, 297 m.

DIAGNOSE : « Spore ronde avec crête en Y nette atteignant au moins les 2/3 du rayon. Tectums très minces ($10\ \mu$), hauts de $20\ \mu$ et au parcours généralement rectiligne bien que finement plissotés. Exine épaisse, de teinte brune, presque noire, finement granuleuse. Ornementation légèrement plus forte sur les surfaces de contact. Crêtes arquées non visibles ; diamètre compris entre 280 et $460\ \mu$ (moyenne d'environ $420\ \mu$) ».

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES : Cette espèce se distingue nettement des autres appartenant au même genre par son habitus plus arrondi et surtout par l'allure plissée ou quelquefois ondulée de l'Y.

FRÉQUENCE : assez abondante.

EXTENSION STRATIGRAPHIQUE : Lias - Dogger.

APPARTENANCE BOTANIQUE : inconnue.

Série VERRUCATI DYBOVA et JACKOWICZ 1957

Genre *VERRETICULISPORITES*

(al. *Verreticulisporis* KRUTZSCH 1959) nov. comb.

Génotype : *Verreticulisporites* (al. *Verreticulisporis*) *co- verrucosus* KRUTZSCH 1959 (16, p. 138, Pl. 24, fig. 265-267).

Verreticulisporites giganteus nov. sp.

Pl. XIII, fig. 11, 12 et 13

Holotype : Pl. XIII, fig. 11.

Localité : Boulogne-sur-Mer.

Origine : Sondage APO 1 bis, 297 m.

DIAGNOSE : « Spores subtriangulaires arrondies. Marque en Y toujours très nette, avec des branches bordées de lèvres épaisses, atteignant au moins les 3/4 du rayon de la spore, souvent bifurquées à leur extrémité. Exine épaisse d'environ $6\ \mu$, ornée de verrues arrondies atteignant à peine $1\ \mu$ de haut.

Surfaces de contact portant une ornementation moins dense. Taille comprise entre 80 et $105\ \mu$ (moyenne : $95\ \mu$) ».

FRÉQUENCE : assez abondante.

EXTENSION STRATIGRAPHIQUE : limite Lias-Dogger.

APPARTENANCE BOTANIQUE : inconnue.

Genre *LEPTOLEPIDISPORITES*

(al. *Leptolepidites* COUPER 1953) nov. comb.

Génotype : *Leptolepidisporites* (al. *Leptolepidites*) *verrucatus* COUPER 1953 (6, p. 28, Pl. 2, fig. 14).

Leptolepidisporites verrucatus COUPER 1953

Pl. XIII, fig. 14, 15, 16, 17 et 18

[Holotype : Couper 1953 (6, p. 28, Pl. 2, fig. 14)].

Localité : Boulogne-sur-Mer.

Origine : Sondage APO 1 bis, 297 m.

DESCRIPTION : Ces spores sont triangulaires avec parfois des côtés légèrement convexes. Y souvent net avec des branches plus ou moins flexueuses qui atteignent ou presque l'équateur. L'ornementation consiste en verrues très fortes (3 à $5\ \mu$) en général plus importantes du côté distal et au niveau de l'équateur. La taille varie entre 21 et $33\ \mu$.

FRÉQUENCE : assez faible.

EXTENSION STRATIGRAPHIQUE : Jurassique - Tertiaire.

APPARTENANCE BOTANIQUE : inconnue.

Série APICULATI BENNIE et KIDSTON 1886

Genre *APICULATISPORITES* IBRAHIM 1933

Génotype : *Apiculatisporites aculeatus* IBRAHIM 1933 (in Pot. et Kremp 1955, Pl. 14, fig. 235, d'après l'original de Ibrahim).

Apiculatisporites cf. *spiniger* LESCHIK 1955

Pl. XIII, fig. 19

Localité : Boulogne-sur-Mer.

Origine : Sondage APO 1 bis, 297 m.

DESCRIPTION : Cette spore est ovoïde-arrondie. La marque en Y, très fine, est peu visible, les branches atteignant les 3/4 du rayon de la spore. L'exine est ornée d'apicules de 2 à $3\ \mu$ de haut, pointus et relativement peu denses (5 apicules sur une distance de $15\ \mu$). La taille atteint $45\ \mu$.

FRÉQUENCE : un seul exemplaire.

EXTENSION STRATIGRAPHIQUE : Trias - Dogger.

APPARTENANCE BOTANIQUE : inconnue.

Tétrade

Pl. XIII, fig. 20

Localité : Boulogne-sur-Mer.

Origine : Sondage APO 1 bis, 297 m.

DESCRIPTION : Il est difficile de bien définir l'allure des spores composant cette tétrade. Seule, l'ornementation distale est nette, formée d'épines longues de 5 à 8 μ et bi- ou trifurquées à leur extrémité, ce qui nous a conduits à rapprocher cet ensemble de la série des *Apiculati*. Les dimensions sont de l'ordre de 60 μ pour la totalité de la tétrade.

FRÉQUENCE : un seul exemplaire.

Série MURORNATI POTONIÉ et KREMP 1954

Genre *STRIATRISPORITES*

(al. *Striatriletes* VAN DER HAMMEN 1954) nov. comb.

Génotype : *Striatrisporites* (al. *Triletes*) *sulcatus* DIJKSTRA 1951 (9, p. 11, Pl. 2, fig. 3).

Striatrisporites microreticulatus nov. sp.

Pl. XV, fig. 11a, 11b, 12a, 12b, 13a, 13b, 14a, 14b, 15a et 15b

Holotype : Pl. XV, fig. 12a et 12b.

Localité : Boulogne-sur-Mer.

Origine : Sondage APO 1 bis, 297 m.

DIAGNOSE : « Spores arrondies dans le sens proximo-distal. Lame en Y nette, épaisse de 30 à 40 μ , avec des branches légèrement ondulées atteignant les 3/4 du rayon de la spore. Crêtes arquées souvent visibles. Exine de teinte brune ornée du côté proximal d'au moins 12 murailles verruqueuses (par interradians) de directions radiaires et s'anastomosant du côté distal pour former un réticulum à très petites mailles très nombreuses. La taille varie entre 340 et 520 μ ».

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES : Cette espèce se distingue de *Striatrisporites sulcatus* DIJKSTRA par une ornementation beaucoup plus dense, tant du côté proximal que du côté distal ainsi que par un diamètre plus important.

FRÉQUENCE : assez abondante.

EXTENSION STRATIGRAPHIQUE : limite Lias - Dogger.

APPARTENANCE BOTANIQUE : inconnue.

Striatrisporites superbus nov. sp.

Pl. XV, fig. 16a, 16b, 17a et 17b

Holotype : Pl. XV, fig. 16a et 16b.

Localité : Boulogne-sur-Mer.

Origine : Sondage APO 1 bis, 297 m.

DIAGNOSE : « Spores ovalo-arrondies dans le sens proximo-distal ; Y net, avec des branches formant des tectums élevés, très minces, hauts de 50 à 60 μ et fortement plissés sur eux-mêmes. Surfaces de contact ornées de crêtes minces, hautes de 30 μ , fortement plissotées, déterminant une sorte de frange. Crêtes arquées parfois visibles. Ornementation se résolvant du côté distal en un réticulum à mailles parfaites mais de formes irrégulières. Taille comprise entre 480 et 650 μ ».

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES : Ce type se distingue nettement des autres espèces par l'allure très particulière de son ornementation au niveau des surfaces de contact et il nous a donc paru justifier pleinement la création d'une nouvelle espèce.

FRÉQUENCE : assez faible.

EXTENSION STRATIGRAPHIQUE : limite Lias-Dogger.

APPARTENANCE BOTANIQUE : inconnue.

Striatrisporites semireticulatus nov. sp.

Pl. XVI, fig. 1a, 1b, 2a et 2b

Holotype : Pl. XVI, fig. 2a et 2b.

Localité : Boulogne-sur-Mer.

Origine : Sondage APO 1 bis, 297 m.

DIAGNOSE : « Spore arrondie dans le sens proximo-distal ; Y net avec branches légèrement flexueuses, épaisses et hautes de 20 à 30 μ , atteignant au moins les 3/4 du rayon de la spore. Crêtes arquées souvent visibles. Ornementation consistant en crêtes plus ou moins radiaires du côté proximal et formant du côté distal un réticulum peu apparent, les nœuds étant seuls en relief (de 15 à 20 μ). Taille variant entre 300 et 500 μ (taille moyenne : 460 μ) ».

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES : Ces spores diffèrent des espèces précédentes par l'allure de leur réticulum distal qui semble se réduire à des apicules régulièrement disposés.

FRÉQUENCE : assez faible.

EXTENSION STRATIGRAPHIQUE : limite Lias-Dogger.

APPARTENANCE BOTANIQUE : inconnue.

Genre *HORSTISPORITES* R. POTONIÉ 1956

Génotype : *Horstisporites* (al. *Triletes*) *reticuliferus* DIJKSTRA 1951 (9, p. 10, Pl. 2, fig. 12).

Horstisporites reticuliferus DIJKSTRA 1951

Pl. XVI, fig. 3a et 3b

[Holotype : Dijkstra 1951 (9, p. 10, Pl. 2, fig. 12)].

Localité : Boulogne-sur-Mer.

Origine : Sondage APO 1 bis, 297 m.

DESCRIPTION : Cette spore aplatie dans le sens proximo-distal est arrondie. La marque Y est nette et atteint les 3/4 du rayon de la spore. Il n'y a pas de crêtes arquées visibles. L'exine est ornée d'un réticulum à mailles assez régulières et dont les murailles sont peu importantes. Le diamètre des mailles varie entre 30 et 50 μ . La taille de la spore avoisine 460 μ , ce qui est légèrement inférieur à la limite de variation donnée par DIJKSTRA (9).

FRÉQUENCE : faible.

EXTENSION STRATIGRAPHIQUE : secondaire.

APPARTENANCE BOTANIQUE : inconnue.

Genre *FOVEOISPORITES*

(al. *Foveosporites* BALME 1957) nov. nom.

Génotype : *Foveosporites* (al. *Foveosporites*) *canalis* BALME 1957 (2, p. 17, Pl. 1, fig. 15).

Foveosporites intrafoveolatus nov. sp.

Pl. XIII, fig. 21 et 22

Holotype : Pl. XIII, fig. 22.

Localité : Boulogne-sur-Mer.

Origine : Sondage APO 1 bis, 297 m.

DIAGNOSE : « Spores subtriangulaires à presque circulaires ; marque en Y nette avec des branches bordées de lèvres épaisses, atteignant les 3/4 du rayon de la spore, parfois bifurquées à leur extrémité. Exine épaisse de 4 à 6 μ , creusée de nombreuses petites *foveolae* arrondies formant parfois de petits canaux anastomosés à l'intérieur de l'exine. *Foveolae* très denses sur toute la surface de la spore. Taille comprise entre 70 et 90 μ ».

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES : Cette espèce se distingue par sa taille plus grande et par la grande densité des *foveolae* de *F. canalis* BALME.

FRÉQUENCE : faible.

EXTENSION STRATIGRAPHIQUE : Lias - Dogger.

APPARTENANCE BOTANIQUE : inconnue.

cf. *Foveosporites*

Pl. XIII, fig. 23

Localité : Boulogne-sur-Mer.

Origine : Sondage APO 1 bis, 297 m.

DESCRIPTION : Cette spore est subtriangulaire ; l'Y, net, est ondulé et atteint l'équateur. L'exine est ornée de murailles plus ou moins flexueuses et de direction radiaire. La taille varie aux environs de 30 μ .

REMARQUE : Malgré l'impossibilité de donner un nom spécifique à cet échantillon, il nous a paru toutefois intéressant de le figurer en le rapprochant du genre *Foveosporites*.

FRÉQUENCE : un seul exemplaire.

Genre *LYGODIOISPORITES* R. POTONIÉ 1951

Génotype : *Lygodioisporites* (al. *Sporites*) *solidus* R. POT. 1934 (21, p. 42, Pl. 1, fig. 35).

Lygodioisporites flexuosus nov. sp.

Pl. XIII, fig. 24

Holotype : Pl. XIII, fig. 24.

Localité : Boulogne-sur-Mer.

Origine : Sondage APO 1 bis, 297 m.

DIAGNOSE : « Spore triangulaire avec côtes nettement convexes. Y net sous forme d'une mince fissure atteignant l'équateur. Exine de teinte brune, tant du côté proximal que du côté distal, murailles épaisses (4 à 5 μ), flexueuses, ayant des directions variables. Taille comprise entre 35 et 50 μ ».

FRÉQUENCE : moyenne.

EXTENSION STRATIGRAPHIQUE : limite Lias-Dogger.

APPARTENANCE BOTANIQUE : inconnue.

Subdivision ZONOTRILETES WALTZ 1935

Série CINGULATI POTONIÉ et KLAUS 1954

Genre *CINGULATISPORITES* (THOMS. 1953) POT.

Génotype : *Cingulatisporites levispeciosus* PFLUG 1953 (34, p. 58, Pl. 1, fig. 16).

Cingulatisporites sp.

Pl. XIII, fig. 25

Localité : Boulogne-sur-Mer.

Origine : Sondage APO 1 bis, 297 m.

DESCRIPTION : Cette spore triangulaire possède une marque en Y nette avec des tectums épais et flexueux atteignant le bord interne du cingulum, lui-même large de 3 à 6 μ . L'exine porte également du côté distal quelques ornements de grande surface mais fortement aplatis. La taille atteint 30 μ .

REMARQUE : Comme on peut le constater, ce spécimen ne présente que des affinités relativement lointaines avec le genre *Cingulatisporites* ; il s'agit sans doute d'une espèce rare relative à ce genre et c'est pourquoi, faute de plus amples renseignements, nous avons pensé préférable de « présenter » cet unique échantillon.

FRÉQUENCE : un seul exemplaire.

APPARTENANCE BOTANIQUE : inconnue.

Cingulatisporites problematicus COUPER 1958
Pl. XIII, fig. 26

[Holotype : Couper 1958 (7, p. 146, Pl. 24, fig. 11)].
Localité : Boulogne-sur-Mer.
Origine : Sondage APO 1 bis, 297 m.

DESCRIPTION : Ces spores ont un contour équatorial triangulaire avec des côtés fortement convexes. Le « Y » est net, atteignant le bord interne du cingulum. Celui-ci, large en moyenne de 4μ , se rétrécit légèrement au niveau des sommets. Du côté distal, on trouve des murailles larges, parfois anastomosées, sensiblement parallèles à l'équateur. La taille avoisine 50μ .

FRÉQUENCE : faible.

EXTENSION STRATIGRAPHIQUE : Jurassique, Crétacé inférieur.

APPARTENANCE BOTANIQUE : inconnue.

Subdivision AURITOTRILETES
POT. et KREMP 1954

Genre VALVISISPORITES (IBRAHIM 1932)
POT. et KREMP 1954

Génotype : *Valvisisporites trilobus* IBRAHIM 1932 (12, Pl. 17, fig. 20).

Valvisisporites membranaceus nov. sp.
Pl. XVI, fig. 4a et 4b

Holotype : Pl. XVI, fig. 4a et 4b.
Localité : Boulogne-sur-Mer.
Origine : Sondage APO 1 bis, 297 m.

DIAGNOSE : « Spore triangulaire auriculée avec partie centrale arrondie. Marque en Y nette, flexueuse, avec tectums élevés (environ 40μ) et se terminant dans des auricules membraneuses, trapézoïdales. Faces proximale et distale ornées d'un micro-réticulum avec murailles de hauteur variable. Taille comprise entre 300 et 450μ , taille moyenne 360μ ».

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES : Ces spores sont différentes de celles des genres *Minerisporites* R. POT. et *Monisonia* MADLER par le fait qu'elles ne possèdent pas d'anneau équatorial.

FRÉQUENCE : assez faible.

EXTENSION STRATIGRAPHIQUE : limite Lias-Dogger.

APPARTENANCE BOTANIQUE : inconnue.

Incertae sedis
Pl. XVI, fig. 5

Localité : Boulogne-sur-Mer.
Origine : Sondage APO 1 bis, 297 m.

DESCRIPTION : Cette spore aplatie latéralement présente des tectums minces et élevés avec un anneau membraneux élargi au niveau des sommets. L'ornementation consiste en expansions assez longues recourbées à leur extrémité. Taille 450μ .

REMARQUE : Le mode d'aplatissement rend très difficile toute détermination de cette spore qui appartient cependant de façon indiscutable à la subdivision des Auritotrilètes.

FRÉQUENCE : un seul exemplaire.

Division TETRALETES
CORSIN, CARETTE, DANZÉ et LAVEINE 1962

Cette division est destinée à grouper des spores qui montrent une marque de déhiscence formée de quatre branches en croix et qui sont probablement des formes tératologiques de spores trilètes.

Genre TETRALETISPORITES nov. gen.

Génotype : *Tetraletisporites semireticulatus*, Pl. XVI, fig. 13.

Tetraletisporites semireticulatus nov. sp.
Pl. XVI, fig. 13

Holotype : Pl. XVI, fig. 13.
Localité : Boulogne-sur-Mer.
Origine : Sondage APO 1 bis, 297 m.

DIAGNOSE : « Spore quadrangulaire avec marque en Y bien nette formée de branches surélevées (20μ) et légèrement ondulées. Ornementation proximale constituée par des crêtes plus ou moins radiales déterminant du côté distal un réticulum peu important avec les nœuds des mailles en relief. Taille voisine de 250μ ».

REMARQUE : Ces spores sont probablement des formes tératologiques des spores trilètes *Striatrisporites semireticulatus* nov. sp.

FRÉQUENCE : faible.

EXTENSION STRATIGRAPHIQUE : limite Lias-Dogger.

APPARTENANCE BOTANIQUE : inconnue.

Tetraletisporites microreticulatus nov. sp.
Pl. XVI, fig. 12, 14a, 14b et 15

Holotype : Pl. XVI, fig. 14a et 14b.
Localité : Boulogne-sur-Mer.
Origine : Sondage APO 1 bis, 297 m.

DIAGNOSE : Spores quadrangulaires à circulaires. Marque de déhiscence nette, assez épaisse (20μ) légèrement ondulée. Ornementation consistant en

crêtes radiaires du côté proximal s'anastomosant sur la face distale pour former une allure de micro-réticulum ».

REMARQUE : Ces spores sont probablement des formes anormales de l'espèce *Striatrisporites semi-reticulatus* nov. sp.

FRÉQUENCE : faible.

EXTENSION STRATIGRAPHIQUE : limite Lias-Dogger.

APPARTENANCE BOTANIQUE : inconnue.

Tetraletisporites tectundulus nov. sp.
Pl. XVI, fig. 16a et 16b

Holotype : Pl. XVI, fig. 16a et 16b.
Localité : Boulogne-sur-Mer.
Origine : Sondage APO 1 bis, 297 m.

DIAGNOSE : « Spore circulaire avec marque de déhiscence bien visible. Branches de l'Y lamelleuses, fortement ondulées, atteignant les 2/3 du rayon de la spore. Exine de teinte brune, presque noire, finement granuleuse. Ornementation plus forte sur les quatre faces de contact, ici bien visibles. Taille voisine de 500 μ ».

REMARQUE : Ces spores sont probablement des formes téralogiques de *Maexisporites tectundulus* nov. sp.

FRÉQUENCE : rare.

EXTENSION STRATIGRAPHIQUE : limite Lias-Dogger.

APPARTENANCE BOTANIQUE : inconnue.

Division PENTALETES nov. div.

Cette division est destinée à grouper des spores possédant une marque de déhiscence à 5 branches égales et issues du même point.

Type A
Pl. XVI, fig. 17

Localité : Pouligne-sur-Mer.
Origine : Sondage APO 1 bis, 297 m.

DESCRIPTION : Ces spores, de teinte brune, ont une forme pentagonale avec une marque de déhiscence à 5 branches nettement visibles sous forme de tectums larges de 20 μ et hauts de 30 μ . Les branches partent d'un apex situé au centre de la spore. L'exine est infra-granuleuse et la taille voisine de 250 μ .

FRÉQUENCE : un seul exemplaire.

Division CIRCULARETES

CORSIN, CARETTE, DANZÉ et LAVERNE 1962

Cette division comprend des spores de taille très variable qui sont souvent accolées par dyades et qui présentent une surface de contact circulaire.

Genre *CIRCULARESPORITES* nov. gen.

Génotype : *Circularesporites cerebroides*, Pl. XIV, fig. 1.

DIAGNOSE : « Spores de contour général circulaire ; surface de déhiscence circulaire, de rayon au moins égal au rayon de la spore. Exine de teinte brune. Taille variant de 60 à 500 μ ».

Circularesporites cerebroides nov. sp.
Pl. XIV, fig. 1 à 17.

Holotype : Pl. XIV, fig. 1.
Localité : Pouligne-sur-Mer.
Origine : Sondage APO 1 bis, 297 m.

DIAGNOSE : « Spore circulaire avec surface de contact circulaire marquée par une crête plus ou moins ondulée. Rayon de cette surface égal à la 1/2 ou aux 2/3 du rayon de la spore. Exine de teinte jaune brun, bistratifiée. Membrane externe épaisse de 2 à 4 μ , en général fortement ornementée par des proéminences verruqueuses très denses et confluentes, simulant des circonvolutions et formant même parfois une sorte de réticulum à petites alvéoles. Membrane interne très mince, lisse, souvent décollée et plissée à l'intérieur de la spore. Taille variant de 60 à 90 μ ».

DESCRIPTION : Ces spores se rencontrent fréquemment à l'état de dyades (voir fig. 6, 7, 8, 9, 10 et 11, Pl. XIV). Les membranes externes des deux spores semblent alors reliées par de fins tractus (fig. 5 et 7, Pl. XIV). Ces spores, isolées ou à l'état de dyades, constituent la forme normale de l'espèce que l'on peut rencontrer dans la proportion de 95 % environ. Cependant, il arrive que l'on trouve des associations relativement « anormales », par exemple des triades formées de deux grandes spores et d'une troisième plus petite (fig. 12, Pl. XIV) ou des tétrades constituées par deux grandes spores et deux plus petites (fig. 15, Pl. XIV) et même des tétrades pratiquement normales (fig. 16 et 17, Pl. XIV).

FRÉQUENCE : très abondante.

EXTENSION STRATIGRAPHIQUE : limite Lias-Dogger.

APPARTENANCE BOTANIQUE : inconnue.

Circularesporites potoniei nov. sp.

Pl. XVI, fig. 4a, 4b, 7a, 7b, 8a, 8b, 9, 10, 11a et 11b

Holotype : Pl. XVI, fig. 7a et 7b.

Localité : Boulogne-sur-Mer.

Origine : Sondage APO 1 bis, 297 m.

DIAGNOSE : « Spore circulaire de teinte brune ; surface d'accollement circulaire sans aucune marque de déhiscence, de rayon au moins égal à la moitié du rayon de la spore, verruqueuse, avec des verrues parfois longues d'environ 20 à 40 μ . En dehors de la surface d'accollement, exine ornée de petites protubérances grêles, recourbées à leur extrémité et donnant à l'ensemble une allure finement granuleuse. Taille comprise entre 300 et 500 μ ».

REMARQUE : Ces spores ont le plus souvent été trouvées isolées ou parfois encore à l'état de dyades (fig. 3, Pl. XVI). Exceptionnellement, on peut trouver une triade avec deux spores de grande taille et une plus petite (fig. 11a et 11b, Pl. XVI) comme chez *Circularesporites cerebroides*.

Nous nous permettons de dédier ici cette nouvelle espèce qui nous semble très importante, à Monsieur le Professeur R. Potonié, en reconnaissance de ses conseils, précis et multiples, ainsi que de toute la légendaire amabilité dont il a fait preuve à notre égard en maintes circonstances.

FRÉQUENCE : très abondante.

EXTENSION STRATIGRAPHIQUE : limite Lias-Dogger.

APPARTENANCE BOTANIQUE : inconnue.

Sac pollinique

Pl. XVI, fig. 18a et 18b

Parmi les éléments figurés recueillis au cours des analyses palynologiques relatives au sondage APO 1 bis, un corpuscule a particulièrement retenu notre attention. Il est figuré en 18a et 18b, Pl. XVI. Il s'agirait en effet d'un « sac pollinique ». Long de 2,5 mm et large de près de 1 mm au maximum, il affecte une forme très caractéristique en « fer de lance » avec un élargissement maximum situé à peu près au 1/3 à partir de la base. L'ornementation montre une symétrie à base 4 : depuis le sommet

du « sac », 4 crêtes fines et à section arrondie s'écartent symétriquement pour se rejoindre à la base. A l'intérieur des surfaces limitées par ces crêtes primaires se trouvent, toujours en symétrie 4, des crêtes secondaires plus fines qui, elles, n'atteignent ni l'apex ni la base du sac pollinique. L'apex présente d'ailleurs une particularité, très nettement visible en 18a, Pl. XVI : le contour du sac marque un étranglement puis s'élargit de nouveau légèrement pour former une collerette lisse et régulière ; les cellules constitutives sont homogènes, seule l'extrémité apicale en forme de collerette montre une membrane plus fine.

La forme, l'ornementation de cet élément amènent à penser qu'il s'agit là d'un sac pollinique, trouvaille qui, peu fréquente, présente un intérêt certain. En effet, si ce « sac » renferme encore ses micro-organismes reproducteurs, leur étude permettrait vraisemblablement de progresser dans la voie du raccordement entre les *sporae dispersae* et les végétaux dont elles sont issues.

IV. — Conclusions

De tout ce travail découlent deux faits essentiels :

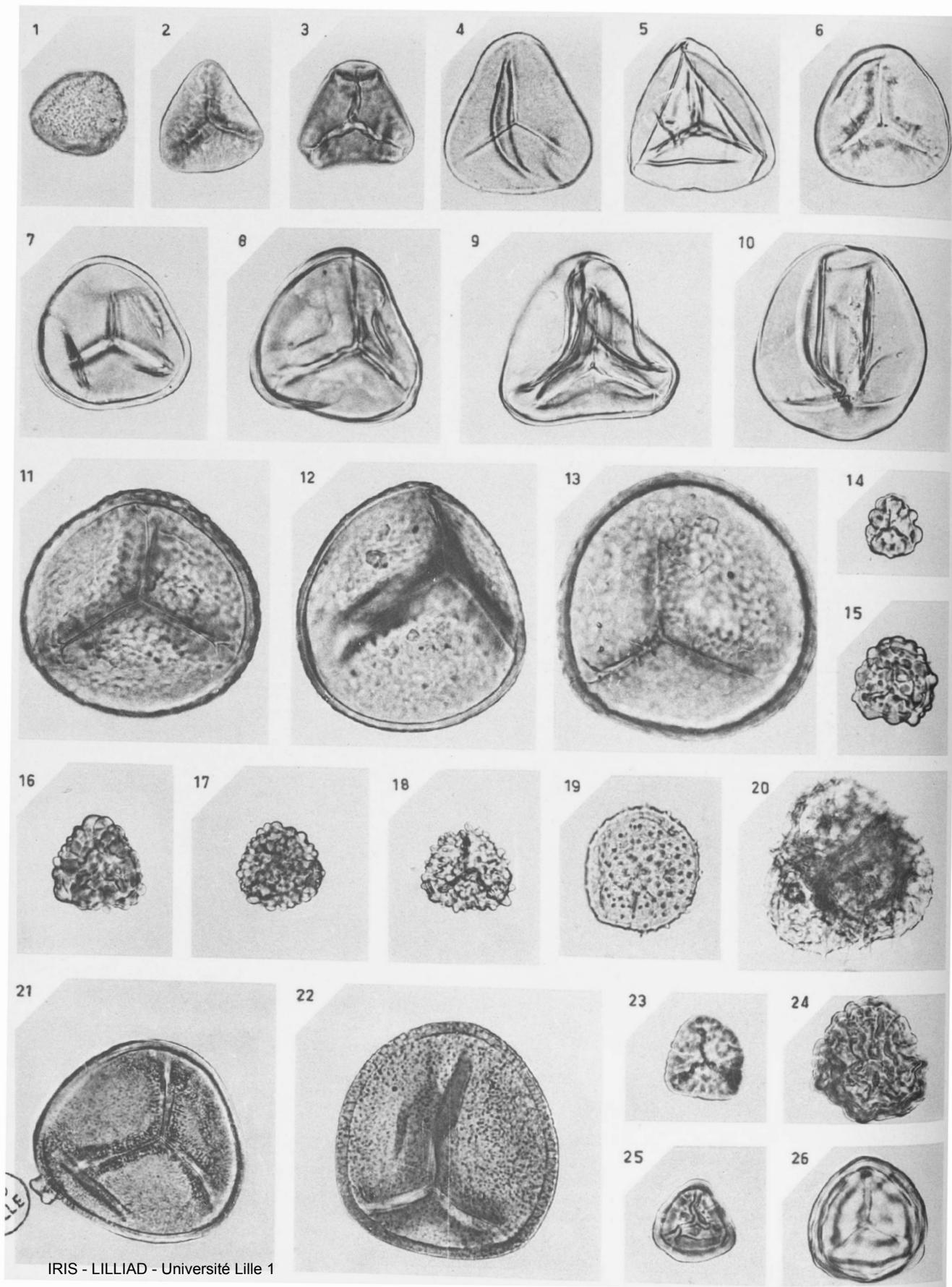
— Tout d'abord, l'étude de la microflore a permis de confirmer, grâce aux espèces déjà connues, l'appartenance du niveau étudié à la limite stratigraphique Lias-Dogger. En plus, l'abondance du matériel et sa grande nouveauté ont justifié la création de 2 nouveaux genres et 14 nouvelles espèces qui, nous l'espérons, pourront désormais être considérées comme caractéristiques de cet horizon. A ce sujet, il faut particulièrement mettre en relief le nouveau genre *Circularesporites*.

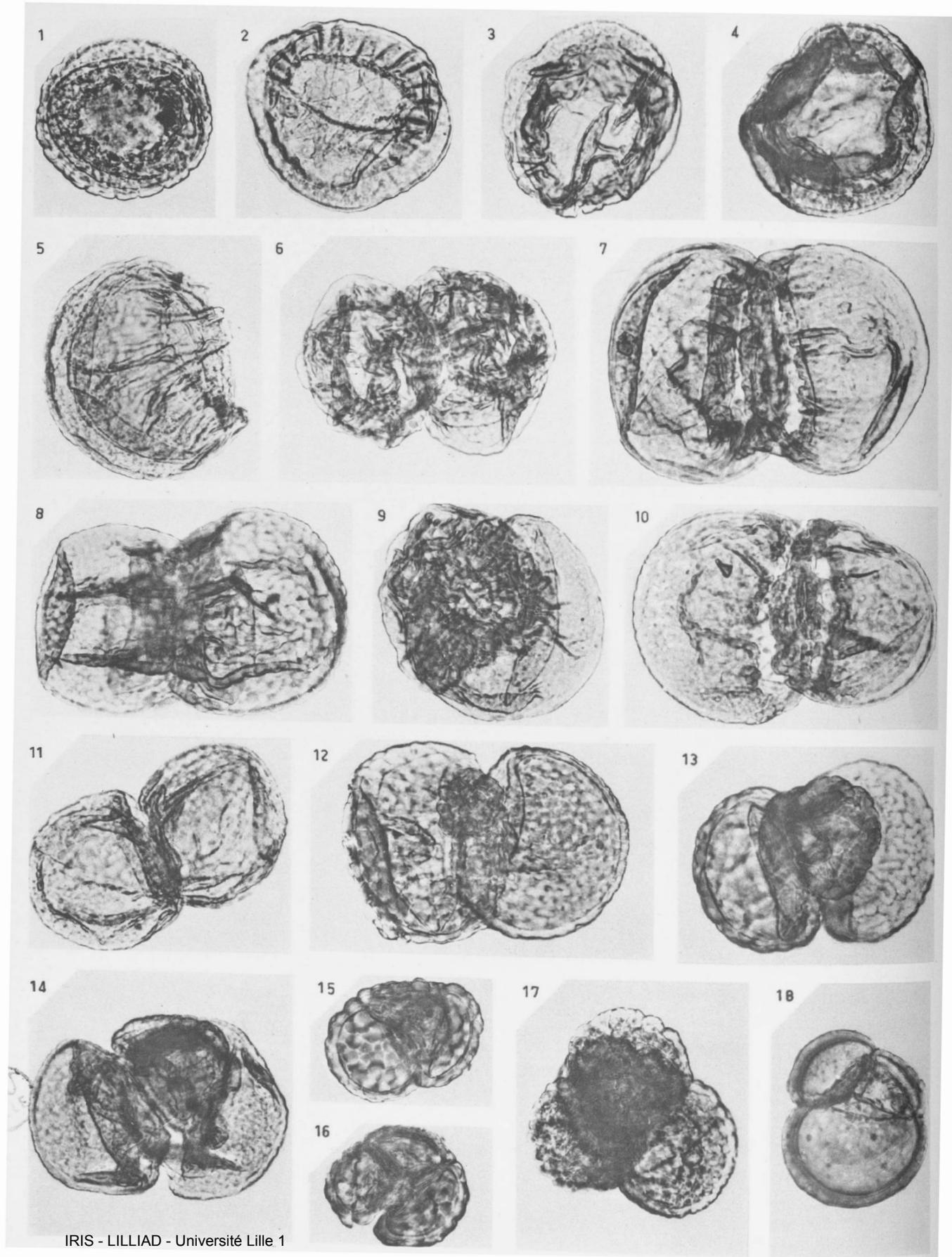
— Enfin, une remarque s'impose : elle concerne l'absence des grains de pollen (qui sont pourtant nombreux dans les dépôts inférieurs) et l'abondance de cas tératologiques. Cela conduirait à penser que des conditions écologiques ou climatiques exceptionnelles régnaient sur le Boulonnais lors de la sédimentation de ces assises et que, par conséquent, on a affaire ici à un épisode assez particulier dans l'histoire géologique de cette région.

* * *

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

1. ALPERN B. (1959). — Contribution à l'étude palynologique et pétrographique des charbons français. Thèse d'Etat, Paris.
2. BALME B.E. (1957). — Spores and pollen grains from the Mesozoic of western Australia. *Commonwealth Sc. Ind. Research Org.*, Coal Research Sect., T. C. 25, 48 S, 11 T.
3. BENNIE J. et KIDSTON R. (1886). — On the occurrence of spores in the carboniferous formation of Scotland. *Proc. roy. phys. soc.*, vol. IX.
4. PONTE A. et LAVERNE J.P. (1962). — Sur la nature et l'âge des sédiments triasiques dans le sous-sol de Boulogne-sur-Mer (P.-de-C.). *C.R.A.S.*, t. 254.
5. CERSIN P., CARETTE J., DANZÉ J. et LAVERNE J.P. (1962). — Classification des spores et pollens du Carbonifère au Lias. *C.R.A.S.*, t. 254.
6. COUPER R.A. (1953). — Upper mesozoic and caenozoic spores and pollen grains from New Zealand. *New Zealand geol. surv.*, Palaeont., Bull. 22.
7. COUPER R.A. (1958). — British mesozoic microspores and pollen grains, systematic and stratigraphic study. *Paläontographica*, Bd 103, abt. B, pp. 75-179.
8. DIJKSTRA S.J. (1949). — Megaspores and some other fossils from the Aachenian (Senonian) in south Limburg, Netherlands. *Mededeel. geol. stichting*, n. serie, n° 3, pp. 19-32.
9. DIJKSTRA S.J. (1951). — Wealden megaspores and their stratigraphical value. *Mededeel. geol. stichting*, n. serie, n° 5, pp. 7-21.
10. DIJKSTRA S.J. et PIÉRART P. (1957). — Lower carboniferous megaspores from the Moscow basin. *Mededeel. geol. stichting*, n. serie, n° 11, pp. 5-19.
11. DYBOVA S. et JACHOWITZ A. (1957). — Microspores of the upper silesian coal measures. *Inst. geol.*, t. 23, Varsovie.
12. IBRAHIM A.C. (1932). — Beschreibung von Sporenformen aus Flöz Aegir (in R. Potonié, Sporenformen aus den Flözen Aegir und Bismarck des Ruhrgebietes). *Neues Jahrb.*, Bd 67, abt. B.
13. IBRAHIM A.C. (1933). — Sporenformen des Aegirhorizonts des Ruhrreviers. Dissertation, Berlin.
14. JUNG W.W. (1959). — Die dispersen Megasporen des fränkischen Rhät-Lias Grenzsichten. Inaugural Dissertation, Munich.
15. KEDVES M. (1961). — Etudes palynologiques dans le bassin de Dorof II. *Pollens et spores*, vol. 3, n° 1, pp. 101-153.
16. KRUTZSCH W. (1959). — Mikropaläontologische (sporenpaläontologische) Untersuchungen in der Braunkohle des Geiseltales. *Z. geol.*, 8, pp. 21-22, Berlin.
17. LESCHIK G. (1955). — Die Keuperflora von Neuwelt bei Basel, II, Iso- und Mikrosporen. *Schweiz. Paläont. Abh.*, t. 72.
18. MINER E.L. (1935). — Palaeobotanical examinations of cretaceous and tertiary coals. *Amer. midl. nat.*, t. 16, pp. 585-621.
19. POTONIÉ H. (1893). — Die Flora des Rothliegenden von Thüringen. *Kgl. preuss. geol. Landesamt.*, N.F., H. 9, t. 2, pp. 1-298.
20. POTONIÉ H. (1921). — Lehrbuch der Paläobotanik.
21. POTONIÉ R. (1931). — Zur Mikroskopie der Braunkohlen, I. *Z. Braunkohle*, t. 30, pp. 325-333.
22. POTONIÉ R. (1934). — Zur Morphologie der fossilen Pflanzen und Sporen. *Arb. Inst. Paläobot. Petr. Brennst. steine*, t. 4, pp. 5-24.
23. POTONIÉ R. (1951). — Pollen und Sporenformen als Leitfossilien der Tertiärs. *Mikroskopica*, t. 6, pp. 272-383.
24. POTONIÉ R. (1956). — Synopsis der Gattungen der Sporae dispersae. Teil I. *Sporites. Beih. geol. Jahrb.*, H. 23, pp. 1-103.
25. POTONIÉ R. (1958). — Synopsis der Gattungen der Sporae dispersae. Teil II. *Sporites* (Nachträge), *Saccites*, *Precolpates*, *Polyplificates*, *Monocolpates*. *Beih. geol. Jahrb.*, H. 31, pp. 1-114.
26. POTONIÉ R. (1960). — Synopsis der Gattungen der Sporae dispersae. Teil III. *Beih. geol. Jahrb.*, H. 39, pp. 1-189.
27. POTONIÉ R., IBRAHIM A.C. et LOOSE F. (1932). — Sporenformen aus den Flözen Aegir und Bismarck des Ruhrgebietes. *Neues Jahrb.*, t. 67, abt. B, pp. 438-454.
28. POTONIÉ R. et KLAUS W. (1954). — Einige Sporengattungen des alpinen Salzgebirges. *Geol. Jahrb.*, t. 68, pp. 517-544.
29. POTONIÉ R. et KREMP G. (1955-1956). — Die sporae dispersae des Ruhrkarbons. Teile I-III. *Paläontographica*, abt. B, t. 98, 99 et 100.
30. POTONIÉ R., THOMSON P.W. et THIERGART F. (1950). — Zur Nomenklatur und Klassifikation der neogenen *Sporomorphae* (Pollen und Sporen). *Geol. Jahrb.*, t. 65, pp. 35-70.
31. POTONIÉ R. et VENITZ H. (1934). — Zur Mikrobotanik des miozänen Humdilsder niederrheinischen Bucht. *Abh. Inst. Paläont. Petro. Brennst. steine*, t. 5, pp. 5-54.
32. REINSCH P.F. (1881). — Neue Untersuchungen über die Mikrostruktur der Steinkohle des Carbons, der Dyas und Trias, Leipzig.
33. THIERGART F. (1949). — Der stratigraphische Wert mesozoischer Pollen und Sporen. *Paläontographica*, abt. B, Bd 89, pp. 1-34.
34. THOMSON P.W. et PRUG H. (1953). — Pollen und Sporen des mitteleuropäischen Tertiärs. *Paläontographica*, abt. B, Bd 94, pp. 1-138.
35. YASHIMAN K. et ERGÖNÜL Y. (1959). — Permian megaspores from Hazru. *Bull. of the Min. research Inst. of Turkey*, n° 53, pp. 94-101.





LEGENDES DES PLANCHES

PLANCHE XIII (*)

- FIG. 1. — *Granulatasporites granifer* LESCHIK. S.I. APO 1 bis, n° 1.
- FIG. 2. — *Undulatisporites major* nov. sp. S.I. APO 1 bis, n° 2.
- FIG. 3. — *Undulatisporites major* nov. sp. S.I. APO 1 bis, n° 3.
- FIG. 4. — *Deltoidisporites pseudomesozoicus* KRUTZSCH. S.I. APO 1 bis, n° 4.
- FIG. 5. — *Deltoidisporites pseudomesozoicus* KRUTZSCH. S.I. APO 1 bis, n° 5.
- FIG. 6. — *Deltoidisporites pseudomesozoicus* KRUTZSCH. S.I. APO 1 bis, n° 6.
- FIG. 7. — *Deltoidisporites pseudomesozoicus* KRUTZSCH. S.I. APO 1 bis, n° 7.
- FIG. 8. — *Deltoidisporites pseudomesozoicus* KRUTZSCH. S.I. APO 1 bis, n° 8.
- FIG. 9. — *Deltoidisporites pseudomesozoicus* KRUTZSCH. S.I. APO 1 bis, n° 9.
- FIG. 10. — *Deltoidisporites pseudomesozoicus* KRUTZSCH. S.I. APO 1 bis, n° 10.
Cette spore présente un aspect triplanoïde.
- FIG. 11. — *Verreticulisporites giganteus* nov. sp. S.I. APO 1 bis, n° 11.
On peut remarquer sur cet échantillon la bifurcation des lames de l'Y à leur extrémité.
- FIG. 12. — *Verreticulisporites giganteus* nov. sp. S.I. APO 1 bis, n° 12.
- FIG. 13. — *Verreticulisporites giganteus* nov. sp. S.I. APO 1 bis, n° 13.
- FIG. 14. — *Leptolepidisporites verrucatus* COUPER. S.I. APO 1 bis, n° 14.
- FIG. 15. — *Leptolepidisporites verrucatus* COUPER. S.I. APO 1 bis, n° 15.
- FIG. 16. — *Leptolepidisporites verrucatus* COUPER. S.I. APO 1 bis, n° 16.
- FIG. 17. — *Leptolepidisporites verrucatus* COUPER. S.I. APO 1 bis, n° 17.
- FIG. 18. — *Leptolepidisporites verrucatus* COUPER. S.I. APO 1 bis, n° 18.
- FIG. 19. — *Apiculatisporites* cf. *spiniger* LESCHIK. S.I. APO 1 bis, n° 19.
- FIG. 20. — Tétrade. S.I. APO 1 bis, n° 20.
- FIG. 21. — *Foveosporites intrafoveolatus* nov. sp. S.I. APO 1 bis, n° 21.

- FIG. 22. — *Foveosporites intrafoveolatus* nov. sp. S.I. APO 1 bis, n° 22.
- FIG. 23. — Cf. *Foveosporites*. S.I. APO 1 bis, n° 23.
- FIG. 24. — *Lygodioisporites flexuosus* nov. sp. S.I. APO 1 bis, n° 24.
- FIG. 25. — *Cingulatisporites* sp. S.I. APO 1 bis, n° 25.
- FIG. 26. — *Cingulatisporites problematicus* COUPER. S.I. APO 1 bis, n° 26.

PLANCHE XIV

- FIG. 1. — *Circularesporites cerebroides* nov. sp. S.I. APO 1 bis, n° 27.
- FIG. 2. — *Circularesporites cerebroides* nov. sp. S.I. APO 1 bis, n° 28.
- FIG. 3. — *Circularesporites cerebroides* nov. sp. S.I. APO 1 bis, n° 29.
- FIG. 4. — *Circularesporites cerebroides* nov. sp. S.I. APO 1 bis, n° 30.
- FIG. 5. — *Circularesporites cerebroides* nov. sp. S.I. APO 1 bis, n° 31.
- FIG. 6. — *Circularesporites cerebroides* nov. sp. S.I. APO 1 bis, n° 32, dyade.
- FIG. 7. — *Circularesporites cerebroides* nov. sp. S.I. APO 1 bis, n° 33, dyade.
- FIG. 8. — *Circularesporites cerebroides* nov. sp. S.I. APO 1 bis, n° 34, dyade.
- FIG. 9. — *Circularesporites cerebroides* nov. sp. S.I. APO 1 bis, n° 35, dyade.
- FIG. 10. — *Circularesporites cerebroides* nov. sp. S.I. APO 1 bis, n° 36.
Dyade montrant des spores de tailles inégales.
- FIG. 11. — *Circularesporites cerebroides* nov. sp. S.I. APO 1 bis, n° 37, dyade.
- FIG. 12. — *Circularesporites cerebroides* nov. sp. S.I. APO 1 bis, n° 38.
Triade montrant deux grandes spores de taille égale et une très petite.
- FIG. 13. — *Circularesporites cerebroides* nov. sp. S.I. APO 1 bis, n° 39.
Triade formée de deux spores de même grandeur et d'une troisième de taille plus petite mais cependant supérieure à celle de la petite spore de la figure précédente.
- FIG. 14. — *Circularesporites cerebroides* nov. sp. S.I. APO 1 bis, n° 40.
- FIG. 15. — *Circularesporites cerebroides* nov. sp. S.I. APO 1 bis, n° 41.
- FIG. 16. — *Circularesporites cerebroides* nov. sp. S.I. APO 1 bis, n° 42.
- FIG. 17. — *Circularesporites cerebroides* nov. sp. S.I. APO 1 bis, n° 43.
Tétrade formée de quatre spores de même grandeur.
- FIG. 18. — Tétrade. S.I. APO 1 bis, n° 44.
Tétrade anormale avec 4 spores de tailles inégales.

(*) Toutes les photographies ont été réalisées au Laboratoire de Paléobotanique de la Faculté des Sciences de Lille, par M. A. LEBLANC.

Les spores des Pl. XIII et XIV sont au grossissement $\times 500$.

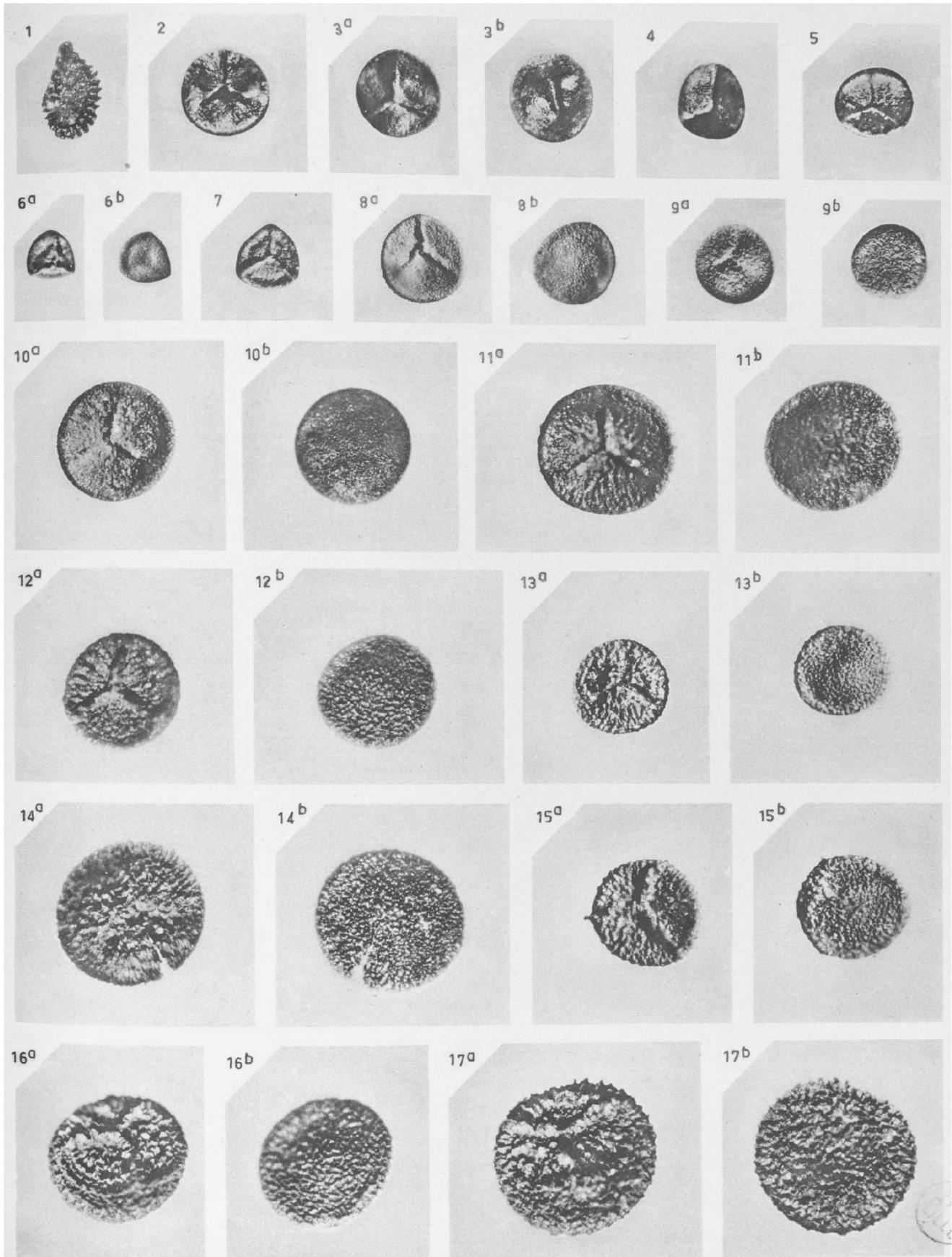
Les spores des Pl. XV et XVI sont, sauf indication contraire, au grossissement $\times 50$.

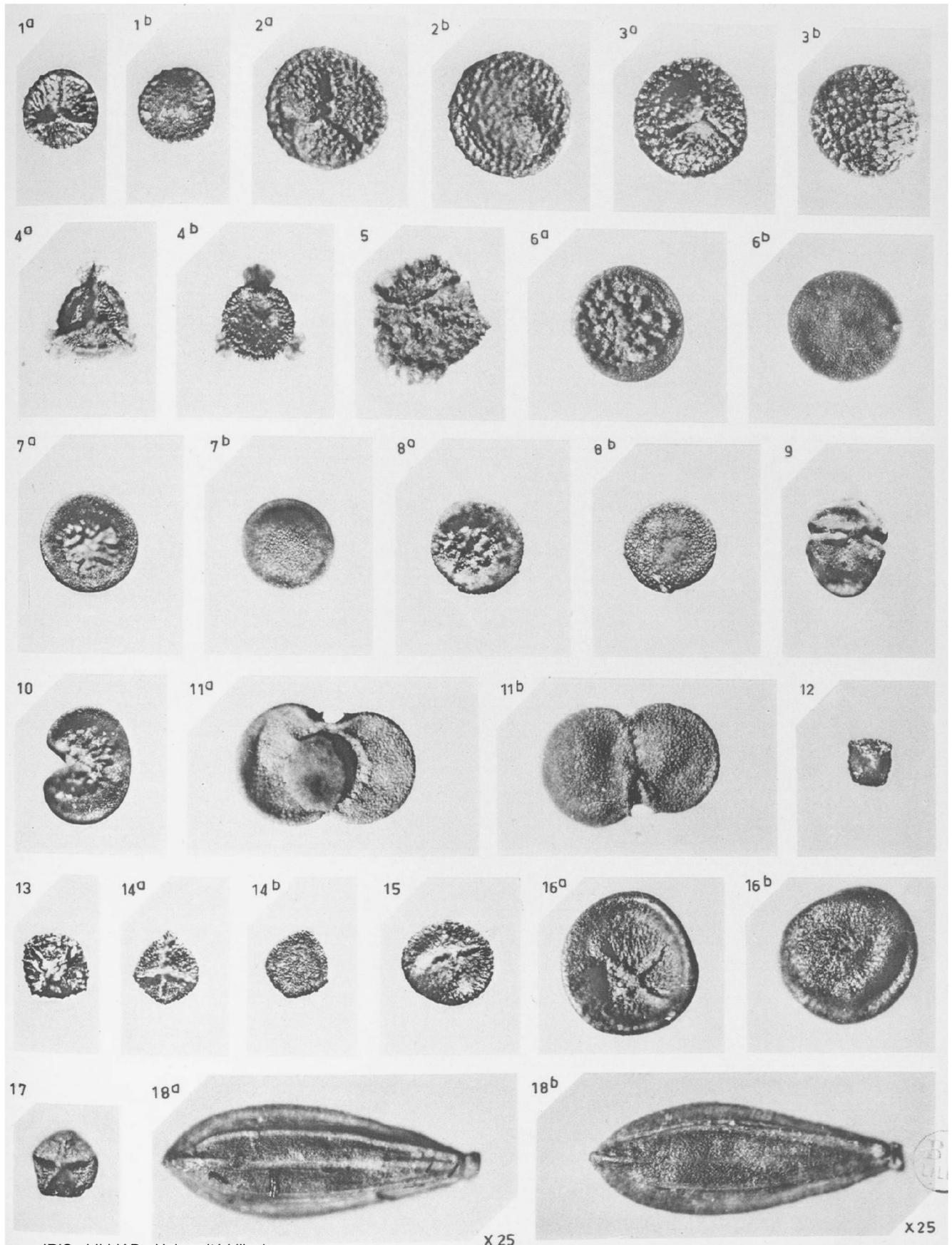
PLANCHE XV

- FIG. 1. — Microsporange. S.I. APO 1 bis, n° 44.
On distingue ici, sur le pourtour de l'échantillon, une ornementation en dents de scie qui correspond aux parois des cellules de l'anneau.
- FIG. 2. — *Laevigatisporites ignobilis* DIJKSTRA. S.I. APO 1 bis, n° 45.
- FIG. 3. — *Laevigatisporites ignobilis* DIJKSTRA. S.I. APO 1 bis.
a : face proximale, n° 46.
b : face distale, n° 47.
- FIG. 4. — *Laevigatisporites ignobilis* DIJKSTRA. S.I. APO 1 bis, n° 48.
- FIG. 5. — *Laevigatisporites ignobilis* DIJKSTRA. S.I. APO 1 bis, n° 49.
- FIG. 6. — *Laevigatisporites tricallosus* YASHIMAN et ERGÖNÜL. S.I. APO 1 bis.
a : face proximale. Le soulèvement de l'exine au niveau de l'interadius est très net sur ce spécimen. N° 50.
b : face distale, n° 51.
- FIG. 7. — *Laevigatisporites tricallosus* YASHIMAN et ERGÖNÜL. S.I. APO 1 bis, n° 52.
- FIG. 8. — *Incertae sedis*. S.I. APO 1 bis.
a : face proximale, n° 53.
b : face distale, n° 54.
- FIG. 9. — *Maexisporites tectundulus* nov. sp. S.I. APO 1 bis.
a : face proximale, n° 55.
b : face distale, n° 56.
- FIG. 10. — *Maexisporites tectundulus* nov. sp. S.I. APO 1 bis.
a : face proximale sur laquelle il faut noter la plus forte densité des éléments d'ornementation au niveau des surfaces de contact, n° 57.
b : face distale, n° 58.
- FIG. 11. — *Striatrisporites microreticulus* nov. sp. S.I. APO 1 bis.
a : face proximale où l'on remarque la disposition radiaire de l'ornementation, n° 59.
b : face distale, n° 60.
- FIG. 12. — *Striatrisporites microreticulus* nov. sp. S.I. APO 1 bis.
a : face proximale, n° 61.
b : face distale, n° 62.
- FIG. 13. — *Striatrisporites microreticulus* nov. sp. S.I. APO 1 bis.
a : face proximale, n° 63.
b : face distale, n° 64.
- FIG. 14. — *Striatrisporites microreticulus* nov. sp. S.I. APO 1 bis.
a : face proximale, n° 65.
b : face distale, n° 66.
- FIG. 15. — *Striatrisporites microreticulus* nov. sp. S.I. APO 1 bis.
a : face proximale, n° 67.
b : face distale, n° 68.
- FIG. 16. — *Striatrisporites superbus* nov. sp. S.I. APO 1 bis.
a : face proximale montrant nettement l'allure frisottée de l'ornementation ainsi que les branches de l'Y, n° 70.
b : face distale, n° 71.
- FIG. 17. — *Striatrisporites superbus* nov. sp. S.I. APO 1 bis.
a : face proximale, n° 72.
b : face distale, n° 73.

PLANCHE XVI

- FIG. 1. — *Striatrisporites semireticulatus* nov. sp. S.I. APO 1 bis.
a : face proximale n° 74.
b : face distale, n° 75.
- FIG. 2. — *Striatrisporites semireticulatus* nov. sp. S.I. APO 1 bis.
a : face proximale, n° 76.
b : face distale, n° 77.
- FIG. 3. — *Horstisporites reticuliferus* DIJKSTRA. S.I. APO 1 bis.
a : face proximale, n° 78.
b : face distale, n° 79.
- FIG. 4. — *Valvisporites membranaceus* nov. sp. S.I. APO 1 bis.
a : face proximale, n° 80.
b : face distale, n° 81.
- FIG. 5. — *Incertae sedis*. S.I. APO 1 bis, n° 82.
- FIG. 6. — *Circularesporites potonieii* nov. sp. S.I. APO 1 bis.
a : face proximale, n° 83.
b : face distale, n° 84.
- FIG. 7. — *Circularesporites potonieii* nov. sp. S.I. APO 1 bis.
a : face proximale, n° 85.
b : face distale, n° 86.
- FIG. 8. — *Circularesporites potonieii* nov. sp. S.I. APO 1 bis.
a : face proximale, n° 87.
b : face distale, n° 88.
- FIG. 9. — *Circularesporites potonieii* nov. sp. S.I. APO 1 bis, n° 89.
- FIG. 10. — *Circularesporites potonieii* nov. sp. S.I. APO 1 bis, n° 90.
- FIG. 11. — *Circularesporites potonieii* nov. sp. S.I. APO 1 bis.
a : face proximale, n° 91.
b : face distale, n° 92.
- FIG. 12. — *Tetraletisporites microreticulatus* nov. sp. S.I. APO 1 bis, n° 93.
- FIG. 13. — *Tetraletisporites semireticulatus* nov. sp. S.I. APO 1 bis, n° 94.
- FIG. 14. — *Tetraletisporites microreticulatus* nov. sp. S.I. APO 1 bis.
a : face proximale, n° 95.
b : face distale, n° 96.
- FIG. 15. — *Tetraletisporites microreticulatus* nov. sp. S.I. APO 1 bis, n° 97.
- FIG. 16. — *Tetraletisporites tectundulus* nov. sp. S.I. APO 1 bis.
a : face proximale, n° 98.
b : face distale, n° 99.
- FIG. 17. — Type A. S.I. APO 1 bis, n° 100.
- FIG. 18. — Sac pollinique. S.I. APO 1 bis, n° 101.
a : vue de côté.
b : vue de l'autre côté. Ces deux photos montrent bien la symétrie 4 de ce corpuscule, soulignée par les crêtes longitudinales et la forme particulière de l'apex (à droite) en collerette plissée.





ORGANISATION DES NATIONS UNIES
POUR L'EDUCATION, LA SCIENCE ET LA CULTURE

CODE DU BON USAGE
EN MATIERE DE PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

Exposé des motifs

Le Comité de liaison FID/ICSU/IFLA/ISO/1/Unesco, fondé et réuni pour examiner les moyens de développer une action internationale efficace aux fins d'améliorer la situation présente de l'information scientifique, considère que le manque de discipline librement consentie en matière de rédaction et de publication d'informations scientifiques était l'une des causes principales qui tendaient à accroître inutilement le volume des documents publiés, les dépenses qu'il faut faire pour les imprimer, pour les résumer, pour les répertorier et pour les retrouver.

En conséquence, le Comité, sur la proposition du Secrétaire du Bureau des résumés analytiques de l'ICSU, a rédigé sous une forme aussi brève que possible un texte qui définit les règles qu'il est d'obligation morale pour tout auteur de publication scientifique de suivre et pour tout rédacteur de journal scientifique d'appliquer.

Le texte en question, qui s'applique aux sciences exactes et naturelles et à la technologie, se compose de quatre parties. La première affirme qu'en tête de tout mémoire scientifique doit figurer un résumé correctement rédigé et dont l'auteur lui-même est responsable. La seconde définit trois catégories de textes scientifiques originaux, montre ce qui les distingue et fait obligation à tout auteur d'indiquer à laquelle de ces trois catégories appartient le texte dont il propose la publication. La troisième partie traite de la rédaction des textes scientifiques et fait notamment obligation morale à tout auteur de signaler toute duplication ou toute omission dans les parties significatives du texte publié. A diverses reprises, dans ces trois premières parties, on rappelle qu'il est d'importance capitale pour l'avenir de la documentation scientifique d'adopter des normes internationales uniformes, universelles et qui permettront d'aboutir à une méthode unique de rédaction des résumés d'auteur, à un code unique pour l'abréviation des titres de périodiques scientifiques, à un code unique pour la manière et l'ordre dans lesquels sont faites les citations bibliographiques numériques, à un code unique de symboles et d'abréviations de termes techniques, à un code unique pour la translittération des caractères d'un alphabet à l'autre, à des règles communes pour la formation des vocabulaires techniques et pour leur correspondance de langue à langue.

Le Comité est convaincu que le succès de ces normalisations rendra seul possible l'emploi de moyens automatiques pour le classement des informations et des publications scientifiques et pour les recherches permettant d'établir rapidement des bibliographies rétrospectives.

C'est pour donner l'exemple de l'union et pour mettre fin à la dispersion des efforts, à la naissance de textes internationaux multiples et parfois contradictoires, que le Comité a été créé, qu'il a élaboré le texte en question et qu'il confie à l'ISO², en coopération étroite avec tous les autres organismes qu'il représente, le soin de faire aboutir rapidement celles des normes pour lesquelles un accord général n'a pas encore été obtenu.

La quatrième partie du texte s'adresse aux rédacteurs en chef de journaux et de publications scientifiques et fait obligation morale à ces derniers de vérifier que leurs auteurs connaissent et respectent les dispositions qui les concernent ; elle demande aussi à ces rédacteurs en chef d'autoriser la reproduction des résumés d'auteurs. Le Comité n'a pas cru nécessaire de leur rappeler dans le détail les recommandations de normalisation internationale intéressant notamment la présentation des revues et ouvrages, qui sont l'un des éléments de base de leurs connaissances professionnelles.

1. FID - Fédération internationale de documentation ; ICSU - Conseil international des unions scientifiques (International Council of Scientific Unions) ; IFLA - International Federation of Library Associations ; ISO - International Organization for Standardization.
2. L'Annexe I donne la liste des recommandations pertinentes de l'ISO.

Le texte adopté à l'unanimité par le Comité fut soumis à l'examen du Comité consultatif international de bibliographie, de documentation et de terminologie de l'Unesco lors de sa première session tenue à Paris du 25 au 29 septembre 1961. Ce Comité, qui l'approuva également, a été d'avis que le Code, conçu pour les sciences exactes et naturelles et pour la technologie, ne saurait être appliqué aux sciences sociales et aux sciences humaines avant d'avoir été examiné par les organisations internationales non gouvernementales spécialisées dans ces domaines.

L'Unesco publie et diffuse ce « Code du bon usage en matière de publications scientifiques », persuadée que le respect des règles du « Code » permettra d'accélérer la mise en ordre de la documentation scientifique, améliorera la valeur des informations qu'elle contient et limitera les dépenses énormes engagées par les centres de documentation scientifique et technique de tous les pays.

CODE DU BON USAGE EN MATIÈRE DE PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

I. LE RÉSUMÉ

1. Tout texte de caractère original destiné à paraître dans un journal ou périodique scientifique et technique doit être accompagné d'un résumé dont la rédaction incombe à l'auteur lui-même.
2. Dans l'attente d'une normalisation internationale, le résumé doit être rédigé conformément aux règles et aux conseils rassemblés dans le Guide pour la rédaction des résumés d'auteurs, élaboré, imprimé, distribué et périodiquement révisé par l'Unesco (document NS/37. D 10 a)¹.

II. NATURE DU TEXTE

3. En remettant le manuscrit de son texte à la rédaction du périodique où il désire le voir publier, l'auteur devra préciser dans toute la mesure du possible dans quelle catégorie de la littérature scientifique originale ce texte doit être classé :
 - (a) Mémoires scientifiques originaux,
 - (b) Publications provisoires ou notes initiales²,
 - (c) Exposés de mise au point.
4. Un texte appartient à la catégorie des « mémoires scientifiques originaux » lorsqu'il est rédigé d'une façon telle qu'un chercheur qualifié, suffisamment spécialisé dans la même branche de la science, puisse être capable, à partir des indications qu'il donne et de celles-ci seulement :
 - soit de reproduire les expériences et d'obtenir les résultats qu'il décrit avec des erreurs égales ou inférieures à la limite supérieure spécifiée par l'auteur,
 - soit de répéter les observations et de juger les conclusions de l'auteur,
 - soit de contrôler l'exactitude des analyses et inférences qui ont conduit l'auteur à ses conclusions.
5. Un texte appartient à la catégorie des « publications provisoires ou notes initiales » lorsque, apportant une ou des informations scientifiques nouvelles, sa rédaction ne permet pas à ses lecteurs de vérifier lesdites informations dans les conditions indiquées au paragraphe 4.
6. « L'exposé de mise au point » n'est pas destiné à la publication d'informations scientifiques nouvelles ; il rassemble, analyse et discute des informations déjà publiées et concernant un sujet unique.

1. Ce guide a été officiellement adopté par le Conseil international des unions scientifiques.
2. Voir l'exposé des motifs qui précèdent.

III. REDACTION DU TEXTE

7. L'introduction historique ou critique, souvent utile, doit rester aussi brève que possible : l'auteur évitera de rédiger un mémoire scientifique comme une publication de mise au point.
8. La syntaxe sera aussi simple que possible. Les mots utilisés devraient pouvoir être trouvés dans un dictionnaire courant. Quand cette exigence ne peut être satisfaite, l'auteur vérifiera que les néologismes qu'il compte utiliser appartiennent au vocabulaire scientifique et technique international¹.
9. Dans la rédaction du texte, on évitera l'omission de tout ou partie des méthodes employées ou de résultats significatifs. Si des considérations de propriété industrielle ou de sécurité amènent l'auteur à limiter les informations scientifiques qu'il désire publier sur le sujet dont il traite, le texte devra être présenté comme appartenant à la classe b) (publications provisoires ou notes initiales) et non comme appartenant à celle des « mémoires ». C'est là pour l'auteur scientifique une obligation morale absolue².
10. Il sera fait référence explicite à tout travail antérieurement publié par le même auteur ou par un autre auteur lorsque la connaissance de ces travaux sera essentielle pour situer, dans le développement scientifique, le texte présenté. On indiquera si des publications antérieures constituent duplication totale ou partielle avec le texte présenté.
11. En aucun cas on n'utilisera des communications privées ou des publications de caractère secret ou de diffusion restreinte pour fournir des arguments ou des preuves³.
12. L'auteur respectera dans la rédaction les normes internationales relatives à l'abréviation des titres de périodiques, à l'ordre des citations bibliographiques, aux symboles, aux abréviations, à la translittération, à la terminologie, à la présentation des articles. Il utilisera un système cohérent d'unités de mesures qu'il spécifiera clairement.

IV. RECOMMANDATIONS AUX REDACTEURS EN CHEF ET EDITEURS DE JOURNAUX SCIENTIFIQUES

13. En acceptant un article scientifique aux fins de publication, le rédacteur en chef du journal devra obtenir que l'auteur indique lui-même si son texte appartient à la classe a) (mémoires scientifiques originaux), à la classe b) (publications provisoires ou notes initiales) ou à la classe c) (exposés de mise au point).
14. En imprimant le texte accepté, le rédacteur en chef mentionnera en tête du résumé dans laquelle des trois classes ci-dessus le texte imprimé doit être rangé.
15. En acceptant le texte scientifique aux fins de publication et dans l'attente d'une normalisation internationale, le rédacteur en chef s'assurera que le résumé de l'auteur accompagnant obligatoirement ce texte a été rédigé conformément aux indications données par le Guide pour la rédaction des résumés d'auteurs (cf. recommandation I, par. 2 et commentaires).
16. Pour assurer partout et en tout temps la libre reproduction des résumés d'auteurs, on doit indiquer clairement dans les pages du journal que la reproduction des résumés d'auteurs est autorisée.

1. Il est recommandé de préciser l'origine des néologismes employés. Au cas où l'auteur serait contraint d'en former lui-même, il devrait en décrire la méthode de formation, en donner l'étymologie et la définition. Enfin, l'auteur devra veiller à ne pas déformer le sens des termes appartenant au vocabulaire spécifique du domaine de connaissance dont il traite.

2. On admet qu'il est évident pour tous que, dans aucune publication, on ne devra, d'une façon consciente, déformer la description des faits observés ou des méthodes employées.

3. Il n'est pas question d'interdire de faire allusion à des entretiens oraux ou à des communications privées, mais on souligne qu'il ne paraît pas légitime d'étayer une affirmation ou d'avancer une conclusion en se référant à un simple entretien non contrôlé.
Par publication de diffusion restreinte, on entend une publication non accessible au public scientifique en général, soit à titre gratuit, soit à titre onéreux.

LISTE DE RECOMMANDATIONS DE L'ISO
INTERESSANT LES PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

- ISO/R 4 « Code international pour l'abréviation des titres de périodiques ».
- ISO/R 8 « Présentation des périodiques ».
- ISO/R 9 « Système international pour la translittération des caractères cyrilliques ».
- ISO/R 18 « Sommaire de périodiques ou d'autres documents ».
- ISO/R 30 « Manchette bibliographique ».
- ISO/R 77 « Références bibliographiques. Eléments essentiels ».
- ISO/R 214 « Analyses et résumés d'auteurs ».
- ISO/R 215 « Présentation des articles de périodiques ».
- ISO/R 233 « Système international pour la translittération des caractères arabes ».
- Projet ISO n° 315 « Translittération des caractères grecs en caractères latins ».
- Projet ISO n° 379 « Translittération de l'hébreu ».

« Des commentaires sur le texte ci-dessus peuvent être envoyés au
Département des sciences exactes et naturelles, Unesco, place de
Fontenoy, Paris, VII^e ».

SOCIÉTÉ
GÉOLOGIQUE
DU
NORD

ANNALES

Tome LXXXIII

1963

2^{me} trimestre

VOLUME PUBLIÉ AVEC LE CONCOURS DU
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD
23, RUE GOSSELET
LILLE

CONSEIL D'ADMINISTRATION

— 1963 —

<i>Président d'Honneur</i>	M. P. PRUVOST
<i>Président</i>	M. J. POLVÊCHE
<i>Vice-Présidents</i>	M. A. BEUGNIES M. J. DANZÉ M. C. DELATRE
<i>Secrétaire</i>	M. M. WATERLOT
<i>Secrétaire-adjoint</i>	M. J. PAQUET
<i>Trésorier</i>	M. l'Abbé TIEGHEM
<i>Délégué aux publications</i>	M. P. CELET
<i>Archiviste-bibliothécaire</i>	M. E. MÉRIAUX
<i>Conseillers</i>	M ^{lle} LE MAÎTRE M. DUMON M. BOUROZ M. RICOUR M. J. CHALARD M. G. WATERLOT

A N N A L E S
D E L A
S O C I É T É G É O L O G I Q U E D U N O R D

publiées avec le concours du Centre national de la Recherche scientifique

Société fondée en 1870 et autorisée par arrêtés en date des 3 Juillet 1871 et 28 Juin 1873

23, rue Gosselet, Lille — Tél. 53.05.38 — C.C.P. Lille 5 247

Compte rendu de l'activité de la Société

SEANCE DU 17 AVRIL 1963

PRÉSIDENCE DE M. BEUGNIES, VICE-PRÉSIDENT

Communications orales

- P. DEBRABANT. — Sur la détermination de l'âge absolu de quelques minéraux argileux extraits de sédiments de la région d'Hassi-Messaoud.
- J. PROVOST. — Etude des transformations de la bornite (Cu_3FeS_4) par élévation de la température.
- B. AGRAL. — Etude des Microspores du Namurien à Tarla-Agzi (Bassin houiller d'Amasra, Turquie).
- G. DASSONVILLE et F. ROSSIGNOL. — A propos du Houiller inférieur de la région d'Orchies.

Communications présentées à la séance du 6 Mars 1963

et reportées en tête du présent fascicule

- J. LEVET-CARETTE. — Etude de la microflore infraliasique d'un sondage effectué dans le sous-sol de Boulogne-sur-Mer (Pas-de-Calais).
- D. LAURENTIAUX. — Morphologie et nervation de l'aile métathoracique dans le genre *Hudroneuria* HANDLIRSCH 1908 et diagramme alaire des Lithomantides westphaliens (Insectes Paléodictyoptères).

—————«»—————

Etude de la microflore infraliasique d'un sondage effectué dans le sous-sol de Boulogne-sur-Mer (Pas-de-Calais)

par J. LEVET-CARETTE (*)

(2 fig. - 4 Pl.)

Sommaire. — Ce travail consiste en l'analyse palynologique d'échantillons provenant d'une portion de sondage infraliasique, comprise entre 308,20 et 324 m, effectuée dans le sous-sol de Boulogne-sur-Mer. Il a permis de reconnaître 28 genres certains, distribués en 36 espèces parmi lesquelles 3 sont nouvelles, et également de rapprocher 4 types de spécimens de 4 genres connus, 3 autres de 2 espèces déjà établies et de rattacher 6 autres enfin à des genres sans que les espèces soient précisées.

I. - Introduction

Ce travail consiste en l'analyse palynologique d'échantillons provenant d'un sondage effectué dans le sous-sol de Boulogne-sur-Mer. La hauteur des matériaux sur laquelle il porte est comprise entre 308,20 et 324 m. L'âge des sédiments étudiés a déjà été déterminé notamment grâce à la palynologie comme infraliasique (6). A ce point de vue, deux échantillons avaient été prélevés, l'un à 308,20 m, l'autre à 322,60 m, et la microflore qu'ils renfermaient avait été reconnue comme infraliasique.

Cette note apporte une confirmation à l'âge qui a été donné de ces sédiments et représente une étude plus détaillée qu'il n'a été fait jusqu'ici de la microflore qu'ils renferment.

Les échantillons qui ont été soumis à l'attaque puis analysés, ont été pris tous les 50 cm ; ils étaient de nature à peu près homogène : gréseux, argilo-sableux et carbonatés vers 321,50 m.

II. - Technique d'attaque

Environ 10 g d'échantillon sont soumis à l'action de HCl afin d'éliminer les carbonates puis, après lavage, ils subissent l'action de HF durant un

temps qui peut aller de 1 à 15 jours (la microflore semble ne pas risquer d'être abîmée par un passage très long dans HF). Un nouveau lavage est effectué et l'échantillon est passé dans HCl à chaud afin que les fluosilicates qui ont pu se former soient dissous. Une centrifugation à chaud est faite et ce qui reste est soumis à l'action de la liqueur de Schultze, est lavé, puis passé dans une solution de potasse à 5 % pour disperser les matières humiques. Le culot de la dernière centrifugation est conservé dans de l'alcool glycérolé et les préparations à étudier sont montées dans de la gélatine entre lame et lamelle.

Avant d'entamer la description des spores et des pollens, il convient de rappeler la définition de certains termes qui seront utilisés de nombreuses fois au cours de ce travail.

La définition de ces termes correspond pour la majeure partie à celle qui a été donnée dans le lexique de Couper et Grebe (A recommended terminology and descriptive method for spores. C.I.M.P. Sheffield 1960). Cependant, certains noms ont été francisés au cours de la rédaction en vue d'une plus grande facilité d'utilisation.

Auriculae (auricules) : épaisissements de l'exine situés dans le plan équatorial de la spore et limités à la position radiaire.

Baculae : projections de l'exine de la spore dont la hauteur est plus grande que la base qui est plus ou moins arrondie et dont le sommet est plat.

(*) Qu'il me soit permis de remercier très sincèrement Monsieur le Professeur BONTE qui a bien voulu mettre à ma disposition les matériaux du sondage et m'accorder l'aide de son Technicien pour prélever les échantillons à étudier.

Cristae : élévations de l'exine de la spore (au moins deux fois plus longues que larges) dont la base est allongée et recourbée et dont le sommet est plus ou moins pointu. Ces élévations peuvent fusionner ensemble pour former un réticulum irrégulier.

Foveolae : trous arrondis (dépressions) de 1 à 2 μ de diamètre, situés entre les élévations de l'exine d'une spore montrant une structure réticulée.

Kyrtome : repli de l'exine de la spore, situé au niveau des inter-radius parallèlement aux branches de l'Y et autour de l'extrémité de celles-ci.

Labra (lèvres) : zone de transition entre les lignes de déhiscence de la marque trilète et le reste de l'exine de la surface proximale de la spore. Ce peut être un accroissement de l'exine ou une modification de la sculpture ou les deux à la fois.

Marges : lèvres.

Rugulae : élévations de l'exine de la spore (au moins deux fois plus longues que larges) dont la base allongée, recourbée ou de forme irrégulière, est au moins égale au double de la hauteur et dont le sommet est plat à légèrement arrondi.

III. - Description des spores et des grains de pollen

Groupe des SPORITES H. POT. 1893

Division ALÈTES IBRAHIM 1933

Subdivision AZONALÈTES (LUBER 1935)
POT. et KR. 1954

Azonalètes sp.
Pl. XVII, fig. 1

DESCRIPTION : La spore figurée en 1 Pl. I ne présente aucune marque de déhiscence, aussi semble-t-elle devoir être placée dans la division des Alètes et plus précisément dans la subdivision des Azonalètes puisqu'elle ne possède aucune *zona* et aucun *cingulum*. Sa forme est ovalo-arrondie et son exine est perforée de très petites *foveolae* de forme plus ou moins polygonale de 0,5 à 1 μ de large environ, disposées irrégulièrement et séparées par des murs de 1 à 3 μ d'épaisseur. La taille de cette spore est d'environ 38 μ . Bhardwaj en 1957 (4, Pl. XXIV, fig. 46 et 47) représente deux échantillons qui sont tout à fait semblables à celui figuré

ici. Il dit dans la description qu'il en fait que la marque trilète n'est pas visible et il les appelle *Foveolatisporites quaesitus* Kosanke 1950. Ne sachant si l'holotype de Kosanke possède une marque en Y, il ne m'est pas possible de transformer le nom de *Foveolatisporites* donné par Bhardwaj en celui de *Foveolatasporites* qui convient à des spores sans aucune marque.

PROVENANCE: Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1, profondeur 308,20 à 324 m.

FRÉQUENCE : un seul spécimen.

ETAGE : Infralias.

EXTENSION VERTICALE : Bhardwaj a trouvé ses échantillons dans le Westphalien D inférieur de la Ruhr. Il se peut qu'il y ait dans les sédiments du sondage des fragments de charbon remaniés d'où proviendrait cette spore. Monsieur le Professeur Bonte et J.P. Laveine l'ont d'ailleurs signalé dans leur note (6).

Division MONOLETE IBRAHIM 1933

Subdivision AZONOMONOLETES LUBER 1935

Série LAEVIGATO

(al. *Laevigatomonoleti* DYB. et JACH. 1957)
P. CORSIN, J. CARETTE, J. DANZÉ, J.P. LAVEINE 1962

Les spores de cette série ont une exine lisse ou infraponctuée.

Genre LAEVIGATOSPORITES IBRAHIM 1933

Génotype : *Laevigatosporites vulgaris* [Ibrahim 1932 dans Pot., Ibr. et Loose (44, p. 448, Pl. XV, fig. 16)]
Ibrahim 1933.

Les spores appartenant à ce genre ont une seule ligne de déhiscence et une surface plus ou moins lisse.

Laevigatosporites haardtii
(POT. et VEN. 1934) TH. et PF. 1953
Pl. XVII, fig. 2

Holotype : *Laevigatosporites* (al. *Polypodiaceasporites*)
haardtii Pot. et Ven. 1934 (48, p. 13, Pl. I, fig. 13).

DESCRIPTION : Ce sont des spores qui présentent un contour ovale à légèrement réniforme. Leur taille varie autour de 25 μ pour la plus grande dimension et de 15 μ pour la plus petite. Leur fente de déhiscence est une ligne droite qui atteint les deux tiers de la longueur de la spore. La membrane est lisse

ou légèrement infraponctuée, son épaisseur est d'environ 2μ .

Cette spore a été rattachée au genre *Laevigatosporites* Ibrahim comme cela a déjà été fait par Thomson et Pflug (56), Krutzsch (26), et récemment Danzé-Corsin, Laveine (7), et non au genre *Polypodiaceasporites* Thiergart par Potonié, car il semble que la rigidité de la membrane n'est pas un caractère suffisant pour déterminer un changement du nom de genre.

PROVENANCE: Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1, profondeur 308,20 à 324 m.

FRÉQUENCE: assez faible.

ÉTAGE: Infralias.

EXTENSION VERTICALE: Infralias, Tertiaire.

APPARTENANCE BOTANIQUE: Polypodiacées? ou Marattiacées?

Série PERINO (al. *Perimonoliti*) ERDTMAN 1947

Genre *PEROMONOSPORITES* nov. nom.
(al. *Peromonolites* ERDT. 1947 ex COUPER 1953)

Génotype: *Peromonolosporites* (al. *Peromonolites*) *bownii* Couper 1953 (11, p. 32, Pl. III, fig. 31, 32).

Ce sont des spores monolètes quelquefois alètes avec une périspore. Le corps central est en forme de grain plus ou moins elliptique. L'exine est subverruqueuse. La périspore est plus ou moins hyaline.

cf. *Peromonolosporites asplenioides* COUPER 1958
Pl. XIX, fig. 8 à 11

Holotype: *Peromonolosporites* (al. *Peromonolites*) *asplenioides* Couper 1958 (12, p. 148, Pl. XXIV, fig. 9).

DESCRIPTION: Ces spores sont formées d'un corps central plissé, arrondi à ovale, entouré d'une périspore fortement plissée qui peut prendre diverses formes. Elles ont une marque monolète « vagueley trilete » dit Couper (12), qu'il est très difficile de distinguer à cause des nombreux plis qui les affectent, et sur les 4 échantillons figurés Pl. XIX aucune marque n'a pu être discernée avec sûreté. Ils ont cependant tous quatre été rapportés au genre *Peromonolosporites* et à l'espèce *asplenioides* car ils présentent énormément de ressemblance avec l'holotype figuré par Couper (12, fig. 9, Pl. XXV). Le corps central est assez épais 2 à 3μ , jaune brun, il est couvert d'une fine granulation. La périspore est beaucoup plus mince, jaune claire, elle peut être lisse ou infraponctuée.

PROVENANCE: Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1, profondeur 308,20 à 324 m.

FRÉQUENCE: assez commune.

ÉTAGE: Infralias.

APPARTENANCE BOTANIQUE: les spores actuelles de Blechnacées et d'Asplénacées ressemblent à celles-ci, mais leur marque monolète est bien visible.

Division TRILETES (REINSCH 1881)
POT. et KR. 1954

Subdivision AZONOTRILETES LUBER 1935

Série LAEVIGATI (BENNIE et KIDSTON 1886)
POT. 1956

Cette série renferme des spores dont l'exine est lisse ou infraponctuée.

Genre *TODISPORITES* (COUPER 1958) nov. nom.

Génotype: *Todisporites* (al. *Todites*) *major* Couper 1958
(12, p. 134, Pl. XVI, fig. 6).

Ce genre renferme des spores plus ou moins sphériques, possédant une marque trilète dont les branches sont relativement longues: $7/10$ du rayon ou plus. L'exine est fine (moins de 2μ), elle n'est pas sculptée mais peut être légèrement granuleuse. La taille est comprise entre 32 et 78μ .

Todisporites major COUPER 1958
Pl. XVII, fig. 3

Holotype: l. c. Couper 1958 (12, p. 134, Pl. XVI, fig. 6).

DESCRIPTION: Le contour équatorial de cette spore est subcirculaire. Les arêtes de la fente de déhiscence sont nettes, longues, elles atteignent les $4/5$ du rayon. L'exine est lisse, peu épaisse: 1 à $1,5 \mu$. Elle peut être affectée de plis bien marqués comme sur l'échantillon figuré en 3, Pl. XVII. Le diamètre de ces spores est d'environ 58μ , ce qui permet de les ranger dans l'espèce « *major* » de Couper.

PROVENANCE: Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1, profondeur 308,20 à 324 m.

FRÉQUENCE: rare.

ÉTAGE: Infralias.

EXTENSION VERTICALE: Infralias, Jurassique moyen.

APPARTENANCE BOTANIQUE: Osmundacées.

Genre *UNDULATISPORITES* PFLUG 1953

Génotype : *Undulatisporites microcutis* Pflug (34, p. 52, Pl. I, fig. 81).

Les spores de ce genre ont un contour équatorial triangulaire. Les branches de la marque trilète n'atteignent pas tout à fait l'équateur, elles sont soulignées le plus souvent par un étroit *tectum* et sont ondulées. La structure de l'exine peut être occasionnellement perceptible.

Undulatisporites concavus KEDVES 1961
Pl. XVII, fig. 13

Holotype : *Undulatisporites concavus* Kedves 1961 (23, p. 134, Pl. 7, fig. 3, 5).

DESCRIPTION : Ce sont des spores qui présentent la forme d'un triangle dont les angles sont arrondis et dont les côtés sont droits ou concaves. Les branches de la marque trilète atteignent environ les $\frac{2}{3}$ ou les $\frac{4}{5}$ du rayon, elles sont ondulées. L'exine présente un aspect chagriné et sur la spore figurée en 13, Pl. XVII, elle forme un repli transversal distal situé environ aux $\frac{2}{3}$ des arêtes inférieures de l'Y. La taille est comprise entre 32 et 36 μ .

PROVENANCE : Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1, profondeur 308,20 à 324 m.

FRÉQUENCE : assez rare.

ÉTAGE : Infralias.

EXTENSION VERTICALE : Infralias, Sparnacien.

APPARTENANCE BOTANIQUE : peut-être Gleiché-
nacées.

Undulatisporites sp.
Pl. XVII, fig. 4

DESCRIPTION : Cette spore présente également une marque trilète ondulée dont les branches atteignent environ les $\frac{4}{5}$ du rayon, et son exine a un aspect chagriné, mais ses angles quoique arrondis sont beaucoup plus aigus que ceux des espèces déjà établies et ses côtés sont plus droits. La taille est d'environ 32 μ .

PROVENANCE : Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1, profondeur 308,20 à 324 m.

FRÉQUENCE : assez rare.

ÉTAGE : Infralias.

Genre *DELTOIDISPORITES*

(al. *Deltoidospora* MINER 1935, POT. 1956)
DANZÉ-CORS., LAV. 1963

Genotype : *Deltoidisporites* (al. *Deltoidospora*) *hallii*
Miner 1935 (30, Pl. XXIV, fig. 7).

Ce genre groupe des spores de forme triangulaire dont les côtés peuvent être légèrement concaves ou convexes, ce qui, dans le dernier cas, peut leur donner un contour sensiblement arrondi. Leur marque de déhiscence est formée de trois branches rectilignes relativement longues puisqu'atteignant au moins les $\frac{3}{4}$ du rayon de la spore. Leur exine est lisse, assez épaisse (cette épaisseur peut être bien observée au microscope en amenant la mise au point sur le contour de la spore) et formée de deux couches. La membrane de ces spores peut être affectée de plis, les deux couches participant ensemble ou séparément à ces plis.

Deltoidisporites hallii MINER 1935
Pl. XVII, fig. 5 à 12

Holotype : *Deltoidisporites* (al. *Deltoidospora*) *hallii*
Miner 1935 (30, p. 618, Pl. XXIV, fig. 7).

DESCRIPTION : Les spores appartenant à cette espèce ont une forme triangulaire à légèrement subcirculaire. Leur taille varie entre 25 et 35 à 40 μ . Leur marque trilète est longue, chaque branche qui la compose est droite et atteint au moins les $\frac{3}{4}$ du rayon de la spore ou lui est égale. L'exine est jaune claire, lisse.

Parmi les spores se rattachant à cette espèce ont été rencontrées non seulement les variétés établies récemment par Danzé-Corsin, Laveine (7), mais également des formes intermédiaires entre ces variétés, aussi toutes les spores ont-elles été groupées sous le nom spécifique « *hallii* » tout en étant rapportées lorsque cela était possible aux variétés connues.

La spore figurée en 5, Pl. XVII, est tout à fait conforme à l'espèce type décrite par Miner en 1935. Sa taille est de 30 μ et son exine est lisse.

Le spécimen représenté Pl. XVII, fig. 6, montre de petites expansions auriculaires qui permettent de le rapprocher de la variété « *auriculus* » Danzé-Corsin, Laveine 1963 (7). Les branches de la marque en Y sont longues, atteignent le bord de la spore. La taille est de 30 μ .

La spore suivante (Pl. XVII, fig. 7) n'a pu être rapportée à aucune variété déjà créée, car les expansions auriculaires qu'elle présente ainsi que le début

de repli qui borde la marque trilète de façon bien visible autour de l'extrémité des branches de celle-ci et de façon très légère au niveau des inter-radius, ne permettent pas de la rattacher plus à la variété « *auriculus* » qu'à la variété « *lorus* ». La taille de cette spore est de 25 μ .

Le spécimen qui vient ensuite a sa membrane repliée parallèlement aux côtés de la spore, entre les branches de la marque en Y. Ce repli est un début de kyrtome qui pourrait valoir à cette spore le nom de variété « *pseudotorus* ». Les arêtes de la fente de déhiscence sont longues, égales au rayon de la spore. La taille est d'environ 35 μ .

Chaque branche de la marque trilète de l'échantillon 9 de la Pl. XVII atteint au moins les 3/4 du rayon de la spore, elle est bordée d'un repli de l'exine qui se continue au niveau des inter-radius ce qui donne à l'ensemble une allure de trèfle. Cet individu qui possède un kyrtome très net, peut être rattaché à la variété « *lorus* ». La taille est de 32 μ .

La spore représentée Pl. XVII, fig. 10, montre comme la précédente un kyrtome bien net et on peut observer au niveau de l'extrémité d'une des branches de la marque trilète (branche supérieure) la formation d'une sorte de barre transversale qui est comme le kyrtome un repli de l'exine. La taille de cet individu est d'environ 35 μ .

La spore figurée en 11, Pl. XVII, montre aux 2/3 environ de chacune des branches de sa fente de déhiscence le repli transversal observé précédemment. Elle présente également un kyrtome bien développé. Les arêtes de sa marque en Y sont longues, presque égales à son rayon et la taille est d'environ 36 μ .

La dernière spore appartenant à cette espèce présente elle aussi un repli transversal au niveau de chacune des branches de la marque trilète, mais elle ne montre aucun kyrtome. Les rayons de l'Y sont longs.

Ces replis transversaux sont sans doute de même nature que ceux qui, dans les kyrtomes, sont observés autour du bout des branches de l'Y mais dans ce cas ils se sont produits en deçà de l'extrémité des branches de l'Y. Dans l'ouvrage de Krutzsch (26) ont pu être notés en 155, 156, 157, 158, Pl. XV, des individus figurés sous le nom de *Concavisporites obtusangulus* (Pot. 1934) Krutzsch 1959 qui ressemblent tout à fait à ceux représentés ici. Si une variété était créée pour les spores présentant un repli transversal, celle-ci pourrait porter le nom de « *obtusangulus* ».

PROVENANCE: Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1, profondeur 308,20 à 324 m.

FRÉQUENCE: très commune.

ETAGE: Infralias.

EXTENSION VERTICALE: Infralias, Secondaire.

APPARTENANCE BOTANIQUE: Cyathéacées.

Deltoidisporites (al. *Sporonites*) *neddeni*
(Pot. 1931-1934) DANZÉ-COR., LAV. 1963
Pl. XVII, fig. 14 à 21

Holotype: *Deltoidisporites* (al. *Sporonites*) *neddeni* Pot. 1931-1934 (39, Pl. I, fig. 12).

DESCRIPTION: Les spores appartenant à cette espèce sont triangulaires, leurs côtés sont rectilignes légèrement concaves ou convexes et leurs angles peuvent être nettement arrondis. Les branches de la marque trilète sont longues, droites, elles atteignent le plus souvent le contour équatorial ou s'en approchent tout à fait. L'exine est lisse, épaisse, bistratifiée, la taille est comprise entre 35 et 55 μ .

Comme pour le type précédent, toutes les spores se rapportant à cette espèce ont été décrites sous le nom spécifique et ont été rapprochées des variétés lorsque cela était possible.

Les spores 14 et 15 de la Pl. XVII ont un contour subtriangulaire, les branches de leur marque trilète sont longues, presque égales au rayon de la spore. Sur l'une d'elles les lèvres de la fente de déhiscence sont entr'ouvertes sur presque toute la longueur de leur parcours. L'exine est lisse. La taille est comprise entre 50 et 55 μ . Ces spores pourraient être rapportées à la variété « *regularis* » de Pflug 1953.

Le spécimen figuré en 17 Pl. XVII présente de légères expansions auriculaires dont l'une est nettement plus développée que les deux autres. Les arêtes de la marque en Y sont longues et atteignent le contour équatorial. La taille est de 40 μ environ. Ce spécimen peut être rapporté à la variété « *auriculus* » de Danzé-Corsin, Laveine (7).

Un repli est bien visible au niveau des inter-radius des spores 16 et 18 de la Pl. XVII et cette particularité permet de les rapporter à la variété « *pseudotorus* » de Danzé-Corsin, Laveine (7). Il semble que chez la spore 16 le repli n'est formé que par la membrane interne. Les branches de la marque trilète sont longues, égales au rayon de la spore. La taille est de 42 μ environ.

Les spores 19 et 20 de la Pl. XVII montrent un kyrptome, aussi peut-on les rapprocher de la variété « *torus* » (Pflug 1953) Danzé-Cor., Lav. (7). Les branches de la marque de déhiscence sont longues. La taille est comprise entre 45 et 50 μ .

Le dernier individu appartenant à cette espèce et figuré en 21, Pl. XVII, montre à la fois un kyrptome bien développé et un repli transversal au niveau de deux des trois branches de la marque en Y. Les arêtes de la fente triradiaire sont longues, elles atteignent le bord de la spore. La taille est d'environ 42 μ . Si on considère le kyrptome, cette spore peut être rattachée à la variété « *torus* », si au contraire on tient compte des replis transversaux cette spore peut être rapprochée de la variété « *obtusangulus* ».

PROVENANCE: Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1, profondeur 308,20 à 324 m.

FRÉQUENCE: commune.

ETAGE: Infralias.

EXTENSION VERTICALE: Infralias, Tertiaire.

APPARTENANCE BOTANIQUE: Cyathéacées ? Podiacées ?

Deltoidisporites ogivus nov. sp.

Pl. XVII, fig. 22, 23, 24

Holotype: *Deltoidisporites ogivus* (Pl. XVII, fig. 22, spore isolée n° 36).

PROVENANCE: Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1, profondeur 308,20 à 324 m.

DIAGNOSE: Spores triangulaires à côtés légèrement concaves et à angles en forme d'ogive. Exine lisse, épaisse, bistratifiée. Branches de l'Y longues. Existence ou non d'un kyrptome ou d'auricules.

DESCRIPTION: Les spores appartenant à cette espèce sont triangulaires, leurs côtés sont rectilignes ou légèrement concaves et leurs sommets ont la particularité de présenter une forme en ogive. L'exine est lisse, épaisse, au moins bistratifiée et peut donner lieu à la formation d'auricules ou de kyrptome plus ou moins développés. Les branches de la marque en Y atteignent le plus souvent le contour équatorial. La taille est comprise entre 40 et 50 μ . Parmi les spores entrant dans cette espèce ont été rencontrés des spécimens dont la membrane ne forme aucun repli (voir fig. 22, Pl. XVII), d'au-

tres présentant à la fois de légères auricules et un léger kyrptome entre les inter-radius (fig. 23, Pl. XVII), et enfin certains montrant un kyrptome bien développé tout autour des branches de la marque trilète, qui sont longues.

FRÉQUENCE: assez rare.

ETAGE: Infralias.

EXTENSION VERTICALE: Infralias.

APPARTENANCE BOTANIQUE: inconnue.

Genre *AURITULINISPORITES*
(al. *Auritulinasporites* NILSSON 1958)
DANZÉ-COR., LAV. 1963

Génotype: *Auritulinisporites scanicus* Nilsson 1958 (32, p. 35, Pl. I, fig. 16).

Les spores appartenant à ce genre présentent un contour équatorial triangulaire avec des côtés droits, concaves ou convexes. Les branches de la marque trilète sont longues, elles atteignent au moins les 2/3 du rayon. L'exine autour de cette marque trilète est épaissie, elle ne possède pas de structure, elle peut être infraponctuée.

Auritulinisporites scanicus NILSSON 1958

Pl. XVII, fig. 25

Holotype: l.c. Nilsson 1958 (32, p. 35, Pl. I, fig. 16).

DESCRIPTION: La forme de cette spore est triangulaire, les côtés sont droits ou légèrement concaves. La marque trilète atteint l'équateur. L'épaississement de l'exine autour de l'Y forme une figure trilobée à côtés très concaves dont la largeur de chaque côté des branches de la fente de déhiscence atteint 4 à 6 μ . Le reste de la membrane est peu épais 0,5 à 1 μ . La taille est comprise entre 45 et 48 μ .

PROVENANCE: Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1, profondeur 308,20 à 324 m.

FRÉQUENCE: rare.

ETAGE: Infralias.

EXTENSION VERTICALE: Infralias, Lias. T. Nilsson signale cette espèce dans la zone à *Thaumatopteris* de Scanie.

APPARTENANCE BOTANIQUE: *Phlebopteris* ? selon Bolehovitina (5).

Cf. *Auritulinisporites*
Pl. XVII, fig. 26

DESCRIPTION : Cette spore présente une forme de delta, à côtés rectilignes et à angles nettement arrondis. Il semble que ce spécimen possède un épaississement large de $4\ \mu$ bordant la marque en Y. Les branches de celle-ci sont longues. En dehors de cet épaississement, la membrane est beaucoup plus mince. La taille est d'environ $38\ \mu$. T. Nilsson figure (32, Pl. I, fig. 11) sous le nom de *Concavisporites crassexinius* une spore qui montre beaucoup de ressemblance avec celle représentée ici.

PROVENANCE : Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1, profondeur 308,20 à 324 m.

FRÉQUENCE : un seul échantillon.

ETAGE : Infralias.

EXTENSION VERTICALE : Infralias. Nilsson (32) a trouvé *C. crassexinius* dans le Lias (zone à *Thaumatopteris*) de Schonen.

Genre *GLEICHENIIDISPORITES*
(al. *Gleicheniidites* ROSS 1949, KRUTZSCH 1959)
DANZÉ-COR., LAV. 1963

Génotype : *Gleicheniidisporites senonicus* Ross 1949 (52, p. 31, Pl. I, fig. 3).

Ce sont des spores avec un contour équatorial toujours triangulaire. Elles peuvent ou non posséder un kytome. La membrane n'est pas partout de la même épaisseur, au niveau des côtés, le long du contour équatorial elle montre un épaississement important. Ce sont souvent des spores d'assez petite taille.

Gleicheniidisporites senonicus Ross 1949
Pl. XVII, fig. 27, 28

Holotype : l.c. Ross 1949 (52, p. 31, Pl. I, fig. 3).

DESCRIPTION : Les spores appartenant à cette espèce ont la forme d'un triangle. Les spécimens représentés en 26 et 27 montrent des côtés légèrement convexes et des angles dont seule la toute extrémité est arrondie ce qui leur conserve un aspect assez aigu. La membrane de ces spores est épaissie au niveau des inter-radius et contre les côtés ; cet épaississement mesure environ 5 à $8\ \mu$ de large. Les branches de la marque en Y sont longues, elles sont égales au rayon de la spore. L'exine est lisse. La taille est d'environ 35 à $38\ \mu$.

PROVENANCE : Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1, profondeur 308,20 à 324 m.

FRÉQUENCE : assez rare.

ETAGE : Infralias.

EXTENSION VERTICALE : Infralias, Jurassique moyen, Crétacé.

APPARTENANCE BOTANIQUE : sans doute Gleichéniacées.

Série VERRUCATI DVB. et JACH. 1957

Genre *TRILITISPORITES* (COOKSON 1947)
DANZÉ-COR., LAV. 1963

Génotype : *Trilitisporites tuberculiformis* Cookson 1947 (8, p. 136, Pl. XVI, fig. 61).

Les spores appartenant à ce genre sont caractérisées par une exine épaisse couverte de verrues juxtaposées à contour plus ou moins polygonal, lesquelles sont moins plates que des papilles, mais ne sont cependant pas des cônes.

Trilitisporites (al. *Concavisporites*) *variverrucatus*
(COUPER 1958) nov. comb.

Pl. XVII, fig. 29, 30 a et b, 31 a et b, 32

Holotype : *Trilitisporites* (al. *Concavisporites*) *variverrucatus* Couper 1958 (12, p. 142, Pl. XXII, fig. 4).

DESCRIPTION : Ce sont des spores dont le contour équatorial est triangulaire, les sommets sont arrondis, les côtés sont droits, concaves ou convexes. Les branches de l'Y atteignent environ les $3/4$ du rayon de la spore, elles peuvent être bordées de marges légères comme sur l'échantillon 31 a. Les deux faces sont bombées, la face proximale est un peu plus plate. Toutes deux ont une ornementation composée de verrues arrondies ou de forme très irrégulière de 1 à $2\ \mu$. L'exine est épaisse et cette épaisseur peut être vue le long du contour équatorial de l'échantillon 30 a et b, Pl. XVII, où elle forme une ombre. La taille varie entre 32 et $40\ \mu$.

PROVENANCE : Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1, profondeur 308,20 à 324 m.

FRÉQUENCE : assez commune.

ETAGE : Infralias.

EXTENSION VERTICALE : Infralias, Bajocien, Wealdien.

APPARTENANCE BOTANIQUE : mal connue mais peut-être Dicksoniacées.

Trilitisporites asolidus KRUTZSCH 1959

Pl. XVIII, fig. 3 a et b

Holotype : *Trilitisporites asolidus* Krutzsch 1959 (26, p. 151, Pl. XXVII, fig. 290-293).

DESCRIPTION : Ce sont des spores dont le contour équatorial est triangulaire. Les sommets sont arrondis et les côtés sont droits à très légèrement concaves ou convexes. Les branches de l'Y ont un parcours rectiligne qui peut être seulement un peu ondulé à son extrémité, elles atteignent environ les 4/5 du rayon de la spore. La hauteur des éléments d'ornementation atteint et dépasse souvent $1\ \mu$, leur largeur mesure 6 à $8\ \mu$. Ils sont formés de grosses verrues trappues ayant sensiblement toutes la même taille, de contour arrondi à polygonal, juxtaposées et pouvant parfois se chevaucher légèrement. Cette sculpture semble plus fortement développée du côté distal. Elle forme du côté proximal, le long des branches de la marque trilète, une sorte de côte ondulée et à l'extrémité de ces branches les verrues sont plus denses et épaissies. La taille est d'environ $60\ \mu$.

PROVENANCE : Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1, profondeur 308,20 à 324 m.

FRÉQUENCE : rare.

ETAGE : Infralias.

EXTENSION VERTICALE : Infralias, atteint l'Oligocène.

APPARTENANCE BOTANIQUE : douteuse.

Genre *VERRETICULISPORITES* KRUTZSCH 1959

Génotype : *Verreticulisporites coverrucosus* Krutzsch 1959 (26, p. 37, Pl. XXIV, fig. 265-267).

Ces spores ont une forme subarrondie, elles sont couvertes d'éléments de sculpture verruqueux qui forment comme un réticulum négatif.

Verreticulisporites coverrucosus KRUTZSCH 1959
Pl. XVIII, fig. 1

Holotype : l. c. Krutzsch 1959 (26, p. 37, fig. 265-267).

DESCRIPTION : Le contour équatorial de ces spores est triangulaire à arrondi. Les branches de la marque trilète sont fortement marquées, presque égales au rayon de la spore. L'exine est couverte d'éléments d'ornementation en forme de bosses plates à contour plus ou moins polygonal qui peuvent former comme un réticulum négatif. Les mailles

du réseau ont environ $1,5$ à $2\ \mu$. La taille du spécimen figuré ici est de $40\ \mu$. Elle est beaucoup plus petite que celle de l'holotype qui est de $60\ \mu$, mais comme l'ornementation ressemble tout à fait à celle décrite par Krutzsch, cette spore a été rangée dans *V. coverrucosus*. Ce serait une variété « minor ».

PROVENANCE : Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1, profondeur 308,20 à 324 m.

FRÉQUENCE : rare.

ETAGE : Infralias.

EXTENSION VERTICALE : Infralias, Lutétien.

APPARTENANCE BOTANIQUE : douteuse.

Genre *LEPTOLEPIDISPORITES* nov. nom.

(al. *Leptolepidites* COUPER 1953)

Génotype : *Leptolepidisporites* (al. *Leptolepidites*) *verrucatus* Couper 1953 (11, p. 28, Pl. II, fig. 14, 15).

Ce genre renferme des spores subtriangulaires dont les côtés peuvent être convexes ou concaves en vue polaire, et biconvexes en vue latérale. Les branches de l'Y sont longues mais le plus souvent indistinctes. L'exine est très épaisse, de $3\ \mu$ environ, sculptée de projections verruqueuses irrégulièrement disposées de 5 à $6\ \mu$ de diamètre, à la fois développées sur les deux faces de la spore.

Leptolepidisporites verrucatus COUPER 1953
Pl. XVIII, fig. 2

Holotype : l. c. Couper 1953 (11, p. 28, Pl. II, fig. 14, 15).

DESCRIPTION : Les spécimens appartenant à *L. verrucatus* sont triangulaires arrondis. Les branches de la marque de déhiscence sont fines, droites, elles sont égales au rayon mais ne sont pas toujours visibles. La membrane est recouverte de verrues de taille irrégulière, arrondies ou allongées de 4 à $6\ \mu$ de large pouvant donner au contour équatorial un profil irrégulièrement découpé. Elles se trouvent à la fois sur la face distale et sur la face proximale. La taille est d'environ $30\ \mu$.

PROVENANCE : Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1, profondeur 308,20 à 324 m.

FRÉQUENCE : assez rare.

ETAGE : Infralias.

EXTENSION VERTICALE : Infralias, Jurassique.

APPARTENANCE BOTANIQUE : non précisée.

Genre *BULLISPORITEES* nov. nom.

(al. *Bullasporis* KRUTZSCH 1959)

Génotype : *Bullisporites* (al. *Bullasporis*) *bullis* Krutzsch 1959 (26, p. 126, Pl. XVII, fig. 175, 176).

Ce sont des spores présentant un plus ou moins grand nombre d'excroissances ressemblant à des bulles de diverses tailles qui ne font solidement qu'un avec la membrane.

Bullisporites aequatorialis KRUTZSCH 1959

Pl. XVIII, fig. 5

Holotype : *Bullisporites aequatorialis* Krutzsch 1959 (26, p. 128, Pl. XVIII, fig. 199, 200).

DESCRIPTION : Les spores de cette espèce ont une forme grossièrement arrondie, elles possèdent des excroissances disposées en couronne autour de l'équateur. Ces excroissances ressemblent à des bulles ou à des ballonnets de forme plus ou moins arrondie, ovale à allongée, qui peuvent avoir 8 μ de haut et 15 à 25 μ de large. Elles peuvent se recouvrir les unes les autres et sur l'échantillon figuré en 5, Pl. XVIII, il y en a cinq environ le long du contour équatorial. La marque trilète est réduite et à peine visible. La taille est de 40 μ .

PROVENANCE : Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1, profondeur 308,20 à 324 m.

FRÉQUENCE : un seul échantillon.

EXTENSION VERTICALE : Infralias, Tertiaire.

APPARTENANCE BOTANIQUE : non connue.

Série MURORNATI POT. et KR. 1954

Genre *FOVEOTRILETISPORITES* nov. nom.

(al. *Foveotriletes* VAN DER HAMMEN 1954 ex. POT.)

Génotype : *Foveotriletisporites* (al. *Foveotriletes*) *scrobiculatus* Ross 1949 (52, p. 32, Pl. I, fig. 5).

Le contour équatorial de ces spores est triangulaire, les côtés sont plus ou moins droits et les angles arrondis. Les branches de l'Y atteignent sensiblement l'équateur, l'exine est épaisse, finement réticulée, elle porte des *foveolae* ovales à arrondies, de taille comparable, séparées par des murs d'épaisseur variable.

Foveotriletisporites irregularis COUPER 1958

Pl. XVIII, fig. 6

Holotype : *Foveotriletisporites* (al. *Foveotriletes*) *irregularis* Couper 1958 (12, p. 143, Pl. VIII, fig. 9).

DESCRIPTION : Ces spores sont de forme triangulaire, les côtés sont nettement convexes et les angles sont arrondis. Les branches de la marque trilète sont légèrement ondulées, égales aux 4/5 du rayon de la spore. La face proximale est lisse, la face distale est couverte de *foveolae* arrondies à ovales de moins d'un μ séparées par des murs de 2 à 3 μ . Les *foveolae* donnent au contour équatorial un aspect denticulé comme cela est bien visible sur l'échantillon 6 de la Pl. XVIII. La taille est d'environ 50 μ .

PROVENANCE : Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1, profondeur 308,20 à 324 m.

FRÉQUENCE : rare.

ETAGE : Infralias.

EXTENSION VERTICALE : Infralias, Oxfordien, Kimmeridgien.

APPARTENANCE BOTANIQUE : inconnue.

Genre *LYCOPODIACIDISPORITES*

(al. *Lycopodiacidites* COUPER 1953, POT. 1956)

DANZÉ-COR., LAV. 1963

Génotype : *Lycopodiacidisporites bullerensis* Couper 1953 (11, p. 26, Pl. I, fig. 9).

Les spores faisant partie de ce genre ont un contour équatorial subtriangulaire à circulaire. L'exine en dehors des surfaces de contact est couverte de *rugulae*. On parle de *rugulae* lorsque les éléments d'ornementation ne sont pas des mailles régulières, mais paraissent plutôt être des verrues tortueuses et crochues qui n'ont pas toujours la même hauteur, ni une largeur constante. Ces verrues ont un parcours irrégulier et peuvent prendre l'aspect d'appendices en forme de cônes ou de *baculae*. La taille varie entre 35 et 70 μ .

Lycopodiacidisporites kuepperi KLAUS 1960

Pl. XVIII, fig. 7, 8, 9

Holotype : *Lycopodiacidisporites kuepperi* Klaus 1960 (24, p. 135, Pl. XXXI, fig. 27).

DESCRIPTION : Relativement grandes, ces spores ont une forme triangulaire à subarrondie. Les branches de la marque trilète sont fines, elles atteignent presque le contour équatorial et peuvent être sur une partie de leur parcours ou tout le long de celui-ci, bordées par une marge. La surface comprise entre les rayons de la fente de déhiscence est lisse. La face distale est plissée, couverte de *rugulae* tortueuses, ramifiées et crochues qui peuvent avoir

0,5 à 1 μ de large, 4 à 6 ou 10 μ de long et qui forment le long du contour équatorial une ondulation légère et irrégulière. La taille est comprise entre 60 et 70 μ . L'échantillon figuré en 6 Pl. XVIII montre la même ornementation que celle des spécimens 8 et 9 de la même planche, mais celle-ci est beaucoup plus fine et plus serrée.

PROVENANCE: Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1, profondeur 308,20 à 324 m.

FRÉQUENCE: assez commune.

ÉTAGE: Infralias.

EXTENSION VERTICALE: Trias inférieur, Infralias.

APPARTENANCE BOTANIQUE: douteuse.

Lycopodiacidisporites
(al. *Lycopodiumsporites*) *cerniidites*
(ROSS 1949, DELC. et SP. 1955)
DANZÉ-COR., LAV. 1963
Pl. XVIII, fig. 10

Holotype: *Lycopodiacidisporites cerniidites* Ross 1949 (52, p. 30, Pl. I, fig. 1).

DESCRIPTION: Le contour équatorial des spores de cette espèce est subtriangulaire à subarrondi. Les branches de la marque trilète atteignent au moins les 3/4 du rayon de la spore, elles sont souvent bordées de lèvres qui s'amincissent vers l'extrémité des branches de l'Y. La face proximale est lisse, la face distale peut être convexe, elle est bien sculptée, couverte de *cristae* plus ou moins anastomosées et concentriques. La taille est d'environ 32 μ .

PROVENANCE: Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1, profondeur 308,20 à 324 m.

FRÉQUENCE: assez commune.

ÉTAGE: Infralias.

EXTENSION VERTICALE: Keuper, Infralias Crétacé.

APPARTENANCE BOTANIQUE: peut être Lycopodiacees ou Sélaginellacées.

Lycopodiacidisporites varigranulatus nov. sp.
Pl. XVIII, fig. 11

Holotype: Pl. XVIII, fig. 11, spore isolée n° 80).

PROVENANCE: Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1, profondeur 308,20 à 324 m.

DIAGNOSE: Spores de forme triangulaire à côtés très convexes. Branches de l'Y pouvant être bordées de lèvres, égales aux 2/3 du rayon. Face proximale lisse, face distale garnie de petits granules de 1 μ de large, plus ou moins irrégulièrement disposés.

DESCRIPTION: L'échantillon figuré en 11, Pl. XVIII, montre bien les lèvres qui entourent les branches de la marque trilète. Les granules y sont grossièrement disposés. La taille est de 35 μ .

FRÉQUENCE: assez rare.

ÉTAGE: Infralias.

APPARTENANCE BOTANIQUE: inconnue.

Genre *LYCOPODIUMISPORITES*
(al. *Lycopodiumsporites* THIEGART 1938)
DANZÉ-COR., LAV. 1963

Génotype: *Lycopodiumsporites agathocus* [Pot. 1934 (39, p. 43, Pl. I, fig. 25)] Thiergart 1938 (53, p. 293).

Les spécimens entrant dans ce genre ont une forme triangulaire à subcirculaire. La marque trilète est formée de trois arêtes bien marquées atteignant presque l'équateur. La face distale est ornée d'un réticulum plus ou moins irrégulier. La face proximale n'est pas ou est peu ornementée.

Lycopodiumsporites semimuris
DANZÉ-COR., LAV. 1963
Pl. XVIII, fig. 12

Holotype: *Lycopodiumsporites semimuris* Danzé-Cor., Lav. 1963 (7, Pl. XI, fig. 15 a et b).

DESCRIPTION: Ce sont des spores triangulaires à sommets arrondis. Les branches de la marque trilète sont longues et atteignent presque l'équateur. L'exine est couverte de murailles minces (1 μ) et hautes (2 à 4 μ) plus ou moins ondulées qui constituent un réseau dont les mailles ne sont jamais fermées. Le spécimen figuré en 12, Pl. XVIII, présente une plus grande densité de murailles que l'espèce type créée par Danzé-Corsin, Laveine (7), mais comme la diagnose ne donne pas de précisions au sujet de la densité des murailles, cette spore peut très bien être rattachée à *L. semimuris*. Le long du contour équatorial les murailles forment des crêtes irrégulièrement réparties. La face proximale n'est pas ornée, la taille varie autour de 32 μ .

PROVENANCE: Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1, profondeur 308,20 à 324 m.

FRÉQUENCE : rare.

ÉTAGE : Infralias.

EXTENSION VERTICALE : Infralias.

APPARTENANCE BOTANIQUE : probablement Lycopodiacées.

Lycopodiumsporites clavatoides 1958

Pl. XVIII, fig. 13 a et b, 14, 15

Holotype : *Lycopodiumsporites clavatoides* Couper 1958 (12, p. 132, Pl. XV, fig. 10, 11).

DESCRIPTION : La forme de ces spores est subtriangulaire. Les arêtes de la marque trilète sont très nettes, elles sont presque égales au rayon de la spore. La face distale est couverte d'un réseau de mailles fermées, plus ou moins polyédriques, de large ouverture (5 à 10 μ), entourées de murailles minces (1 μ). Le long du contour équatorial ces murailles forment (Pl. XVIII, fig. 13 a) des sortes de créneaux au niveau desquels on peut voir des restes membraneux de périspore. La face proximale est peu ou n'est pas ornée. La taille est d'environ 40 μ .

PROVENANCE : Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1, profondeur 308,20 à 324 m.

FRÉQUENCE : commune.

ÉTAGE : Infralias.

EXTENSION VERTICALE : Infralias, Crétacé supérieur.

APPARTENANCE BOTANIQUE : probablement Lycopodiacées.

Genre *ISCHYISPORITES*

(al. *Ischyisporites* BALME 1957) nov. nom.

Génotype : *Ischyisporites crateris* Balme 1957 (2, p. 23, Pl. III, fig. 45).

Ce sont des spores dont le contour équatorial est triangulaire à arrondi. Les branches de la marque trilète sont presque ou entièrement égales au rayon de la spore, elles peuvent être plus ou moins bordées d'une marge. La face distale est fortement voûtée et épaisse. L'exine est creusée de cavités séparées par des murs puissants de 4 à 8 μ qui forment un réticulum irrégulier. La face proximale est beaucoup moins sculptée, elle peut être garnie de granules grossiers.

Ischyisporites punctatus COOKSON 1958

Pl. XVIII, fig. 16 a et b, 17 a et b

Holotype : *Ischyisporites* (al. *Ischyosporites*) *punctatus* Cookson 1958 (9, p. 104, Pl. XVI, fig. 1).

DESCRIPTION : Ces spores ont une forme triangulaire. Les côtés sont droits ou légèrement convexes, les angles sont arrondis. Les branches de la marque trilète atteignent presque le contour équatorial. Elles peuvent être bordées de lèvres. L'exine est très épaisse : 2 à 5 μ , du côté distal elle est sculptée de cavités de 2 à 4 μ de large, de forme irrégulière, arrondies, ovales, allongées, qui sont séparées par des murs puissants de 4 à 8 μ . La face proximale est couverte d'une dense ponctuation. La taille atteint 45 à 52 μ .

PROVENANCE : Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1, profondeur 308,20 à 324 m.

FRÉQUENCE : assez rare.

ÉTAGE : Infralias.

EXTENSION VERTICALE : Infralias, Albien, Jurassique supérieur.

APPARTENANCE BOTANIQUE : peut-être Dicksoniacées.

Ischyisporites crateris BALME 1957

Pl. XVIII, fig. 18 à 21

Holotype : l. c. Balme 1957 (2, p. 23, Pl. III, fig. 45).

DESCRIPTION : Les spécimens appartenant à cette espèce ont une forme subtriangulaire à subarrondie. Les arêtes de l'Y sont longues, elles atteignent le bord du contour équatorial. Elles peuvent être bordées d'une légère marge. La face distale est bombée, très épaisse, elle est creusée de cavités de 1 à 4 μ de large, de forme mal définie, plus ou moins polygonales, allongées et sinueuses, quelquefois anastomosées, séparées par des murs larges (4 à 8 μ). Cette sculpture figure un réticulum grossier et assez irrégulier. La face proximale est beaucoup moins ornée, elle peut porter quelques granules ou verrues. La taille est comprise entre 45 et 110 μ .

PROVENANCE : Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1, profondeur 308,20 à 324 m.

FRÉQUENCE : assez commune.

ÉTAGE : Infralias.

EXTENSION VERTICALE : Infralias, Secondaire supérieur. Couper (12) représente fig. 2 à 6, Pl. XIX sous le nom de *Klukisporites variegatus* des spores qui ressemblent beaucoup à celles figurées ici et qui ont été trouvées au Jurassique moyen.

APPARTENANCE BOTANIQUE : Dicksoniacées sans doute selon Balme. Couper pense que les spores appartenant à l'espèce *K. variegatus* peuvent être rattachées presque certainement aux Schizéacées.

Subdivision ZONOTRILETES WALTZ 1935

Série CINGULATI POT. et KLAUS 1954

Genre *ROGALSKAISPORITES*

DANZÉ-COR., LAV. 1963

Génotype : *Rogalskaisporites* (al. *Sporites*) *cicatricosus* [Rogalska 1954 (51, p. 26, Pl. XII, fig. 11)] Danzé-Cor., Lav. 1963.

Les spores de ce genre sont subtriangulaires à subcirculaires. Les branches de la marque trilète sont nettes et peuvent mesurer de la moitié aux 3/4 du rayon. L'exine est lisse ou infraoperculée, elle est partagée en trois zones : l'une centrale, bombée, portant la plus grande partie de l'Y, l'autre formant un anneau plus ou moins large autour de la précédente et portant des cicatrices radiales, la dernière enfin étant un *cingulum* assez étroit. La taille est comprise entre 30 et 60 μ .

Rogalskaisporites cicatricosus (ROGALSKA 1954)
DANZÉ-COR., LAV. 1963

Holotype : l. c. Rogalska 1954 (51, p. 26, Pl. XII, fig. 11).

DESCRIPTION : Ces spores ont une forme subtriangulaire à subcirculaire. Les branches de la fente de déhiscence atteignent les 4/5 de la longueur du rayon. La partie centrale est très bien développée, son diamètre mesure environ 18 à 20 μ . L'anneau qui l'entoure fait approximativement 1 à 2 μ de large et il est entaillé d'une dizaine de cicatrices dans chaque inter-radius. Le *cingulum* est très peu large : 1 à 2 μ . La taille avoisine 30 μ .

PROVENANCE : Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1, profondeur 308,20 à 324 m.

FRÉQUENCE : rare.

ETAGE : Infralias.

EXTENSION VERTICALE : Rogalska a trouvé les mêmes spores dans le Lias de Pologne. Mais si comme le disent Danzé-Corsin, Laveine (7) *Leiotri-*

letes bryongiensis et *Leiotriletes incertus* de Bolchovitina (5) ainsi que *Sterosporites perforatus* de Leschik (27) peuvent être identifiées avec *R. cicatricosus*, l'extension verticale va du Keuper au Crétacé.

Rogalskaisporites multicicatricosus

DANZÉ-COR., LAV. 1963

Pl. XVIII, fig. 23

Holotype : *Rogalskaisporites multicicatricosus* Danzé-Cor., Lav. 1963 (7, Pl. VI, fig. 23).

DESCRIPTION : La forme de ces spores est triangulaire arrondie. La marque trilète est bien distincte, ses branches atteignent environ les 4/5 du rayon. La partie bombée est légèrement excentrée sur l'échantillon 23 de la Pl. XVIII. Elle présente un contour ondulé à cause des cicatrices que porte la région annulaire qui l'entoure. Les cicatrices très serrées sont au nombre de 15 à 20 par inter-radius. Le *cingulum* est peu large : 2 à 3 μ . La taille de ces spores est voisine de 42 μ .

PROVENANCE : Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1, profondeur 308,20 à 324 m.

FRÉQUENCE : rare.

ETAGE : Infralias.

EXTENSION VERTICALE : Infralias.

APPARTENANCE BOTANIQUE : inconnue.

Genre *CINGULATISPORITES*
(THOM. in THOM. et PF. 1953) POT. 1956

Génotype : *Cingulatisporites levispeciosus* Pf. in Thom. et Pf. 1953 (56, p. 58, Pl. I, fig. 16).

De contour équatorial triangulaire arrondi, ces spores possèdent un *cingulum* de largeur à peu près constante. Les branches de l'Y atteignent le *cingulum* mais ne pénètrent pas dedans.

Cingulatisporites problematicus COUPER 1958
Pl. XVIII, fig. 24 à 27 et Pl. XIX, fig. 1, 2

Holotype : *Cingulatisporites problematicus* Couper 1958 (12, p. 146, Pl. XXIV, fig. 11).

DESCRIPTION : Ces spores présentent une forme triangulaire à côtés convexes. L'exine épaissie le long du contour équatorial forme un *cingulum* de 4 à 6 μ de large. Les branches de la fente de déhiscence sont fines, elles atteignent le bord interne du *cingulum*. La face proximale est lisse. La face distale est sculptée de côtes verruqueuses de 3 à

6 μ de large qui se forment dans l'épaisseur de l'exine, isolées, quelquefois anastomosées. Ces côtes peuvent ne pas être continues et former des *corrugae* indépendantes. La taille est comprise entre 40 et 50 μ .

PROVENANCE: Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1, profondeur 308,20 à 324 m.

FRÉQUENCE: commune.

ETAGE: Infralias.

EXTENSION VERTICALE: Infralias, Jurassique moyen et supérieur, Crétacé inférieur. T. Nilsson figure (32, Pl. II, fig. 15, 16 et 17) des spécimens qu'il appelle *Corrugatisporites scanicus* et qui ressemblent à ceux que Couper représente sous le nom de *Cingulatisporites problematicus* (12, Pl. XXIV, fig. 11). Il note d'ailleurs dans la description qu'il en fait que les spores figurées par Couper sont très proches des siennes, cependant il ne distingue pas de *cingulum* sur les échantillons qu'il trouve au Lias, d'où le nom générique qu'il leur donne.

APPARTENANCE BOTANIQUE: inconnue. Nilsson parle de rattacher les spores qu'il figure sous le nom de *Corrugatisporites scanicus* aux Schizéacées s'il se réfère à Thiery 1953 (55) et à Leschik 1955 (27) ou aux Dicksoniacées s'il se réfère à Malawkina 1953 (29).

Genre *POLYPODLACEOISPORITES* Pot. 1951

Génotype: *Polypodiaceoisporites* (al. *Sporites*) *speciosus* [Pot. 1934 (39, p. 44, Pl. I, fig. 32)] Pot. 1951, p. 44.

Ce sont des spores dont le contour équatorial est triangulaire et dont les angles sont arrondis. Elles possèdent un *cingulum* dont l'épaisseur n'est pas régulière. Les branches de l'Y atteignent presque le *cingulum* mais ne pénètrent pas à l'intérieur. La sculpture est très forte, elle peut être composée de murs réunis ou d'éléments isolés. Elle est hamulée, corruguée ou réticulée.

cf. *Polypodiaceoisporites* (Pot. 1934) Pot. 1951
Pl. XIX, fig. 3 a et b

DESCRIPTION: Le spécimen figuré en 3, Pl. XIX est de forme triangulaire arrondi. Il possède un *cingulum* de 3 à 8 μ de large. Les arêtes de l'Y sont droites, elles atteignent presque le bord interne du *cingulum*. La face distale est ornée d'un réticulum à mailles très larges: 6 à 10 μ qui ont une forme arrondie à polygonale. Les murs qui les

séparent sont plus ou moins étroits, ils peuvent par endroit ne mesurer qu'1 μ , pour s'élargir à d'autres endroits jusque 4 à 5 μ . La face proximale est difficile à observer. L'ornementation y semble réduite. L'ornementation distale de cette spore paraît se rapprocher de celle donnée par Potonié (41) dans la diagnose du genre *Polypodiaceoisporites*: « auf der distalseite reticulat mit \pm dünnwandigen Muri ». C'est pourquoi ce spécimen a été rapproché de ce genre.

PROVENANCE: Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1, profondeur 308,20 à 324 m.

FRÉQUENCE: un seul échantillon.

ETAGE: Infralias.

EXTENSION STRATIGRAPHIQUE: Infralias.

Polypodiaceoisporites minor KEDVES 1961
Pl. XIX, fig. 4

Holotype: *Polypodiaceoisporites minor* Kedves 1961 (23, p. 138, Pl. VII, fig. 27, 28).

DESCRIPTION: Ces spores ont une forme triangulaire quelquefois grossièrement circulaire. Elles sont entourées par un *cingulum* de 4 μ environ. Les branches de la marque trilète parcourent environ les 2/3 du rayon. La face distale du corps central est garnie de *corrugae* ou de verrues de forme plus ou moins arrondie ou irrégulière, dont la taille varie autour de 2 à 3 μ et qui semblent réparties de manière plus ou moins dense en un anneau externe. La face proximale est peu sculptée. Les branches de l'Y sont entourées d'une légère côte ondulée. La taille est d'environ 32 μ .

PROVENANCE: Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1, profondeur 308,20 à 324 m.

FRÉQUENCE: très rare.

ETAGE: Infralias.

EXTENSION VERTICALE: Infralias, Sparnacien.

APPARTENANCE BOTANIQUE: inconnue.

Genre *DENSOISPORITES*
WEYLAND et KRIEGER 1953

Génotype: *Densoisporites velatus* Weyl. et Kr. 1953 (57, p. 12, Pl. IV, fig. 13, 14).

Ces spores ont un contour équatorial subtriangulaire à subarrondi. Elles possèdent un *cingulum* formé de petits plis plus ou moins réguliers. Les branches de la marque trilète peuvent atteindre le *cingulum*.

Densoisporites regularis DANZÉ-COR., LAV. 1963
Pl. XIX, fig. 5

Holotype : *Densoisporites regularis* Danzé-Cor., Lav. 1963
(7, Pl. VII, fig. 5).

DESCRIPTION : Les spores faisant partie de cette espèce sont triangulaires arrondies. Elles montrent un *cingulum* qui forme une bande de constante largeur le long du contour équatorial et qui est très particulier car il est formé d'une succession de petits plis très rapprochés. La marque trilète est faite de trois fines branches qui atteignent environ les 2/3 du rayon de la spore et qui sont bordées de part et d'autre d'une traînée de petits boursoufflements arrivant presque jusqu'à l'équateur. La couche interne peut être légèrement décollée comme sur le spécimen figuré en 5, Pl. XIX où elle forme un anneau parallèle au *cingulum* et très rapproché de lui. L'exine est granuleuse. Il y a 3 petits tubercules inter-radiaux au niveau de l'apex. La taille varie autour de 65 μ .

PROVENANCE : Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1, profondeur 308,20 à 324 m.

FRÉQUENCE : assez commune.

ÉTAGE : Infralias.

EXTENSION VERTICALE : Infralias.

APPARTENANCE BOTANIQUE : peut être Sélaginellacées.

Densoisporites sp.
Pl. XIX, fig. 6

DESCRIPTION : L'échantillon représenté Pl. XIX, fig. 6, est très particulier, car il montre un *cingulum* très large, égal à plus de la moitié du rayon de la spore et très fortement plissé. La marque trilète est peu visible. Le corps de la spore est beaucoup plus clair que le *cingulum*, il est légèrement chagriné. La taille est d'environ 38 μ .

PROVENANCE : Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1, profondeur 308,20 à 324 m.

FRÉQUENCE : un seul échantillon.

ÉTAGE : Infralias.

EXTENSION VERTICALE : Infralias.

Genre *CAMAROZONISPORITES*
(al. *Camarozonosporites* PANT. 1954 ex POT. 1956)
DANZÉ-COR., LAV. 1963

Génotype : *Camarozonosporites* (al. *Rotaspora*) *cretaceus*
Wey. et Kr. 1953 (57, p. 12, Pl. III, fig. 27).

Ces spores ont un contour équatorial presque triangulaire. Elles possèdent un *cingulum* qui se rétrécit au niveau des sommets à l'endroit où les branches de l'Y atteignent le *cingulum*.

Camarozonosporites heskemensis
(PFLANZL 1955) KRUTZSCH 1958
Pl. XIX, fig. 7

Holotype : *Camarozonosporites* (al. *Camarozonosporites*)
heskemensis Fl. 1955 (31, Pl. VI, fig. 26 a et b).

DESCRIPTION : Les spores de cette espèce ont une forme triangulaire, les côtés sont convexes et les angles arrondis. Le contour est légèrement ondulé. Les branches de la marque trilète atteignent plus ou moins l'équateur. Elles peuvent être bordées d'un léger kytome au niveau des inter-radius. L'ornementation prédomine sur la face distale, elle existe également sur le *cingulum*, elle est faite de sortes de côtes de 1 à 1,5 μ de large dont le trajet est irrégulier. La taille est d'environ 36 μ .

PROVENANCE : Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1, profondeur 308,20 à 324 m.

FRÉQUENCE : assez commune.

ÉTAGE : Infralias.

EXTENSION VERTICALE : Infralias, Tertiaire.

APPARTENANCE BOTANIQUE : peut être Lycopodiacées.

Subdivision AURITOTRILETES POT. et KR. 1954

Genre *TRILOBISPORITES* nov. nom.
(al. *Trilobosporites* PANT. 1954)

Génotype : *Trilobisporites* (al. *Concavisporites*) *hannonicus* [Delc. et Spr. 1955 (14, p. 24, Pl. XXII, fig. 3)]
Pot. 1956.

Les spores appartenant à ce genre ont un contour équatorial triangulaire avec des côtés concaves. L'exine chez le génotype est bien micro-réticulée, elle peut être aussi verruquée. Les angles sont arrondis, épaissis, comme munis de *valvae*.

Cf. *Trilobisporites* PANT. 1954
Pl. XVIII, fig. 4

DESCRIPTION : Le spécimen figuré en 4 Pl. XVIII est bien de forme triangulaire comme les spores appartenant au genre *Trilobisporites*, mais ses côtés sont droits et non concaves, aussi n'a-t-il été

que rapproché de ce genre. De plus, les trois épaisissements qu'il montre au niveau de ses sommets ne sont pas aussi développés que ceux du genre *Trilobisporites*, bien qu'ils soient très nets et forment une bordure régulièrement ondulée à chaque angle de la spore. L'ornementation de cet échantillon est faite de sortes de petites billes de 3 à 5 μ de diamètre, irrégulièrement disséminées sur toute la spore. Les branches de la marque trilète sont égales aux 2/3 du rayon de la spore, elles sont largement ouvertes et leur bord présente un aspect festonné. La taille est d'à peu près 80 μ .

PROVENANCE: Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1, profondeur 308,20 à 324 m.

FRÉQUENCE: un seul échantillon.

ETAGE: Infralias.

Groupe des POLLENITES POT. 1931

Division SACCITES ERDTMAN 1947

Subdivision MONOSACCITES (CHITALEY 1951) POT. et KR. 1954

Série ALETESACCITI LESCHIK 1955

Genre *TSUGAEPOLLENITES* POT. et VEN. 1934

Génotype: *Tsugaepollenites* (al. *Sporites*) *igniculus* Pot. 1931 (38, p. 556, fig. 2), Pot. et Ven. 1934 (48).

Les pollens faisant partie du genre *Tsugaepollenites* ont une forme ovoïde-arrondie. Sur le corps du pollen se trouvent de petites vésicules sacciformes qui donnent au contour équatorial un aspect frisé à dentelé. Il n'existe pas de marque de déhiscence, mais une surface ovoïde-arrondie sans aucune ornementation qui est située approximativement au centre du pollen.

Tsugaepollenites mesozoicus COUPER 1958 Pl. XIX, fig. 12

Holotype: *Tsugaepollenites mesozoicus* Couper 1958 (12, p. 155, Pl. XXX, fig. 8).

DESCRIPTION: Ce sont des pollens qui peuvent présenter une forme ovale, elliptique ou arrondie. Le corps des spécimens est couvert d'expansions vésiculeuses plus ou moins tordues ayant environ 4 à 6 μ de haut, qui au pôle proximal sont moins bien développées et forment plutôt des crêtes irrégulières, et qui au pôle distal laissent la place à une surface ovoïde-arrondie de 20 μ environ correspondant sans doute à l'aire germinale et où l'exine est lisse. La taille est d'environ 50 à 60 μ .

PROVENANCE: Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1, profondeur 308,20 à 324 m.

FRÉQUENCE: commune.

ETAGE: Infralias.

EXTENSION VERTICALE: Infralias, Tertiaire.

APPARTENANCE BOTANIQUE: comparable aux grains de pollen de *Tsuga*.

Subdivision DISACCITES COOKSON 1947

REMARQUE: Dans la description qui va suivre des grains de pollen disaccates, le profil visible du corps du grain aplati correspond au plan de section principale. Pour les différentes mesures des ballonnets et du corps du grain il a semblé judicieux d'utiliser le schéma proposé par Jansonius (21), repris par Danzé-Corsin, Laveine (7) et reproduit ici.

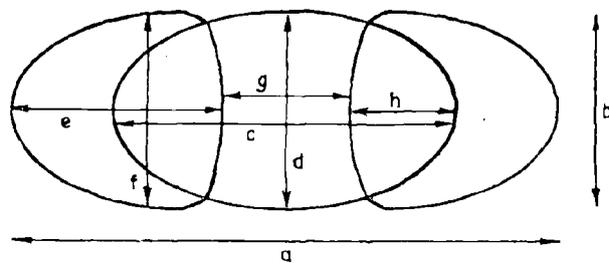


FIG. 1

Série DISACCIATRILETI (LESCHIK 1955) DANZÉ-COR., LAV. 1963

Genre *SUCCINTIPOLLENITES* nov. nom. (al. *Succintisporites* LESCHIK 1955)

Génotype: *Succintipollenites* (al. *Succintisporites*) *grandior* Leschik 1955 (27, p. 50, Pl. VII, fig. 12).

Ce sont des grains de pollen bisaccates, plus ou moins monosaccates. Le corps du grain est légèrement incliné sur les ballonnets qui ne sont jamais fermement délimités et qui montrent un réticulum ressemblant à celui des *Abietinaepollenites*.

Succintipollenites sp.

Pl. XIX, fig. 13

DESCRIPTION : Le spécimen figuré en 13, Pl. XIX possède 2 ballonnets mais présente une allure de pollen monosaccate car les sacs se réunissent latéralement sur une largeur d'environ 4 à 6 μ . Le contour général du grain est ovale, le corps du grain est lui aussi ovale, il est incliné sur les ballonnets et son ornementation consiste en une petite granulation dense. Les sacs portent une réticulation abiétinoïde faite de mailles plus ou moins polygonaux séparées par des murs ayant un bon relief.

Dimensions générales : a : 98 μ , b : 52 μ .

Corps central : c : 46 μ , d : 46 μ .

ballonnets : e : 30 μ , f : 38 μ — g : 28 μ , h : 10 μ .

PROVENANCE : Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1, profondeur 308,20 à 324 m.

FRÉQUENCE : un seul échantillon.

ETAGE : Infralias.

EXTENSION VERTICALE : Infralias.

APPARTENANCE BOTANIQUE : Leschik rattache le genre *Succintipollenites* aux Podocarpaceés.

Genre *VITREIPOLLENITES*

(al. *Vitreisporites* LESCHIK 1955, JANSONIUS 1960)

DANZÉ-COR., LAV. 1963

Génotype : *Vitreipollenites* (al. *Vitreisporites*) *signatus* Leschik 1955 (27, p. 53, Pl. VIII, fig. 10).

Ce sont des grains de pollen disaccates dont le corps est ovale à arrondi et dont les sacs sont finement réticulés.

Vitreipollenites signatus LESCHIK 1955

Pl. XIX, fig. 14, 15

Holotype : l. c. Leschik 1955 (27, p. 53, Pl. VIII, fig. 10).

DESCRIPTION : Ces grains de pollen possèdent deux sacs et très rarement trois. Le corps des grains est ovale ou arrondi. Les ballonnets ont une forme semi-circulaire, ils montrent une fine réticulation légèrement radiaire. Leurs racines proximales sont attachées environ au niveau du plan de section principale, tandis que leurs racines distales dont le raccordement avec le corps du grain est souligné par une trainée de petits granules, ne laissent subsister entre elles qu'une mince bande germinale. Dimensions générales : a : 30 μ , b : 20 μ .

Corps central : c : 12 μ , d : 18 μ .

ballonnets : e : 12 μ , f : 20 μ — g : 3 μ , h : 3 μ .

PROVENANCE : Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1, profondeur 308,20 à 324 m.

FRÉQUENCE : commune.

ETAGE : Infralias.

EXTENSION VERTICALE : Trias, Tertiaire.

APPARTENANCE BOTANIQUE : peut-être Caytoniales.

Genre *ABIETINEAEPOLLENITES* Pot. 1951

Génotype : *Abietinaepollenites microalatus* Pot. 1931 (38, p. 5, fig. 34), Pot. 1951.

Ce sont des grains de pollen disaccates de forme générale ovale. La calotte qui recouvre le corps central est du côté proximal peu marquée. Le corps des grains est subcirculaire, les ballonnets sont à peu près semi-circulaires.

Abietinaepollenites microalatus major Pot. 1951
Pl. XIX, fig. 16 a et b

Holotype : l. c. Pot. 1931 (38, p. 5, fig. 34).

DESCRIPTION : Ils ont un contour général ovale allongé. Le corps des grains est sensiblement arrondi, la taille des ballonnets est au plus égale à un demi-cercle. Les racines proximales s'attachent dans le plan de section principale et les racines distales laissent entre elles une assez large surface germinale. Les sacs montrent un réticulum à mailles perlées polyédriques de 2 à 4 μ dont la taille diminue très près de l'attache des ballonnets avec le corps du pollen.

Dimensions générales : a : 82 μ , b : 48 μ .

Corps central : c : 46 μ , d : 48 μ .

ballonnets : e : 28 μ , f : 50 μ — g : 22 μ , h : 10 μ .

PROVENANCE : Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1, profondeur 308,20 à 324 m.

FRÉQUENCE : peu commune.

ETAGE : Infralias.

EXTENSION VERTICALE : Infralias, Tertiaire. Surtout connue au Tertiaire.

APPARTENANCE BOTANIQUE : peut-être Abiétinées.

cf. *Abietinaepollenites*
Pl. XIX, fig. 18 a et b, 19

DESCRIPTION : Les spécimens figurée en 18 et 19 Pl. XIX ont été rapprochés d'*Abietinaepollenites* car tous deux montrent un réticulum qui ressemble

beaucoup à celui de ce genre par ses mailles assez bien formées. Le mode d'attache des sacs du pollen représenté en 19 pourrait suggérer un rapprochement avec le genre *Pinuspollenites*, mais l'allure régulière du réticulum et les mailles perlées qui le composent inclinent plutôt à le rattacher à *Abietineupollenites*.

Dimensions générales du grain figuré en 18 :

a : 100 μ , b : 68 μ

Corps central : c : 56 μ , d : 64 μ .

ballonnets : e : 40 μ , f : 66 μ — g : 20 μ , h : 14 μ .

Dimensions générales du grain figuré en 19 :

a : 78 μ , b : 44 μ

Corps central : c : 42 μ , d : 42 μ .

ballonnets : e : 46 μ , f : 42 μ — g : 15 μ , h : 12 μ .

PROVENANCE: Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1, profondeur 308,20 à 324 m.

Genre *PINUSPOLLENITES* RAATZ 1937

Génotype : *Pinuspollenites* (al. *Pollenites*) *labdacus* Pot. 1931 (38, p. 5, fig. 32) Raatz 1937.

Ce sont des pollens dont le corps est rond ou légèrement elliptique et dont les sacs plus ou moins grands et en forme de 1/2 cercle sont déjetés assez fortement du côté distal. La texture de la calotte est plus ou moins développée, il y a fréquemment des crêtes marginales.

Pinuspollenites cf. *vancampoi* DANZÉ-COR., LAV. 1963
Pl. XX, fig. 1

Holotype : *Pinuspollenites vancampoi* Danzé-Cor., Lav. 1963 (7, Pl. X, fig. 24, 25).

DESCRIPTION : Le contour général de ce pollen est ovale. Le corps central est lui aussi ovale, très allongé dans le sens de la hauteur et finement granuleux. Les sacs ont la forme de croissants très allongés. Sur le spécimen représenté en 1 Pl. XX ils sont aplatis et repliés sur le corps du pollen de telle manière qu'ils se touchent. Leur ornementation est faite d'un réticulum à petites mailles.

Dimensions générales : a : 40 μ , b : 62 μ

Corps central : 40 μ , d : 62 μ .

ballonnets : e : 20 μ , f : 58 μ — g : 0 μ , h : 20 μ .

PROVENANCE: Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1, profondeur 308,20 à 324 m.

FRÉQUENCE : un seul échantillon.

ÉTAGE : Infralias.

EXTENSION VERTICALE : Infralias.

Pinuspollenites verrucosus n. sp.

Pl. XX, fig. 2 à 6

Holotype : Pl. XX, fig. 4, spore isolée n° 182.

PROVENANCE: Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1, profondeur 308,20 à 324 m.

DIAGNOSE : Corps du grain de pollen arrondi à ovale, sacs ayant gardé un certain volume. Faible surface germinale. Présence d'une calotte grossièrement verruqueuse et de crêtes marginales bien développées. Réticulum des sacs plus ou moins bien formé.

DESCRIPTION : Ce sont des grains de pollen qui possèdent un corps plus ou moins arrondi à ovale et des sacs ayant gardé un certain volume. Les racines proximales des sacs sont attachées au corps du grain environ dans le plan de section principal et les racines distales dont l'insertion est bien nette ne laissent entre elles qu'une plus ou moins faible surface germinale. La calotte est grossièrement verruqueuse. Les crêtes marginales sont très bien développées particulièrement au niveau des racines proximales, elles représentent un épaississement verruqueux de l'exine. Les sacs montrent un réticulum plus ou moins bien formé de mailles souvent polyédriques et dont les murailles sont très légèrement perlées.

Dimensions générales : a : 60 μ , b : 44 μ

Corps central : c : 40 μ , d : 44 μ .

ballonnets : e : 22 μ , f : 44 μ — g : 14 μ , h : 12 μ .

FRÉQUENCE : assez commune.

ÉTAGE : Infralias.

EXTENSION VERTICALE : Infralias.

Pinuspollenites sp.

Pl. XX, fig. 7, 8, 9

DESCRIPTION : Les trois spécimens figurés en 7, 8, 9, Pl. XX ont été rapprochés les uns des autres car ils montrent un corps ovale-arrondi recouvert d'une calotte finement granuleuse (ceci est bien visible sur le pollen 7 qui est vu de profil). Les sacs sont plus petits qu'un demi-cercle, leurs racines proximales sont attachées dans le plan de section principal, tandis que leurs racines distales fortement rapprochées l'une de l'autre, ne laissent entre elles qu'une mince surface germinale allongée. L'ornementation des sacs est faite d'un réticulum à mailles irrégulières, mal fermées, dont les murs ont un certain relief.

Dimensions générales : a : 72 μ , b : 68 μ
Corps central : c : 60 μ , d : 60 μ .
ballonnets : e : 34 μ , f : 56 μ — g : 6 μ , h : 22 μ .
PROVENANCE: Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1,
profondeur 308,20 à 324 m.
FRÉQUENCE : assez rare.
ÉTAGE : Infralias.
EXTENSION VERTICALE : Infralias.

Pinuspollenites labdacus POT. 1931
Pl. XX, fig. 10

Holotype : *Pinuspollenites labdacus* Pot. 1931 (38, Pl. VI,
fig. 8).

DESCRIPTION : Le corps de ces petits grains de
pollen est plus ou moins arrondi en vue polaire ou
trapézoïdale en vue latérale. Les saes sont souvent
plus grands qu'un demi-cercle. Les parties proxi-
males et distales du corps du grain sont séparées
par une traînée de petits granules qui, chez le
spécimen figuré en 10 Pl. XX, peut faire croire à
un raccordement des ballonnets. Les racines distales
laissent entre elles une zone germinale assez étroite.
Le corps du grain est très légèrement granuleux,
tandis que les saes montrent un infraréticulum à
mailles grossières de 2 à 4 μ .

Dimensions générales : a : 60 μ , b : 32 μ
Corps central : c : 36 μ , d : 32 μ .
ballonnets : e : 25 μ , f : 28 μ — g : 10 μ , h : 12 μ .
PROVENANCE: Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1,
profondeur 308,20 à 324 m.

FRÉQUENCE : assez commune.
ÉTAGE : Infralias.
EXTENSION VERTICALE : Infralias, Oligocène.

Genre *ALIPOLLENITES* DANZÉ-COR., LAV. 1963
(al. *Alisporites* DAUGHERTY 1941)

Génotype : *Alipollenites* (al. *Alisporites*) *opi* Daugherty
1941 (13, p. 98, Pl. XXXIV, fig. 2).

Le contour total du pollen est plus ou moins
ovale. Les saes du côté distal ne laissent entre eux
qu'un sillon germinal d'une faible largeur.

Alipollenites sp.
Pl. XX, fig. 11

DESCRIPTION : Les saes du spécimen figuré en 11
Pl. XX sont repliés l'un sur l'autre, aussi la déter-
mination de cet échantillon est-elle mal aisée. La

forme générale du grain lorsqu'il n'est pas replié
doit être ovale. Le corps central ovale-arrondi porte
une fine granulation que l'on peut discerner sur la
tranche du pollen reproduit en 11 Pl. XX. La réti-
culation des ballonnets est assez fine, elle est faite
de mailles irrégulières plus ou moins bien formées
dont la taille diminue au niveau des racines des
ballonnets.

PROVENANCE: Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1,
profondeur 308,20 à 324 m.

FRÉQUENCE : un seul exemplaire.
ÉTAGE : Infralias.
EXTENSION VERTICALE : Infralias.

Incertae sedis
Pl. XX, fig. 12

DESCRIPTION : L'échantillon figuré en 12 Pl. XX
a un contour général très allongé presque rectan-
gulaire. Le corps du grain est ovale, il est couvert
d'une très fine granulation. Les saes portent un
infraréticulum fait de mailles très allongées plus
ou moins polyédriques. Les racines proximales
s'attachent dans le plan de section principal, les
racines distales laissent entre elles une surface
germinale sensiblement rectangulaire assez étroite.

Dimensions générales : a : 108 μ , b : 60 μ
Corps central : c : 36 μ , d : 54 μ .
ballonnets : e : 48 μ , f : 56 μ — g : 16 μ , h : 22 μ .

PROVENANCE: Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1,
profondeur 308,20 à 324 m.

FRÉQUENCE : un seul exemplaire.
ÉTAGE : Infralias.
EXTENSION VERTICALE : Infralias.

Division CIRCUMPOLLES (PFL. 1953) KLAUS 1960

Genre *CLASSOPOLLENITES*
(al. *Classopollis* PFLUG 1953, POC. et JANS. 1961)
DANZÉ-COR., LAV. 1963

Génotype : *Classopollenites classoides* Pflug 1953 (34,
p. 91, Pl. XVI, fig. 29, 31).

Ce sont des grains de pollen ovoïdes à sphériques
ou présentant une forme de gland aplati. Ils pos-
sèdent un seul pore situé distalement. L'exine est
formée de deux couches : l'exoxine qui peut être
absente ou qui est réduite à une aire circulaire

entourant le pôle distal ainsi qu'à une aire triangulaire située au pôle proximal, et l'intexine qui porte fréquemment une marque en Y proximale réduite et n'ayant pas de fonction germinale. L'exine est ornée de striations qui forment un ruban entourant l'équateur et marquant une zone d'épaississement.

Classopollenites classoides (PFLUG 1953)

POCOCK et JANSONIUS 1961

Pl. XX, fig. 13, 14 a et b, 15

Holotype : l. c. Pocock et Jansonius (35, p. 91, Pl. XVI, fig. 29, 30).

DESCRIPTION : Les pollens appartenant à cette espèce sont ovoïdes ou aplatis en forme de gland. Leur section équatoriale est circulaire. Ils possèdent un seul spore distal de forme arrondie dont le diamètre atteint 12 à 15 μ . L'exine est formée de deux couches, l'intexine fine (1 μ environ), lisse, qui recouvre tout le corps de la spore et qui peut montrer une petite marque trilète au pôle proximal, mais ne joue pas de rôle germinale, et l'exoexine de 1 à 2 μ d'épaisseur, divisible en deux zones distinctes. Une première zone enveloppant l'hémisphère proximal et une seconde de 5 μ de large environ entourant l'intexine au pôle distal. Cette ceinture distale est séparée de l'exoexine proximale par un amincissement de l'exine au niveau duquel l'exoexine est absente ou réduite (cet amincissement = rimula de Pflug). Au pôle proximal se trouve une surface triangulaire où l'exoexine est absente. A l'équateur cette exoexine est épaissie et forme une ceinture de 9 μ de large environ composée de striations (4 ou un plus grand nombre). L'ornementation exoexinale consiste en petits trous distribués radialement à la surface du grain. Le diamètre polaire est compris entre 18 et 24 μ , le diamètre équatorial entre 21 et 33 μ .

PROVENANCE : Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1, profondeur 308,20 à 324 m.

FRÉQUENCE : très abondant.

ETAGE : Infralias.

EXTENSION VERTICALE : Permien, Eocène. Il y aurait, selon Jansonius, une première grande abondance de cette espèce à la limite Trias Lias et une seconde à la limite Jurassique Crétacé.

APPARTENANCE BOTANIQUE : variable. Ces grains de pollen pourraient provenir de *Cherolepis*, *Pagiophyllum* et *Brachyphyllum*.

Classopollenites belloyensis POC. et JANSON. 1961
Pl. XX, fig. 16, 17

Holotype : *Classopollenites belloyensis* Pocock et Jansonius (35, Pl. I, fig. 10, 12).

DESCRIPTION : Ce sont des grains de pollen plus ou moins circulaires en section polaire dont l'exine est formée de deux couches. L'intexine qui est fine jaunâtre et qui constitue un corps central globulaire et l'exoexine qui est plus épaisse jaune pâle à hyaline et qui s'accroît surtout dans la région équatoriale (ceci est bien visible sur les échantillons 16 et 17 de la Pl. XX) et qui enveloppe le corps central. Le pore est constitué par une surface de 12 μ de diamètre environ située au pôle distal et au niveau de laquelle l'exoexine est absente. A l'équateur cette exoexine s'épaissit et forme une large ceinture de 12 μ environ qui consiste en la juxtaposition de 8 à 10 bandes ou rainures parallèles. Cette ornementation n'est pas très distincte sur le contour, c'est pourquoi elle serait peut-être interne. Le diamètre équatorial varie autour de 38 μ et le diamètre polaire autour de 30 μ .

PROVENANCE : Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1, profondeur 308,20 à 324 m.

FRÉQUENCE : assez rare.

ETAGE : Infralias.

EXTENSION VERTICALE : Permien moyen et supérieur, Infralias.

APPARTENANCE BOTANIQUE : inconnue.

Classopollenites sp.

Pl. XX, fig. 18

DESCRIPTION : Le grain de pollen représenté en 18 Pl. XX a une forme triangulaire ovale à arrondie, il montre une marque trilète nettement développée dont les branches atteignent environ les 4/5 du rayon et dont la largeur va en s'accroissant vers les extrémités. L'ornementation du pollen consiste en de minuscules perforations qui forment sur son pourtour une sorte d'anneau criblé de largeur régulière (2 à 2,5 μ). Rössinger figure (50, fig. 29, Pl. XIV) un pollen ressemblant tout à fait à celui représenté ici, auquel il ne donne pas de nom mais qu'il rattache probablement aux pollens Ptéridospermées.

PROVENANCE : Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1, profondeur 308,20 à 324 m.

FRÉQUENCE : un seul exemplaire.

ETAGE : Infralias.

EXTENSION VERTICALE : Infralias.

APPARTENANCE BOTANIQUE : d'après Ressinger, probablement pollen de Ptéridospermées.

Division Plicates Pot. 1960
(al. *Plicata* NAUMOVA 1937-1939)

Subdivision PRAECOLPATES Pot. et Kr. 1954

Les spécimens faisant partie de cette subdivision sont considérés comme des prépollens. Ils sont caractérisés par la présence de trois sillons parallèles dont le développement n'est pas égal. Le plus fort des trois peut être comparé à la fente des spores monolètes, tout en étant moins marqué.

Genre *EUCOMMIIDIPOLLENITES* nov. nom.
(al. *Eucommiidites* ERDT. 1948, COUPER 1958)

Génotype : *Eucommiidipollenites* (al. *Eucommiidites*) *troedssonii* Erdtman 1948 (17, p. 267, fig. 15).

Ce sont des grains de pollen qui possèdent un sillon généralement mieux développé que les deux autres et qui ressemble à l'unique sillon de certains grains de pollen gymnospermes. Le contour général est elliptique. L'exine est lisse ou très légèrement infraopnetuée.

Eucommiidipollenites troedssonii ERDTMAN 1948
Pl. XX, fig. 19

Holotype : l.c. Erdtman 1948 (17, p. 267, fig. 15).

DESCRIPTION : Ces prépollens ont trois sillons dont l'un est beaucoup mieux développé que les deux autres. Il s'étend sur presque toute la longueur du grain, se rétrécit dans sa partie moyenne et s'élargit à ses extrémités. Les deux autres sillons sont beaucoup moins développés et bien que Couper dise qu'ils sont représentés par « une fente tranchante dentelée », sur l'échantillon figuré en 19 Pl. XX ils sont à peine visibles et un seul peut être discerné au microscope en faisant varier la vis micrométrique. La surface sur laquelle se trouve le sillon principal est plus plate que celle portant les sillons mineurs. L'exine est épaisse 1 à 2 μ . Elle est lisse ou très légèrement infraopnetuée.

PROVENANCE : Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1, profondeur 308,20 à 324 m.

FRÉQUENCE : très rare.

ÉTAGE : Infralias.

EXTENSION VERTICALE : Infralias, Jurassique moyen et supérieur et Wealdien.

APPARTENANCE BOTANIQUE : pollen de Gymnospermes selon Couper.

Subdivision POLYPLICATES ERDTMAN 1952

Série TRIPTYCHES NAUMOVA 1937-1939
(al. *Triptycha*)

Genre *PRETRICOLPIPOLLENITES*
DANZÉ-COR., LAV. 1963

Génotype : *Pretricolpipollenites ovalis* Danzé-Cor., Lav. 1963 (7, Pl. XI, fig. 19 a et b).

Ce sont des grains de pollen fusiformes dont l'exine est tout à fait lisse. Ils possèdent trois sillons dont un médian parcourant toute la longueur du grain, bordé de replis, beaucoup plus développé que les deux autres qui n'atteignent que les 2/3 de la longueur du premier.

Pretricolpipollenites ovalis DANZÉ-COR., LAV. 1963
Pl. XX, fig. 20, 21

Holotype : l.c. Danzé-Cor., Lav. 1963 (7, Pl. XI, fig. 10 a et b).

DESCRIPTION : Ces grains de pollen ont un contour ovale allongé (ils sont environ 1 fois et demie plus hauts que larges). Leur exine est lisse. Ils montrent un sillon principal médian de 3 μ de large environ qui peut s'élargir aux extrémités et atteindre 4 à 4,5 μ . Les échantillons 20 et 21 de la Pl. XX ne présentent pas un sillon élargi en son centre comme ceux figurés par Danzé-Corsin, Laveine (7). Mais cette petite différence ne semble pas devoir empêcher le rattachement des spécimens de la Pl. XX à *P. ovalis*. Les sillons latéraux sont plus petits que le sillon médian (2/3 environ) en forme de croissants très allongés, ils ne sont pas bordés de replis de l'exine. La taille est d'environ 30 à 35 μ .

PROVENANCE : Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1, profondeur 308,20 à 324 m.

FRÉQUENCE : assez rare.

ÉTAGE : Infralias.

EXTENSION VERTICALE : Infralias.

APPARTENANCE BOTANIQUE : inconnue.

Genre *CUPULIFEROIDAEPOLLENITES*
POT., THOM. et THIERG. 1950

Génotype : *Cupuliferoidaeipollenites liblarensis* Thom. in Pot., Th. et Thierg. 1950 (47, Pl. B, fig. 26).

Ovoïdes, élancés, ces grains de pollen peuvent être aussi plus ou moins cylindriques. Ils ont

trois *colpae*. Les pôles sont nettement arrondis. L'exine est hyaline, lisse, peut avoir une très légère infratexture.

cf. *Cupuliferoideaepollenites*
POT., THOM. et THIERG. 1950
Pl. XX, fig. 22

DESCRIPTION : Le spécimen figuré ici montre beaucoup de plis, aussi n'a-t-il pu être rattaché avec certitude au genre *Cupuliferoideaepollenites*. Il semble pourtant présenter trois *colpae* distincts des plis. La forme est ovale, allongée, les pôles sont arrondis. Les *colpae* parcourent toute la longueur du grain, leurs extrémités convergent vers l'équateur. La taille est d'environ 50 μ .

PROVENANCE: Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1, profondeur 308,20 à 324 m.

FRÉQUENCE : très rare.

ETAGE : Infralias.

EXTENSION VERTICALE : Infralias.

Incertae sedis
Pl. XX, fig. 23

DESCRIPTION : Ce pollen a un contour fusiforme, ses pôles sont assez pointus, son exine est jaune clair, tout à fait lisse. Le très grand nombre de replis qu'il montre est un obstacle à sa détermination, car il est difficile de distinguer les *colpae* des replis de l'exine. La taille est d'environ 55 μ . La hauteur est égale au plus du double de la largeur.

PROVENANCE: Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1, profondeur 308,20 à 324 m.

FRÉQUENCE : très rare.

ETAGE : Infralias.

EXTENSION VERTICALE : Infralias.

Hystrichosphères ?
Pl. XX, fig. 24, 25, 26

DESCRIPTION : Les trois spécimens figurés en 24, 25, 26, Pl. XX, ne montrent aucune marque, il paraît donc difficile de les rattacher au groupe des Sporites. Ils présentent un corps arrondi dont la taille varie entre 20 et 30 μ , avec une membrane fortement plissée chez les échantillons 25 et 26. Ils portent des épines de 10 à 15 μ disposées radialement, dont les extrémités s'amincissent tout à fait et dont la densité est beaucoup plus grande sur les spécimens figurés en 25 et 26 que sur celui

représenté en 24. Klaus en 1960 (24, Pl. XXXVIII, fig. 75) montre un spécimen qui ressemble beaucoup à ceux figurés ici, et qu'il nomme cf. *Hystrichosphæridium*.

PROVENANCE: Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1, profondeur 308,20 à 324 m.

FRÉQUENCE : rare.

ETAGE : Infralias.

?

DESCRIPTION : Cet échantillon est tout à fait particulier. Ses deux faces sont bombées, elles sont couvertes de petits trous qui figurent parfaitement les alvéoles des abeilles et qui sont aussi régulièrement disposées que les dites alvéoles. Cet échantillon a été vu dans son intégrité et les trois cassures qu'il montre ne sont dues qu'à un écrasement malencontreux entre lame et lamelle. Il ne présente aucune marque, aucune fente, aucun pore particulier.

Cette forme rappelle celle des diatomacées, mais comme les échantillons ont été traités à l'acide fluorhydrique, il paraît incertain que les tests siliceux aient pu résister.

PROVENANCE: Boulogne-sur-Mer, sondage APO/1, profondeur 308,20 à 324 m.

FRÉQUENCE : rare.

ETAGE : Infralias.

IV. - Conclusions

Cette étude palynologique a permis de reconnaître 28 genres certains distribués en 36 espèces parmi lesquelles 3 sont nouvelles : *Deltoidisporites ogivus*, n. sp., *Lycopodiacidisporites varigranulatus* n. sp., *Pinuspollenites verrucosus* n. sp. Elle a permis également de rapprocher 4 types de spécimens de 4 genres connus, 3 autres de deux espèces déjà établies et de rattacher 6 autres enfin à des genres sans que les espèces soient préciséees.

Cette portion de sondage effectuée dans le sous-sol de Boulogne-sur-Mer et comprise entre 308,20 et 324 m avait déjà été déterminée comme infraliasique (6). Les spores et les pollens qui ont été rencontrés lors de cette étude confirment cet âge. La plupart des échantillons trouvés ici ont déjà été décelés dans l'Infralias d'autres régions même si leur extension verticale dépasse cet étage. Certains en sont particulièrement caractéristiques. (Voir le tableau A de l'extension stratigraphique des espèces).

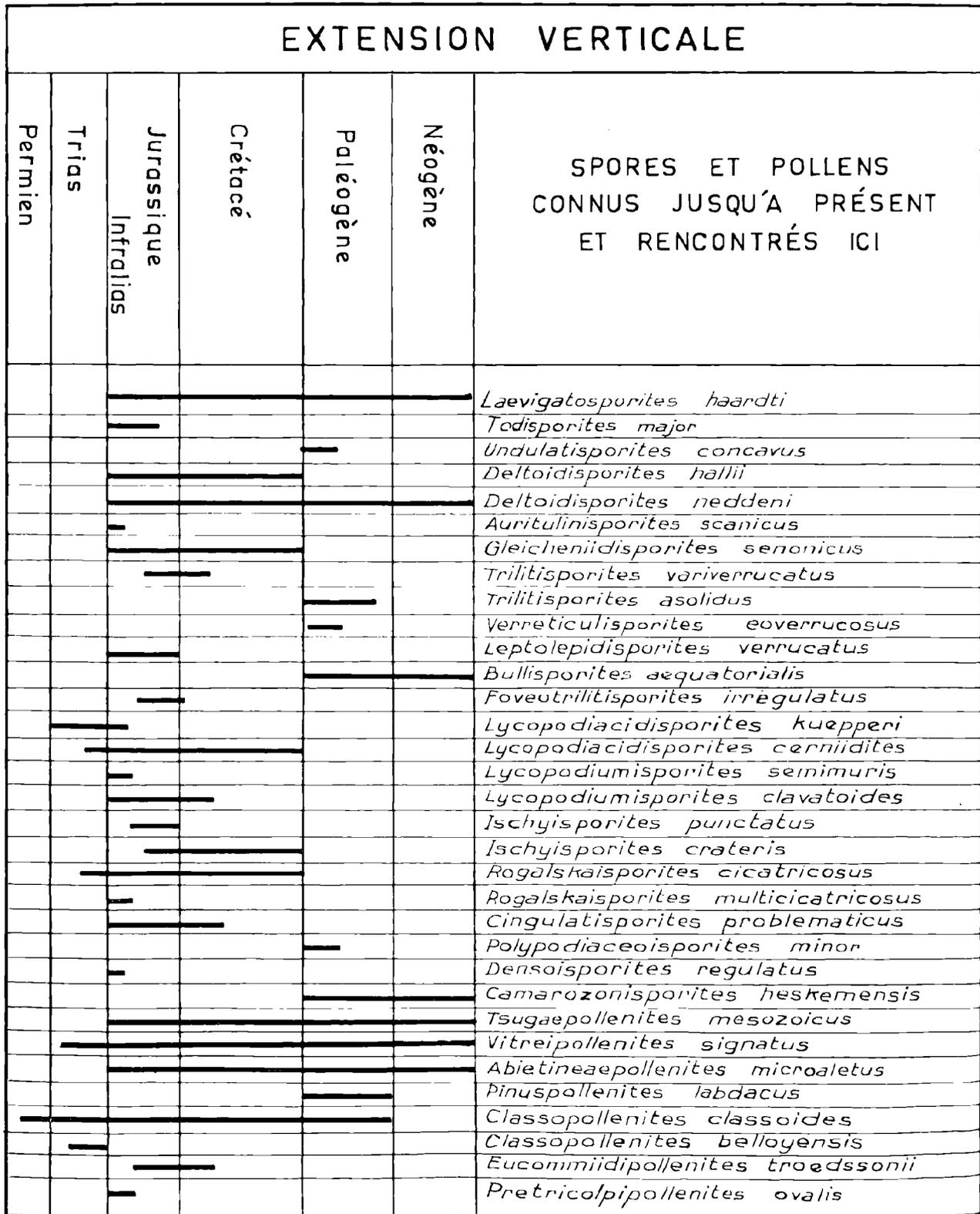


FIG. 2

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

- (1) ALFERN B. (1959). — Contribution à l'étude palynologique et pétrographique des charbons français. Thèse d'Etat, Paris.
- (2) BALME B. E. (1957). — Spores and pollen grains from the Mesozoic of Western Australia. *Commonwealth Sc. Ind. Res. Org., coal. Res. Sect., Ref. T.C.* 25.
- (3) BENNIE J. et KIDSTON R. (1886). — On the occurrence of spores in the carboniferous formation of Scotland. *Proc. Roy. Phys. Soc.*, Vol. IX.
- (4) BHARDWAJ D.Ch. (1957). — The spore flora of Velener schichten (lower Westphalian D) in the Ruhr coal measures. *Palaeontographica*, Abt. B, Band 102, pp. 71-138, Stuttgart.
- (5) BOLCHOVITINA N.A. (1956). — Atlas des spores et grains de pollen des dépôts jurassiques et crétaciques inférieurs de la dépression de Wiljuisk. *Akad. geol. Inst.*, T. 2.
- (6) BONTE A. et LAVEINE J.P. (1962). — Sur la nature et l'âge des sédiments liasiques dans le sous-sol de Boulogne-sur-Mer (Pas-de-Calais). *C. R. Ac. Sc.*, T. 255, pp. 2786-2788.
- (7) BRICHE P., DANZÉ-CORSIN P. et LAVEINE J.P. (1963). — Flore Infraliasique du Boulonnais (macro- et microflore). *Mem. de la Soc. Geol. Nord*, T. XIII.
- (8) COOKSON J.C. (1947). — Plant microfossils from the lignites of Kerguelen archipelago. *B.A.N.Z., Antarctic Res. Expedition, 1929-1931, Report Ser. A*, T. 2, pp. 127-142.
- (9) COOKSON J.C. et DETTMANN M.E. (1958). — Some trilete spores from upper Mesozoic deposits in the eastern Australian region. *Proc. Roy. Soc. Victoria*, T. 70, Part. 2, pp. 95-128.
- (10) CORSIN P., CARETTE J., DANZÉ J. et LAVEINE J.P. (1962). — Classification des spores et des pollens du Carbonifère au Lias. *C. R. Ac. Sc.*, T. 254, pp. 3062-3065.
- (11) COUPER R.A. (1953). — Upper Mesozoic and Cainozoic spores and pollen grains from New Zealand. *New Zealand Geol. Surv., Paleont., Bull.* 22.
- (12) COUPER R.A. (1958). — British mesozoic microspores and pollen grains systematic and stratigraphic study. *Paläontographica*, Abt. B, Band 103, pp. 75-179.
- (13) DAUGHERTY L.H. (1941). — The upper triassic flora of Arizona. *Carnegie Inst. Wash.*, T. 526, pp. 1-108.
- (14) DELCOURT A. et SPRUMONT G. (1955). — Les spores et les grains de pollen du Wealdien du Hainaut. *Mem. Soc. Belg. de Géol.*, nouv. sér., n° 5, pp. 1-73.
- (15) DYBOVA S. et JACHOWITZ A. (1957). — Microspores of the upper silesian coal measures. *Inst. geol.*, T. 23, Varsovie.
- (16) ERDTMAN G. (1948). — Did Dicotyledonous Plants exist in Early Jurassic times? *Geol. Fören. Stockholm Förhandl.*, T. 70, pp. 265-271.
- (17) ERDTMAN G. (1952). — Pollen morphology and plant taxonomy Angiosperms. Stockholm.
- (18) HAMMEN TH. VAN DER (1954). — El Desarrollo de la Flora Colombiana en los Periodos Geológicos. I. Maestrichtiano hasta Terciario mas inferior. Una investigación Palinológica de la Formación de Guaduas y equivalentes. *Bol. Geol.* 2, n° 1, Bogota.
- (19) IBRAHIM A.C. (1932). — Beschreibung von Sporenformen aus Flöz Agir. In R. Potonié, Sporenformen aus den Flözen Agir und Bismarck des Ruhrgebietes. *N. Jb.*, Abt. B, Beil.-Bd. 67, pp. 447-449.
- (20) IBRAHIM A.C. (1933). — Sporenformen des Aegirhorizontes des Ruhrreviers. Diss. T.H. Berlin
- (21) JANSONIUS J. (1962). — Palynology of Permian and Triassic sediments Peace River area, Western Canada. *Palaeontographica*, Abt. B, Bd 110, pp. 35-98, Stuttgart.
- (22) JUNG W.W. (1959). — Die dispersen Megasporen des Fränkischen Rhät-Lias Grenzsichten. Inaugural Diss. Un. Munschen.
- (23) KEDVES M. (1961). — Etudes palynologiques dans le bassin de Dorog. II. *Pollens et Spores*, Vol. III, n° 1, pp. 101-153.
- (24) KLAUS W. (1960). — Sporen der karnischen Stufe der ostalpinen Trias. *Geol. Jb. B.A.*, sond. 5, pp. 107-184.
- (25) KOSANKE R.M. (1943). — The characteristic plant microfossils of the Pittsburg and Pomeroy coals of Ohio. *Amer. Midland. Nat.*, 29, pp. 119,132.
- (26) KRUTZSCH W. (1959). — Mikropaläontologische (sporenpaläontologische) Untersuchungen in der Braunkohle des Geiseltales. *Z. Geol.*, 8. Beih. 21-22, Berlin.
- (27) LESCHIK G. (1955). — Die Keuperflora von Neuwelt bei Basel. II. Iso- und Mikrosporen. *Schweiz. Paläont. Abh.*, T. 72.
- (28) LUDER A.A. (1935). — Atlas des spores et grains de pollen du Paléozoïque du Kazakhstan. *Akad. d. Wiss. in Kazach.*
- (29) MALAWKINA W.S. (1953). — Complexes sporo-polliniques du Trias supérieur, du Jurassique inférieur et moyen dans le « Vorural » occidental et oriental. *Arb. Erdöl. Geol. Inst.*, T. 75, p. 93-147.

- (30) MINER E.L. (1935). — Palaeobotanical examinations of cretaceous and tertiary coals. *Amer. Midl. Nat.*, T. 16, pp. 585-621.
- (31) MÜRRIGER F. et PFLANZL G. (1955). — Pollenanalytische Datierungen einiger hessischer Braunkohlen. *Notizbl. Hess. L. Amt. Bodenforsch.*, T. 83, Wiesbaden.
- (32) NILSSON T. (1958). — Über das Vorkommen eines mesozoischen Sapropelgesteins in Schonen. *Lunds Univers. Ars.*, N.F. Avd. 2, T. 54.
- (33) PANT D.D. (1954). — Suggestions for the classification and nomenclature of fossil spores and pollen grains. *Bot. Rev.*, T. 20, pp. 33-60.
- (34) PFLUG H. (1953). — Zur Entstehung und Entwicklung des angiospermiden Pollens in der Erdgeschichte. *Palaeontographica*, Bd. 95, pp. 60-171.
- (35) POCOCK S.J. et JANSONIUS J. (1961). — The pollen genus *Classopolis* Pflug. *Micropalaeontology*, Vol. 7, n° 4, pp. 439-443.
- (36) POTONIÉ H. (1893). — Die Flora des Rothliegenden von Thüringen. *Kgl. Preuss. Geol. Landesanst.*, N.F., h. 1X, T. II, pp. 1-298.
- (37) POTONIÉ H. (1921). — Lehrbuch der Paläobotanik.
- (38) POTONIÉ H. (1931). — Zur Mikroskopie der Braunkohlen. *I. Z. Braunkohle*, T. 30, pp. 325-333.
- (39) POTONIÉ R. (1934). — Zur Morphologie der fossilen Pollen und Sporen. *Arb. Inst. Paläobot. Petr. Brennsteine*, T. 4, pp. 5-24.
- (40) POTONIÉ R. (1951). — Pollen- und Sporenformen als Leitfossilien des Tertiärs. *Mikroskopie*, T. 6, pp. 272-383.
- (41) POTONIÉ R. (1956). — Synopsis der Gattungen der *Sporae dispersae*. Teil I: *Sporites*. *Beih. Geol. Jahrb.*, H. 23, pp. 1-103.
- (42) POTONIÉ R. (1958). — Synopsis der Gattungen der *Sporae dispersae*. Teil II: *Sporites* (Nachträge), *Saccites*, *Aletes*, *Præcolpates*, *Polyplicates*, *Monocolpates*. *Beih. Geol. Jahrb.*, H. 31, pp. 1-114.
- (43) POTONIÉ R. (1960). — Synopsis der Gattungen der *Sporae dispersae*. Teil III: Nachträge *Sporites*, Fortsetzung *Pollenites*. *Beih. Geol. Jahrb.*, H. 39, pp. 1-189.
- (44) POTONIÉ R., IBRAHIM A. et LOOSE F. (1932). — Sporenformen aus den Flözen Aegir und Bismarck des Ruhrgebietes. *N. Jahrb. Min.*, T. 67 B, pp. 438-454.
- (45) POTONIÉ R. et KLAUS W. (1954). — Einige Sporengattungen des alpinen Salzberges. *Geol. Jahrb.*, T. 68, pp. 517-544.
- (46) POTONIÉ R. et KREMP G. (1955-1956). — Die *Sporae dispersae* der Ruhrkarbons, teil I-III. *Paläontographica*, Abt. B., T. 98, pp. 1-136; T. 99, pp. 65-191; T. 100, pp. 65-121.
- (47) POTONIÉ R., THOMSON P.W. et THIERGART F. (1950). — Zur nomenklature und klassifikation der neogenen *Sporomorphae* (Pollen und Sporen). *Geol. Jahrb.*, T. 65, pp. 35-70.
- (48) POTONIÉ R. et VENITZ H. (1934). — Zur Mikrobotanik der miozänen Humodils der niederrheinischen Bucht. *Abh. Inst. Paläobot. Petr. Brennsteine*, T. 5, pp. 5-54.
- (49) REINSCH P.F. (1881). — Neue Untersuchungen über die Mikrostruktur der Steinkohle des Carbons, der Dyas und Trias. Leipzig.
- (50) RESSINGER A. (1950). — Die « Pollenanalyse » ausgedehnt auf alle Sedimentgesteine der geologischen Vergangenheit. *Paläontographica*, Abt. B. Bd 90, pp. 99-126.
- (51) ROGALSKA M. (1954). — Spore and Pollen analysis of the Liassic coal of Blanowice in upper Silesia. *Inst. Geol. Bull.*, Warschau, T. 89.
- (52) ROSS N.E. (1949). — On a cretaceous pollen and spore bearing clay deposit of Scania. *Bull. Geol. Inst. Uppsala*, T. 34, pp. 25-43.
- (53) THIERGART F. (1938). — Die Pollenflora der Niederlausitzer Braunkohle. *Jb. preuss. geol.*, T. 58, pp. 22-30.
- (54) THIERGART F. (1949). — Der stratigraphische Wert mesozoischer Pollen und Sporen. *Paläontographica*, Abt. B, Bd 89, pp. 1-34.
- (55) THIERGART F. (1953). — Über einige Spore und Pollen der Perutzer Schichten (Böhmen). *Palaeontographica*, Bd 95, Stuttgart.
- (56) THOMSON P.W. et PFLUG H. (1953). — Pollen und Sporen des mitteleuropäischen Tertiärs. *Palaeontographica*, Abt. B, Bd 94, pp. 1-138.
- (57) WEYLAND H. et KRIEGER W. (1953). — Die Sporen und Pollen der Aachener Kreide und ihre Bedeutung für die Charakterisierung des mittleren Senons. *Palaeontographica*, Abt. B, Bd 95, pp. 6-29

**

EXPLICATION DES PLANCHES

PLANCHE XVII

- FIG. 1 : *Azonialetes* sp.
Origine : sond. APO/1 à 321,50 m, sp. isolée n° 74.
Echantillon ne présentant aucune marque et dont l'exine est perforée de très petites *foveolae*.
- FIG. 2 : *Laevigatisporites haardti* (Pot. et Ven. 1934) Th et Pf. 1953.
Origine : sond. APO/1 à 313,60 m, sp. isolée n° 98.
- FIG. 3 : *Todisporites major* Couper 1958.
Origine : sond. APO/1 à 319,50 m, sp. isolée n° 140.
Noter les plis qui affectent l'exine de cette spore.
- FIG. 4 : *Undulatisporites* sp.
Origine : sond. APO/1 à 312,50 m, sp. isolée n° 12.
- FIG. 5 : *Deltoidisporites hallii* Miner 1935.
Origine : sond. APO/1 à 308,90 m, sp. isolée n° 49.
- FIG. 6 : *Deltoidisporites hallii* Miner 1935.
Origine : sond. APO/1 à 313,60 m, sp. isolée n° 19.
Remarquer le début de formation d'auricules.
- FIG. 7 : *Deltoidisporites hallii* Miner 1935.
Origine : sond. APO/1 à 319,50 m, sp. isolée n° 34.
Spécimen montrant des auricules bien formés.
- FIG. 8 : *Deltoidisporites hallii* Miner 1935.
Origine : sond. APO/1 à 313,60 m, sp. isolée n° 47.
Noter sur cet échantillon le début de kirtome.
- FIG. 9 : *Deltoidisporites hallii* Miner 1935.
Origine : sond. APO/1 à 312,50 m, sp. isolée n° 26.
Spore montrant un kirtome très net.
- FIG. 10 : *Deltoidisporites hallii* Miner 1935.
Origine : sond. APO/1 à 312,50 m, sp. isolée n° 15.
Remarquer le commencement de formation d'un repli transversal sur la branche supérieure de l'Y.
- FIG. 11 : *Deltoidisporites hallii* Miner 1935.
Origine : sond. APO/1 à 312,50 m, sp. isolée n° 46.
Echantillon présentant à la fois un kirtome et un repli transversal sur chaque branche de l'Y.
- FIG. 12 : *Deltoidisporites hallii* Miner 1935.
Origine : sond. APO/1 à 319,50 m, sp. isolée n° 29.
Noter les replis transversaux sur chaque branche de la marque trilète.
- FIG. 13 : *Undulatisporites concavus* Kedves 1961.
Origine : sond. APO/1 à 311,75 m, sp. isolée n° 51.
Remarquer l'ondulation de la marque trilète et la présence d'un repli transversal sur 2 des 3 branches de l'Y.
- FIG. 14 : *Deltoidisporites neddeni* (Pot. 1931-1934) Danzé-Cor., Lav. 1963.
Origine : sond. APO/1 à 313,60 m, sp. isolée n° 2.
- FIG. 15 : *Deltoidisporites neddeni* (Pot. 1931-1934) Danzé-Cor., Lav. 1963.
Origine : sond. APC/1 à 308,90 m, sp. isolée n° 32.
- FIG. 16 : *Deltoidisporites neddeni* (Pot. 1931-1934) Danzé-Cor., Lav. 1963.
Origine : sond. APO/1 à 324 m, sp. isolée n° 136.
- FIG. 17 : *Deltoidisporites neddeni* (Pot. 1931-1934) Danzé-Cor., Lav. 1963.
Origine : sond. APO/1 à 318,50 m, sp. isolée n° 42.
Remarquer les expansions auriculaires dont l'une est beaucoup plus développée que les deux autres.
- FIG. 18 : *Deltoidisporites neddeni* (Pot. 1931-1934) Danzé-Cor., Lav. 1963.
Origine : sond. APO/1 à 313,60 m, sp. isolée n° 18.
- FIG. 19 : *Deltoidisporites neddeni* (Pot. 1931-1934) Danzé-Cor., Lav. 1963.
Origine : sond. APO/1 à 312,50 m, sp. isolée n° 14.
- FIG. 20 : *Deltoidisporites neddeni* (Pot. 1931-1934) Danzé-Cor., Lav. 1963.
Origine : sond. APO/1 à 318,50 m, sp. isolée n° 43.
- FIG. 21 : *Deltoidisporites neddeni* (Pot. 1931-1934) Danzé-Cor., Lav. 1963.
Origine : sond. APO/1 à 312,50 m, sp. isolée n° 23.
Noter sur ce spécimen la présence de replis transversaux sur les deux branches inférieures de l'Y.
- FIG. 22 : *Deltoidisporites ogivus* nov. sp.
Origine : sond. APO/1 à 309,90 m, sp. isolée n° 36.
- FIG. 23 : *Deltoidisporites ogivus* nov. sp.
Origine : sond. APO/1 à 312,50 m, sp. isolée n° 22.
Remarquer le début de formation des auricules et du kirtome.
- FIG. 24 : *Deltoidisporites ogivus* nov. sp.
Origine : sond. APO/1 à 313,60 m, sp. isolée n° 25.
Spore montrant un kirtome bien net

- FIG. 25 : *Auritulini sporites* cf. *scanicus* Nilsson 1958.
Origine : sond. APO/1 à 308,90 m, sp. isolée n° 41.
- FIG. 26 : cf. *Auritulini sporites*.
Origine : sond. APO/1 à 312,50 m, sp. isolée n° 11.
- FIG. 27 : *Gleicheniidi sporites senonicus* Ross 1949.
Origine : sond. APO/1 à 312,50 m, sp. isolée n° 31.
- FIG. 28 : *Gleicheniidi sporites senonicus* Ross 1949.
Origine : sond. APO/1 à 319,50 m, sp. isolée n° 104.
Remarquer l'épaississement de l'exine au niveau des inter-radius le long des côtés de la spore.
- FIG. 29 : *Trilitisporites* (al. *Concavisporites*) *variverrucatus* Couper 1958.
Origine : sond. APO/1 à 313,60 m, sp. isolée n° 9.
- FIG. 30
a, b : *Trilitisporites* (al. *Concavisporites*) *variverrucatus* Couper 1958.
Origine : sond. APO/1 à 313,60 m, sp. isolée n° 8.
Remarquer l'épaisseur de l'exine le long du contour équatorial.
- FIG. 31
a, b : *Trilitisporites* (al. *Concavisporites*) *variverrucatus* Couper 1958.
Origine : sond. APO/1 à 313,60 m, sp. isolée n° 16.
- FIG. 32 : *Trilitisporites* (al. *Concavisporites*) *variverrucatus* Couper 1958.
Origine : sond. APO/1 à 316,90 m, sp. isolée n° 5.
- FIG. 6 : *Foveotrilletisporites* (al. *Foveotrilletes*) *irregularatus* Couper 1958.
Origine : sond. APO/1 à 309,90 m, sp. isolée n° 150.
Remarquer que les *foveolae* donnent au contour équatorial un aspect denticulé.
- FIG. 7 : *Lycopodiacidisporites* (al. *Lycopodiacidites*) *kuepperi* Klaus 1960.
Origine : sond. APO/1 à 311,75 m, sp. isolée n° 146.
Ce spécimen montre une ornementation plus fine et plus serrée que les deux suivants.
- FIG. 8 : *Lycopodiacidisporites* (al. *Lycopodiacidites*) *kuepperi* Klaus 1960.
Origine : sond. APO/1 à 312,50 m, sp. isolée n° 159.
- FIG. 9 : *Lycopodiacidisporites* (al. *Lycopodiacidites*) *kuepperi* Klaus 1960.
Origine : sond. APO/1 à 312,50 m, sp. isolée n° 156.
Remarquer les *rugulae* tortueuses sur cet échantillon.
- FIG. 10 : *Lycopodiacidisporites* (al. *Lycopodiumsporites*) *cerniidites* (Ross 1949, Delc. et Spr. 1955) Danzé-Cor., Lav. 1963.
Origine : sond. APO/1 à 308,90 m, sp. isolée n° 83.
- FIG. 11 : *Lycopodiacidisporites varigranulatus* nov. sp.
Origine : sond. APO/1 à 311,75 m, sp. isolée n° 80.
Noter les lèvres qui bordent les branches de la marque trilète.
- FIG. 12 : *Lycopodiumisporites semimuris* Danzé-Cor., Lav. 1963.
Origine : sond. APO/1 à 310,90 m, sp. isolée n° 125.
Remarquer la grande densité des murailles.
- FIG. 13
a, b : *Lycopodiumisporites clavatoides* Couper 1958.
Origine : sond. APO/1 à 318,50 m, sp. isolée n° 121.
Les murailles le long du contour équatorial forment des sortes de créneaux au niveau desquels on peut voir des restes membraneux de périspore.
- FIG. 14 : *Lycopodiumisporites clavatoides* Couper 1958.
Origine : sond. APO/1 à 309,90 m, sp. isolée n° 127.
- FIG. 15 : *Lycopodiumisporites clavatoides* Couper 1958.
Origine : sond. APO/1 à 318,50 m, sp. isolée n° 122.
- FIG. 16
a, b : *Ischyisporites* (al. *Ischyosporites*) *punctatus* Cookson 1958.
Origine : sond. APO/1 à 312,50 m, sp. isolée n° 65.
- FIG. 17
a, b : *Ischyisporites* (al. *Ischyosporites*) *punctatus* Cookson 1958.
Origine : sond. APO/1 à 312,50 m, sp. isolée n° 64.

PLANCHE XVIII

- FIG. 1 : *Verreticulisporites coverrucosus* Krutzsch 1959.
Origine : sond. APO/1 à 316,90 m, sp. isolée n° 63.
- FIG. 2 : *Leptolepidisporites verrucatus* Couper 1953.
Origine : sond. APO/1 à 308,90 m, sp. isolée n° 60.
- FIG. 3
a, b : *Trilitisporites asolidus* Krutzsch 1959.
Origine : sond. APO/1 à 312,50 m, sp. isolée n° 157.
Noter le boursoufflement de l'exine autour des branches de l'Y.
- FIG. 4 : cf. *Trilobisporites*.
Origine : sond. APO/1 à 313,60 m, sp. isolée n° 198.
Remarquer les épaississements au niveau des sommets de la spore.
- FIG. 5 : *Bullisporites* (al. *Bullasporis*) *aequatorialis* Krutzsch 1959.
Origine : sond. APO/1 à 312,50 m, sp. isolée n° 66.
Noter les excroissances équatoriales en forme de bulles.

- FIG. 18 : *Ischyisporites* (al. *Ischyosporites*) *crateris* Balme 1957.
Origine : sond. APO/1 à 312,50 m, sp. isolée n° 161.
- FIG. 19 : *Ischyisporites* (al. *Ischyosporites*) *crateris* Balme 1957.
Origine : sond. APO/1 à 316,25 m, sp. isolée n° 160.
- FIG. 20 : *Ischyisporites* (al. *Ischyosporites*) *crateris* Balme 1957.
Origine : sond. APO/1 à 312,50 m, sp. isolée n° 153.
- FIG. 21 : *Ischyisporites* (al. *Ischyosporites*) *crateris* Balme 1957.
Origine : sond. APO/1 à 312,50 m, sp. isolée n° 149.
- FIG. 22 : *Rogalskaiisporites cicatricosus* Rogalska 1954.
Origine : sond. APO/1 à 308,90 m, sp. isolée n° 95.
- FIG. 23 : *Rogalskaiisporites multicicatricosus* Danzé-Cor., Lav. 1963.
Origine : sond. APO/1 à 311,75 m, sp. isolée n° 81.
Noter que les trois zones concentriques qui forment cette spore sont très nettes ici.
- FIG. 24 : *Cingulatisporites problematicus* Couper 1958.
Origine : sond. APO/1 à 308,90 m, sp. isolée n° 61.
- FIG. 25 : *Cingulatisporites problematicus* Couper 1958.
Origine : sond. APO/1 à 312,50 m, sp. isolée n° 59.
- FIG. 26 : *Cingulatisporites problematicus* Couper 1958.
Origine : sond. APO/1 à 312,50 m, sp. isolée n° 58.
Remarquer les côtes verruqueuses qui se trouvent sur la face distale de cet échantillon.
- FIG. 27 : *Cingulatisporites problematicus* Couper 1958.
Origine : sond. APO/1 à 317,75 m, sp. isolée n° 62.
- FIG. 5 : *Densoisporites regularis* Danzé-Cor., Lav. 1963.
Origine : sond. APO/1 à 313,60 m, sp. isolée n° 163.
Noter la membrane interne de ce spécimen qui est légèrement décollée et forme un anneau parallèle au cingulum.
- FIG. 6 : *Densoisporites* sp.
Origine : sond. APO/1 à 322 m, sp. isolée n° 67.
Cette spore montre un cingulum particulièrement développé.
- FIG. 7 : *Camazonisporites* (al. *Camazonosporites*) *heskemensis* (Pflanzl 1955) Krutzsch 1959.
Origine : sond. APO/1 à 313,60 m, sp. isolée n° 78.
Remarquer le cingulum qui se rétrécit aux sommets de la spore.
- FIG. 8 : cf. *Peromonolospores* (al. *Peromonolites*) *asplenioides* Couper 1958.
Origine : sond. APO/1 à 311,75 m, sp. isolée n° 130.
- FIG. 9 : cf. *Peromonolospores* (al. *Peromonolites*) *asplenioides* Couper 1958.
Origine : sond. APO/1 à 308,90 m, sp. isolée n° 131.
Noter la périspore finement plissée autour du corps de la spore.
- FIG. 10 : cf. *Peromonolospores* (al. *Peromonolites*) *asplenioides* Couper 1958.
Origine : sond. APO/1 à 313,60 m, sp. isolée n° 202.
- FIG. 11 : cf. *Peromonolospores* (al. *Peromonolites*) *asplenioides* Couper 1958.
Origine : sond. APO/1 à 322 m, sp. isolée n° 199.
- FIG. 12 : *Tsugapollenites mesozoicus* Couper 1958.
Origine : sond. APO/1 à 324 m, sp. isolée n° 132.
- FIG. 13 : *Succintipollenites* sp.
Origine : sond. APO/1 à 316,90 m, sp. isolée n° 191.
Remarquer la réunion latérale des sacs de ce pollen, ce qui lui donne une allure monosaccate.
- FIG. 14 : *Vitreipollenites signatus* (Leschik 1955) Danzé-Cor., Lav. 1963.
Origine : sond. APO/1 à 308,90 m, sp. isolée n° 99.
- FIG. 15 : *Vitreipollenites signatus* (Leschik 1955) Danzé-Cor., Lav. 1963.
Origine : sond. APO/1 à 308,90 m, sp. isolée n° 99.
- FIG. 16
a, b : *Abietinaepollenites microalatus major* Pot. 1951.
Origine : sond. APO/1 à 316,90 m, sp. isolée n° 187.
Noter le réticulum à mailles bien formées et perlées.
- FIG. 17 : *Abietinaepollenites microalatus major* Pot. 1951.
Origine : sond. APO/1 à 308,90 m, sp. isolée n° 172.

PLANCHE XIX

- FIG. 1 : *Cingulatisporites problematicus* Couper 1958.
Origine : sond. APO/1 à 316,90 m, sp. isolée n° 55.
- FIG. 2 : *Cingulatisporites problematicus* Couper 1958.
Origine : sond. APO/1 à 312,50 m, sp. isolée n° 151.
- FIG. 3
a, b : cf. *Polypodiacoisporites*.
Origine : sond. APO/1 à 324 m, sp. isolée n° 52.
Remarquer le réticulum fait de larges mailles polygonales arrondies sur la face distale de cet échantillon.
- FIG. 4 : *Polypodiacoisporites minor* Kedves 1961.
Origine : sond. APO/1 à 316,90 m, sp. isolée n° 53.

FIG. 18
a, b : cf. *Abietinaepollenites*.
Origine : sond. APO/1 à 308,90 m, sp. isolée
n° 174.

FIG. 19 : cf. *Abietinaepollenites*.
Origine : sond. APO/1 à 311,75 m, sp. isolée
n° 181.

PLANCHE XX

FIG. 1 : *Pinuspollenites* cf. *vancampoi* Danzé-Cor., Lav.
1963.
Origine : sond. APO/1 à 312,50 m, sp. isolée
n° 183.

FIG. 2 : *Pinuspollenites verrucosus* nov. sp.
Origine : sond. APO/1 à 318,50 m, sp. isolée
n° 188.

FIG. 3 : *Pinuspollenites verrucosus* nov. sp.
Origine : sond. APO/1 à 318,50 m, sp. isolée
n° 193.

FIG. 4 : *Pinuspollenites verrucosus* nov. sp.
Origine : sond. APO/1 à 308,90 m, sp. isolée
n° 182.

FIG. 5 : *Pinuspollenites verrucosus* nov. sp.
Origine : sond. APO/1 à 308,90 m, sp. isolée
n° 173.

FIG. 6 : *Pinuspollenites verrucosus* nov. sp.
Origine : sond. APO/1 à 313,60 m, sp. isolée
n° 177.
Remarquer les crêtes marginales verruqueuses
surtout développées au niveau des racines
proximales.

FIG. 7 : *Pinuspollenites* sp.
Origine : sond. APO/1 à 308,90 m, sp. isolée
n° 208.

FIG. 8 : *Pinuspollenites* sp.
Origine : sond. APO/1 à 313,60 m, sp. isolée
n° 189.

FIG. 9 : *Pinuspollenites* sp.
Origine : sond. APO/1 à 316,25 m, sp. isolée
n° 192.

FIG. 10 : *Pinuspollenites labdacus* Pot. 1931.
Origine : sond. APO/1 à 308,90 m, sp. isolée
n° 169.
Noter la trainée de granules qui sépare les
parties proximale et distale du corps du grain.

FIG. 11 : *Alipollenites* sp.
Origine : sond. APO/1 à 322 m, sp. isolée n° 195.
Remarquer la fine granulation du corps du
grain que l'on peut discerner sur la tranche
du spécimen.

FIG. 12 : *Incertae sedis*.
Origine : sond. APO/1 à 309,90 m, sp. isolée
n° 178.
Noter la forme très allongée de ce pollen.

FIG. 13 : Tétrade de *Classopollenites classoides* (Pflug
1953) Pocock et Jansonius 1961.
Origine : sond. APO/1 à 316,90 m, sp. isolée
n° 194.

FIG. 14
a, b : *Classopollenites classoides* (Pflug 1953) Pocock
et Jansonius 1961.
Origine : sond. APO/1 à 322 m, sp. isolée n° 108.

FIG. 15 : *Classopollenites classoides* (Pflug 1953) Pocock
et Jansonius 1961.
Origine : sond. APO/1 à 316,90 m, sp. isolée
n° 100.

Remarquer sur cet échantillon la succession
bien visible des zones qui forment ce pollen.

FIG. 16 : *Classopollenites belloyensis* Pocock et Janso-
nius 1961.
Origine : sond. APO/1 à 313,60 m, sp. isolée
n° 102.

FIG. 17 : *Classopollenites belloyensis* Pocock et Janso-
nius 1961.
Origine : sond. APO/1 à 311,75 m, sp. isolée
n° 176.

Noter l'accroissement de l'exoxine dans la
région équatoriale.

FIG. 18 : *Classopollenites* sp.
Origine : sond. APO/1 à 313,60 m, sp. isolée
n° 90.

Remarquer le développement de la marque
trilète.

FIG. 19 : *Eucommidiipollenites troedssonii* Erdtman 1948.
Origine : sond. APO/1 à 324 m, sp. isolée n° 107.
Le sillon central de ce pollen est bien développé.

FIG. 20 : *Pretricolpipollenites ovalis* Danzé-Cor., Lav. 1963.
Origine : sond. APO/1 à 313,60 m, sp. isolée
n° 123.

Remarquer le sillon médian qui parcourt toute
la longueur du grain et les sillons latéraux
égaux aux 2/3 du premier.

FIG. 21 : *Pretricolpipollenites ovalis* Danzé-Cor., Lav. 1963.
Origine : Sond. APO/1 à 324 m, sp. isolée n° 114.

FIG. 22 : cf. *Cupuliferoidaeipollenites* Pot., Thom. et
Thierg. 1950.
Origine : sond. APO/1 à 313,60 m, sp. isolée
n° 119.

Cet échantillon semble montrer 3 colpae
distincts des plis.

FIG. 23 : *Incertae sedis*.
Origine : sond. APO/1 à 313,60 m, sp. isolée
n° 117.

Remarquer le grand nombre de replis qui affectent
cet échantillon.

FIG. 24 : Hystrichosphère ?
Origine : sond. APO/1 à 311,75 m, spécimen
isolé n° 71.

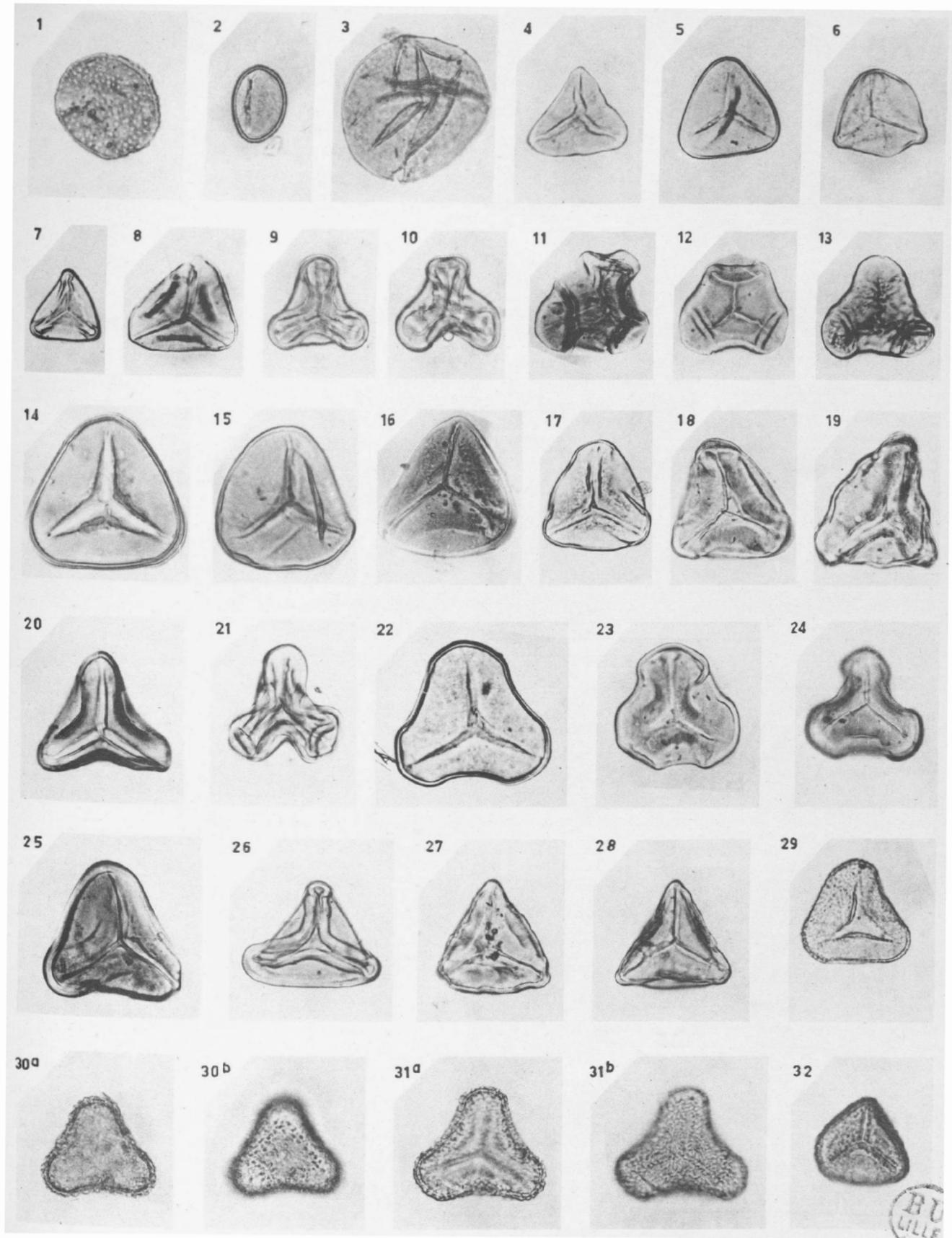
FIG. 25 : Hystrichosphère ?
Origine : sond. APO/1 à 313,60 m, spécimen
isolé n° 73.

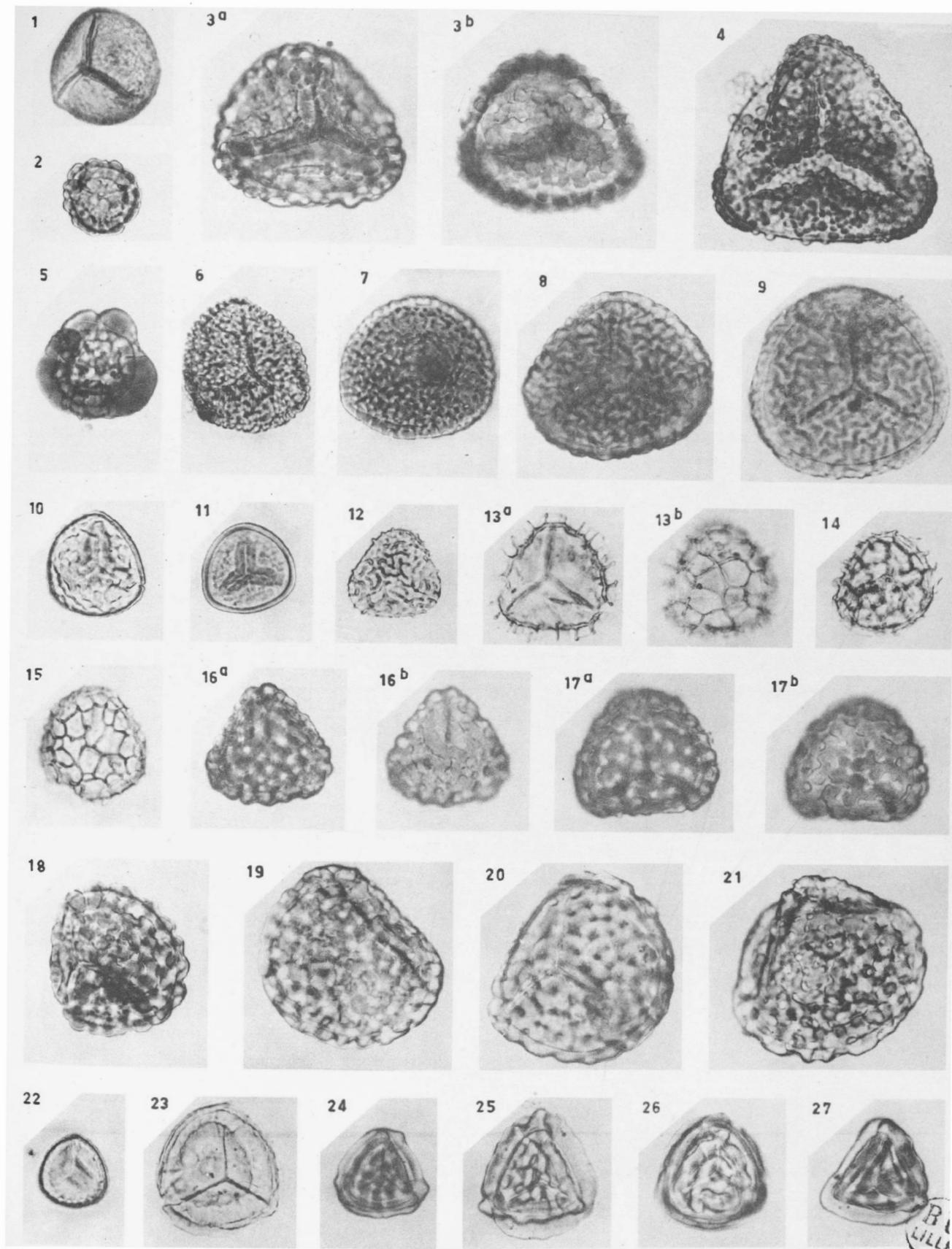
FIG. 26 : Hystrichosphère ?
Origine : sond. APO/1 à 311,75 m, spécimen
isolé n° 72.

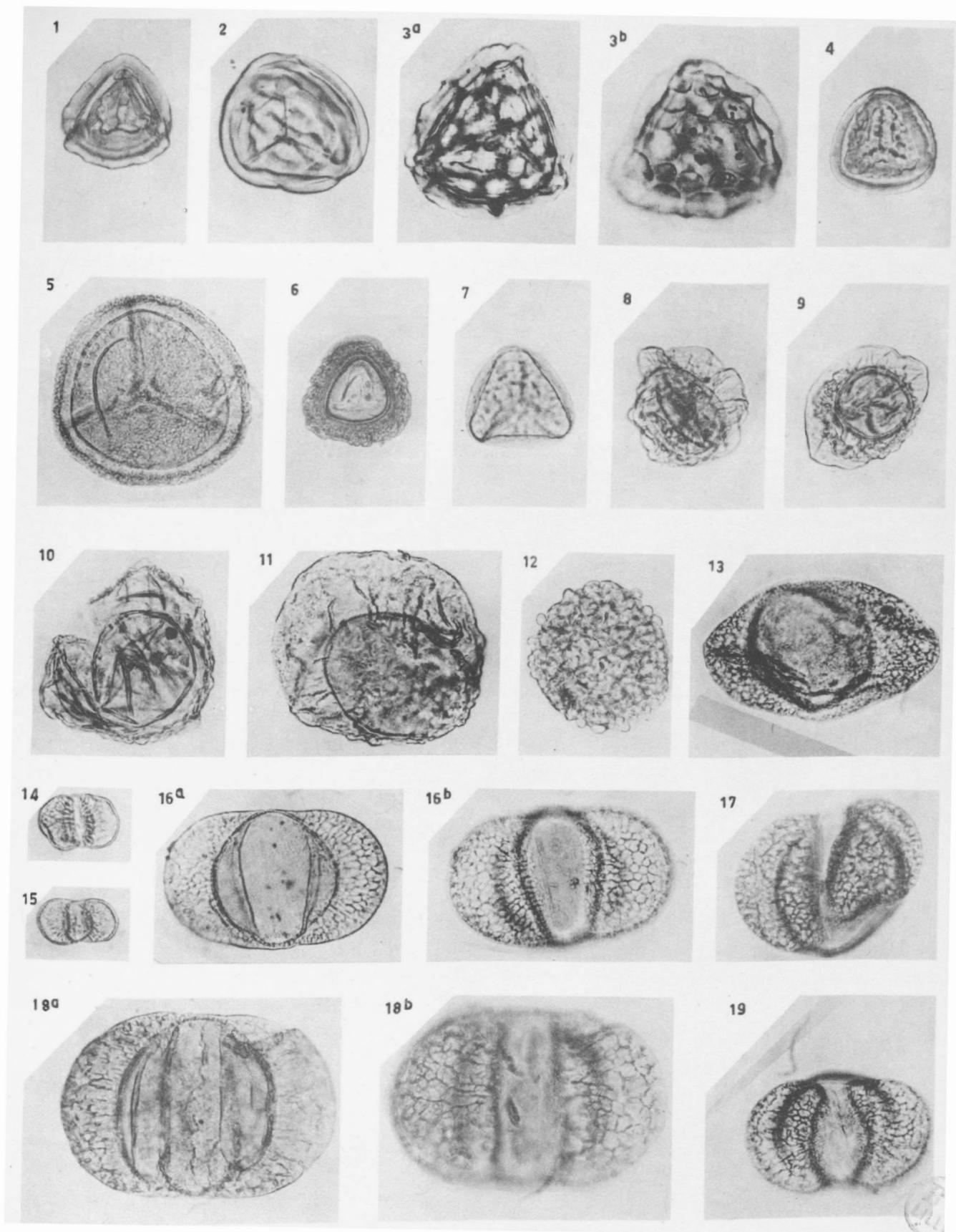
Noter les longues épines disposées radialement.

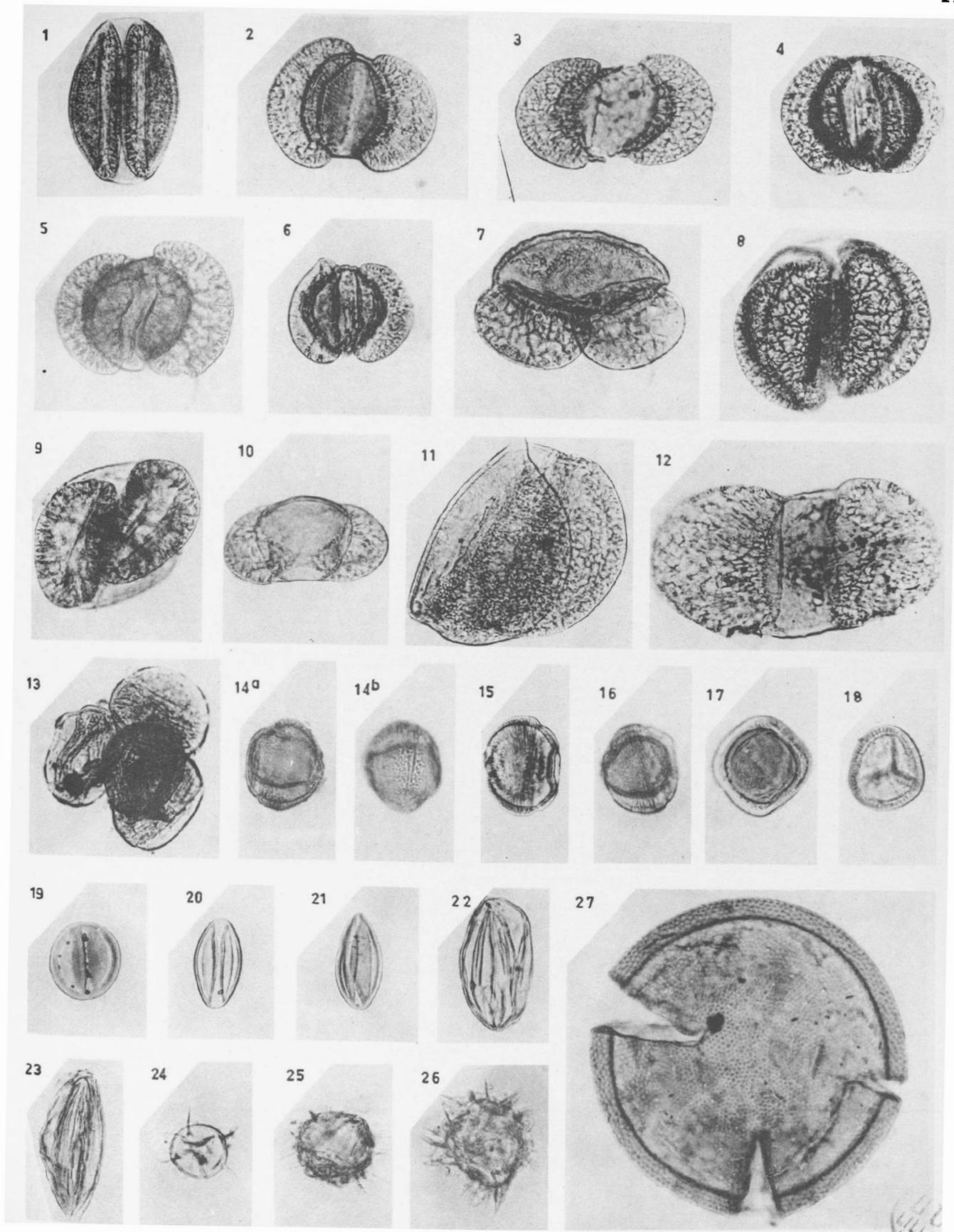
FIG. 27 : ?
Origine : sond. APO/1 à 311,75 m, spécimen
isolé n° 205.

Remarquer les alvéoles régulières qui garnissent
cet échantillon.









**Morphologie et nervation de l'aile métathoracique
dans le genre *Hadroneuria* HANDLIRSCH 1908
et diagramme alaire des Lithomantides westphaliens (Insectes Paléodictyoptères)**

par Daniel LAURENTIAUX (1)

(1 fig. - 1 Pl.)

Sommaire. — Description de l'aile postérieure de *Hadroneuria heidei* LAURENTIAUX 1950 d'après un fossile original du Westphalien A de Belgique. Cette découverte permet de préciser la structure nervuraire et la diagnose du genre. Pour la première fois, le diagramme alaire d'un Lithomantide westphalien peut être établi. L'hétéronomie révélée oriente une nouvelle interprétation phylétique des LITHOMANTIDAE HANDLIRSCH 1906 (Insectes Paléodictyoptères). Valeur et intérêt stratigraphiques du genre *Hadroneuria* HANDLIRSCH 1908.

L'aile étant la pièce fossile la plus fréquente, la diagnose et la discrimination des diverses entités entomologiques carbonifères sont, pour l'essentiel, établies sur des critères de nervation et de morphologie alaires. Sur de telles bases, les définitions systématiques seront avantageusement précisées si elles s'appuient sur la connaissance, à la fois de l'aile antérieure et de l'aile postérieure, en d'autres termes le diagramme alaire doit être un souci permanent en Paléo-entomologie. Malheureusement, et par suite de la fragilité des connexions, les ailes d'Insectes fossiles nous parviennent le plus souvent détachées.

En ce qui concerne les Paléodictyoptères, seuls de très rares exemplaires fossiles présentent, associées et dans un état suffisamment complet, l'aile antérieure et l'aile postérieure. En général, les diagrammes alaires ne peuvent être établis qu'à partir d'organes isolés et à la suite d'une minutieuse confrontation d'ailes de paire différente et provenant d'individus de même espèce ou d'espèces aussi apparentées que possible. Aussi la rigueur du diagramme est-elle très conditionnée. En nombre de cas, celui-ci ne peut être reconnu, l'espèce ou le groupe considéré n'étant représentés que par un type unique d'aile, soit méso-, soit métathoracique,

comme ce fut longtemps le fait des *Breyeriidae* HANDLIRSCH 1904 (Laurentiaux D., 1949). Lorsqu'il est possible de les retrouver, ces diagrammes permettent, notamment, de préciser la condition, homonome ou hétéronome, du système alaire. Cet aspect du problème a pu être tenu pour accessoire dans le cas des Paléodictyoptères, car il a été trop souvent admis que ces Insectes anciens, encore à bien des points de vue archaïques, possédaient, disposition primitive, une homonomie alaire presque parfaite dont les *Stenodictya* (*Dictyonneuridae*) du Stéphanien supérieur de Commeny ont fourni l'image classique et vulgarisée. Selon ces vues trop généralisées, les types à système alaire hétéronome — comme les *Breyeriidae* — faisaient figure d'exception. Les découvertes effectuées ces dernières années m'ont convaincu du contraire et une condition subhomonome ou nettement hétéronome apparaît comme la plus fréquente et bien plus générale chez les Paléodictyoptères westphalo-stéphaniens que l'homonomie d'ordinaire admise. La recherche du diagramme alaire garde donc tout son intérêt et est même fondamentale pour les conclusions phylogénétiques.

Le cas des *Breyeriidae* a été examiné dans une série d'articles antérieurs (Laurentiaux D., 1949 ; Laurentiaux-Vicira F. et Laurentiaux D., 1962). Celui des *Lithomantidae* HANDLIRSCH 1906 fait l'objet de cette communication.

(1) Professeur de Géologie à la Faculté des Sciences de Reims.

Il est maintenant possible de présenter, pour la première fois, un diagramme alaire exact et précis d'un Lithomantide westphalien grâce à la remarquable découverte dans le Houiller belge, d'une aile métathoracique d'une fossilisation de très belle facture et appartenant sans ambiguïté à l'espèce *Hadroneuria heidei* LAURENTIAUX 1950 qui n'était jusqu'ici caractérisée que par une aile antérieure provenant du Westphalien inférieur du Limbourg Hollandais (Laurentiaux D., 1950 b, p. 17-18, Pl. III fig. 1 a, b, c). La valeur de ce diagramme est d'autant plus grande qu'il est construit à partir d'ailes antérieure et postérieure d'individus de la même espèce — bien qu'isolées et de gisements différents — et qu'il se rapporte à un type de Paléodictyoptères des plus classiques et des plus intéressants par son antiquité et la primitivité encore grande de sa nervation.

Super-ordre des
PALEODICTYOPTERA GOLDENBERG 1854
Ordre des
EOPALEODICTYOPTERA LAURENTIAUX 1953
Famille LITHOMANTIDAE HANDLIRSCH 1906

La famille des *Lithomantidae* a été érigée, en 1906, par Handlirsch (1906, p. 673 ; 1906-1908, p. 82) avec pour type *Lithomantis carbonarius* WOODWARD 1876 (p. 60) du Westphalien d'Écosse.

Ce très classique fossile, maintes fois figuré dans les articles et manuels, est malheureusement très fragmentaire (Bolton H., 1921, p. 42-45, fig. 9. Pl. II fig. 4) et ne pouvait que très imparfaitement définir la morphologie alaire et la nervation lithomantide. La reconstitution qu'en a donnée Handlirsch (1925) est très largement interprétative.

Le diplotype de *Lithomantis* WOODWARD 1876 est le seul fossile de Lithomantide westphalien chez lequel sont connues, en connexion sur le même individu, les ailes antérieures et métathoraciques, mais, celles-ci sont très incomplètes et leur morphologie ne pouvait être précisée. En fonction de la primitivité nervuraire encore sensible et de l'état des fragments alaires conservés, il était logique de conclure, au moins, à un système sub-homonome, l'aile postérieure apparaissant plus large que l'antérieure sans qu'il soit possible toutefois d'estimer si cet élargissement se limitait, ou non, à la région cubito-anale, ni son importance. Les contours réels des ailes restaient des plus incertains.

Il ne sera pas discuté, ici, de la compréhension systématique de cette famille *Lithomantidae* HANDLIRSCH 1906 dans laquelle s'insère le genre *Hadroneuria* HANDLIRSCH 1908 (p. 84) d'abord érigé pour une aile mésothoracique du Westphalien inférieur de Stradonitz en Bohême. Par la suite (Laurentiaux D., 1950 b, p. 17), une autre espèce, *heidei* LAURENTIAUX 1950, du Westphalien A du Limbourg néerlandais, a été ajoutée à ce genre.

Genre *HADKONEURIA* HANDLIRSCH 1908

Génotype : *Grillacris bohémica* Novak 1880 (p. 69, fig. 2).

Hadroneuria heidei LAURENTIAUX 1950

Synonymie :

Hadroneuria sp. (Laurentiaux 1950) (1950 a, p. 101),
Hadroneuria heidei Laurentiaux 1950 (1950 b, p. 17-18,
Pl. III fig. 1 a, b, c).

A) AILE MESOTHORACIQUE.

(*Hadroneuria* HANDLIRSCH 1908) (fig. 1 A ; Pl. fig. 1)

DESCRIPTION. — Aile droite, entièrement et finement fossilisée, environ trois fois un quart plus longue (71 mm) que large (22 mm), à peine plus étroite dans la zone apicale ; bord interne subrectiligne, bord costal à courbure assez accusée rejetant légèrement l'apex vers l'arrière. Hauteurs nervuraires parfaitement indiquées.

Costale (Co) robuste et ponctuée ; champ sous-costal plus large à la base ; se rétrécissant régulièrement à mesure que Sc (—) ⁽²⁾ approche Co (+) qui est rejoint aux trois quarts de la longueur alaire.

RI (+) atteignant l'extrémité du bord antérieur. Rs () séparé de RI peu après le premier quart de l'aile et se ramifiant seulement dans la seconde moitié de sa course : quatre veines dont l'initiale bifide et les suivantes simples, forment un système tardif occupant, avec six terminaisons marginales, l'apex et la partie extrême du bord postérieur.

MA (+) à courbure longue, isolé de MP (—) à un niveau peu antérieur à celui de la scission du tronc radial.

MP (—) ne se divisant qu'après mi-trajet, avec quatre veines vers l'avant, successivement, tri-, bifide et simples.

(2) Les signes + et — ajoutés à la notation dans le texte et les figures rappellent les hauteurs des veines principales.

CuA (+) et CuP (—) très tôt distincts : CuA aboutissant au milieu du bord opposé; CuP pourvu, sur sa face interne, de trois rameaux indivis, régulièrement distribués.

Zone anale très restreinte, tendant, comme le champ cubital, à s'allonger parallèlement au bord postérieur et n'intéressant que le quart basal de celui-ci. A1, A2 longuement bifides, A3 apparemment indivis et court.

Système intercalaire homogène, scalariforme, compartimentant l'aile en nombreuses cellules quadrangulaires. Eléments transversaux assez robustes et très peu flexueux, normaux aux veines principales, sauf dans la région sous-costale, où ils sont obliques (3).

ORIGINE ET HORIZON. — Bassin houiller du Limbourg hollandais. Mine Wilhelmina ; schistes à plantes du toit de veine X, G.B. n° 17, base du faisceau de Wilhelmina. Westphalien A.

COLLECTION. — Musée du Geologische Bureau Nederlandse Mijngebiet, Heerlen. Echantillon n° 903, empreinte partielle (903 A) (Laurentiaux 1950 b, Pl. III fig. 1 a) et contre-empreinte complète (903 b). Holotype.

AFFINITÉS ET DISCUSSION. — Seules les dissemblances spécifiques distinguent cette aile du génotype *Hadroneuria bohemica* (NOVAK) 1880 (p. 69-74, Pl. II) (4).

La division plus tardive de MP en rapport avec l'antériorité de la scission de MA-MP, l'extension un peu moindre de Sc, quelques détails de l'organisation anale, et surtout l'allongement alaire plus faible (5), sont les seules particularités valables pour distinguer *H. heidei* LAURENTIAUX 1950 du diplotype. Il faut peut-être y ajouter l'antériorité relative de la scission du tronc médian; chez le type de Novak, le niveau de séparation de Rs et de RI est légèrement plus précoce que celui de l'isolement de MP, disposition inverse de ce qui

existe ici. *H. bohemica* (NOVAK) 1880 admet deux brèves terminaisons marginales sur MP de plus que *H. heidei* LAURENTIAUX 1950, mais cette différence accessoire est probablement individuelle, de même que le détail de distribution des branches de CuP (système symétrique chez le premier).

Ces variations entre les deux espèces, aux ailes mésothoraciques par ailleurs de taille voisine, sont minimales au regard des très étroites analogies nervuraires et morphologiques que souligne la comparaison des calques alaires : port et richesse des divers champs (6), allongement cubito-anal, réduction de A, port de MP, pauvreté relative et nature tardive des ramifications de Rs, structure du système intercalaire, etc..., qui définissent le genre.

Ces deux seules espèces reconnues d'*Hadroneuria* HANDLIRSCH 1908 sont, en outre, d'une antériorité comparable : *H. bohemica* (NOVAK) 1880 provient en effet du Westphalien ancien de Stradonitz en Bohême et d'un horizon homologue du faisceau de Wilhelmina (Westphalien A, base). C'est là un nouvel exemple de correspondance générique (presque spécifique) et stratigraphique de deux fossiles de bassins éloignés.

B) AILE METATHORACIQUE.

(Genre *HADRONEURIOPSIS* nov. gen. (7))

Hadroneuriosis (*Hadroneuria*) *heidei* m.
(fig. 1B ; Pl. fig. 2)

DESCRIPTION. — Aile postérieure gauche entièrement et finement fossilisée, nettement bombée dans sa moitié antérieure. Bords costal et interne fortement convergents déterminant un apex acuminé et une *morphologie alaire très triangulaire*, avec notable développement de la région cubito-anale : longueur 86 mm, largeur maximale (lobe anal) 33 mm, largeur à la terminaison de CuP_p (8) 25 mm se réduisant de moitié à l'extrémité de MA_p. Hauteurs nervuraires bien indiquées. Veines convexes toutes simples.

(6) Les formules nervuraires soulignent clairement les analogies et les minimales dissemblances dans la richesse de MP :

Hadroneuria heidei LAURENTIAUX 1950 : RI + 7 Rs + MA + 10 MP + CuA + 4 CuP = 24.

Hadroneuria bohemica (NOVAK) 1880 : RI + 7 Rs + MA + 8 MP + CuA - 4 CuP = 22.

(7) Voir page 133.

(8) L'indice « p » est ajouté à la notation conventionnelle dans les ailes métathoraciques.

(3) La fig. 1A rectifie légèrement la morphologie alaire donnée par la figuration originale (LAURENTIAUX 1950 b, Pl. III, fig. 1 c). La nervation transversale y est strictement représentée et non schématisée comme précédemment.

(4) Il sera encore trouvé de bonnes représentations de ce fossile, souvent figuré, in HANDLIRSCH (1908, Pl. X, fig. 14) et VIGNON (1930, p. 91, fig. 1).

(5) Chez *Hadroneuria heidei* LAURENTIAUX 1950, le rapport de la longueur de l'aile antérieure et de la largeur est de 3,22 ; il dépasse 4 chez *Hadroneuria bohemica* (NOVAK 1880).

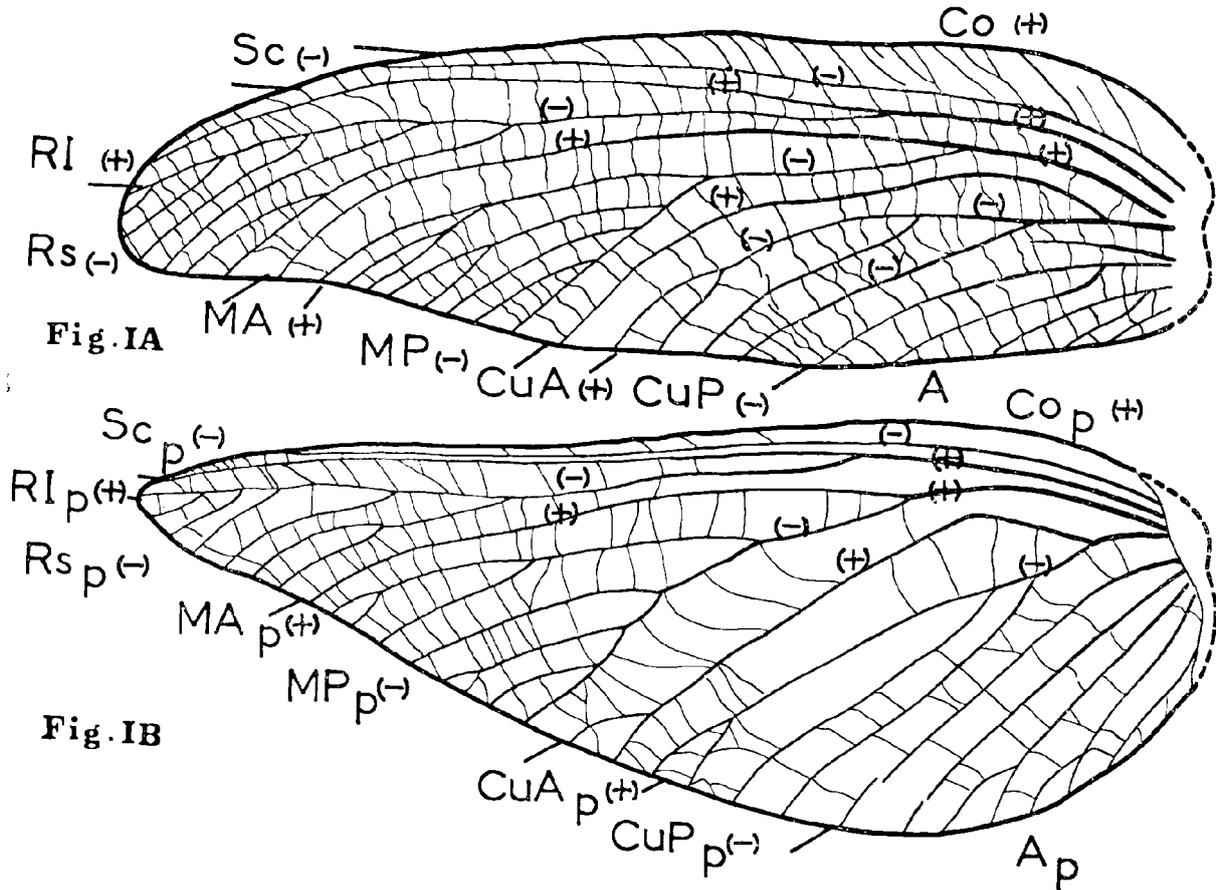


FIG. 1. — Diagramme alaire d'*Hadroneuria heidei* LAURENTIAUX 1950 (*Lithomantidae*).

Les deux ailes figurées étant de taille légèrement différente, le calque nervuraire mésothoracique a été amené à un grossissement relatif choisi pour garder au diagramme une homogénéité métrique. Explication de la notation dans le texte. Les signes (+) et (-) rappellent la hauteur des veines majeures.

1A. — *Hadroneuria heidei* LAURENTIAUX 1950. Aile mésothoracique droite. Holotype. Calque nervuraire inversé ($\times 2$).

Westphalien A du Limbourg néerlandais. Mine Wilhelmina, veine X.

1B. — *Hadroneuria (Hadroneuriopsis) heidei* LAURENTIAUX 1950. Aile métathoracique gauche. Calque nervuraire orienté ($\times 1,66$). (L'indice « p », significatif des ailes postérieures est ajouté à la notation nervuraire conventionnelle).

Westphalien A de Belgique. Charbonnage de Trieu-Kaisin, siège 2 à Gilly, Premier Veiniat au toit de Veine Tatouie.

Costale, Co (+), marginale et ponctuée. Sous-costale, Sc (-), très longue, rejoignant le bord costal près de l'extrémité de celle-ci, définissant un champ sous-costal très étroit.

RI_p (+) strictement parallèle à Sc_p et à Co_p, allant jusqu'à l'apex. Rs_p (-) naissant du tronc radial au cinquième de la longueur alaire, restant indivisé sur plus de la moitié de sa course libre, se ramifiant ensuite (dernier tiers de l'aile) en un

système sectorial peu fourni et tardif, occupant, avec six terminaisons marginales, tout l'apex et une faible partie du bord interne : des trois branches émises à la face postérieure de la veine-mère, les deux premières sont bifides, l'ultime simple.

MA_p (+) à courbure faible, rejoignant le bord interne aux cinq sixièmes de la longueur alaire. MP_p (-) libre de MA_p à peu près au même niveau que Rs_p s'isole de RI_p, ramifié à partir du dernier

tiers de sa course : quatre branches respectivement trifide (dernière fourche très courte), simple, bifide (bifurcation très marginale) et simple, sont émises à intervalles réguliers à l'avant de la branche-mère.

CuA_p (+) parallèle à MP_p mais relativement espacé de cette veine. CuP_p (—) quadrifide, avec émission très précoce des deux branches simples, la troisième formant avec la branche-mère une très brève fourche.

Cinq branches anales (A_p) non divisées et parallèles aux ramifications de CuP_p.

Système intercalaire homogène et scalariforme, formé d'éléments transversaux assez robustes, très peu sinueux, normaux aux veines principales — sauf dans le champ sous-costal.

ORIGINE ET HORIZON. — Bassin houiller de Charleroi (Belgique). Charbonnage de Trieu-Kaisin, siège n° 2 (Viviers) à Gilly. Etage de 394 m, bouveau N-S de retour d'air à 8 m sur Premier Veiniat, au toit de la Veine Tatouie (banc n° 795). Base de l'assise de Charleroi, partie moyenne de la zone de Genek (Wn 1A). Westphalien A (niveau supérieur).

Récolte de Monsieur A. Pastiels, Octobre 1952

COLLECTION. — Collection de l'Association pour l'Etude de la Paléontologie et de la Stratigraphie Houillères, Bruxelles. Empreinte (A) complète (Pl. fig. 2) et contre-empreinte (B) partielle.

AFFINITÉS ET DISCUSSION.

A) Comparaison et affinités avec *Hadroneuria heidei* LAURENTIAUX 1950.

L'organisation nervuraire de cette aile postérieure est si comparable, jusqu'au détail même, à celle mésothoracique de l'holotype d'*Hadroneuria heidi* LAURENTIAUX 1950 (fig. 1A ; Pl. fig. 1) qu'il n'est pas possible d'y trouver d'argument de discrimination spécifique. Les seules dissemblances sont d'ordre morphologique et fonction de la position thoracique différente.

La comparaison des formules de nervation de ces deux ailes indique clairement leur appartenance à une même entité spécifique :

aile antérieure (*Hadroneuria heidei* LAURENTIAUX 1950) :

$$RI + 7 R_s + MA + 8 MP + CuA + 4 CuP = 22$$

aile postérieure :

$$RI_p + 7 R_{s_p} + MA_p + 8 MP_p + CuA_p + 4 CuP_p = 22.$$

Le détail des analogies nervuraires est singulier : port de CuP et même fourche tardive ; port de MP avec proximale tardivement trifide ; même structure de Rs avec initiale également tardive et fourchue à mi-course ; même angle basal de CuA ; densité et structure de l'archéodictyon, etc...

Mise à part l'insignifiante différence de taille qui reste dans les limites normales de la variation individuelle (l'aile postérieure ici décrite est un peu plus grande que l'aile mésothoracique holotype de *Hadroneuria heidei* LAURENTIAUX 1950, 86 mm au lieu de 71), les seules dissemblances de quelque importance sont propres à la position alaire : forme métathoracique triangulaire avec espace sous-costal plus étroit et développement spatial de la zone cubito-anale.

Cependant, l'assimilation systématique et spécifique, ici admise, reste un fait déduit, les deux organes ne se rencontrant pas en connexion sur un même fossile mais provenant de deux individus de gisement différent. Notre diagramme alaire de l'espèce *Hadroneuria heidei* LAURENTIAUX 1950 (ensemble des fig. 1A et 1B) comporte donc une relative hypothèse bien que celle-ci soit, comme il résulte de la précédente discussion, solidement assise. C'est le seul souci d'une rigueur systématique dont il a été fait état ailleurs (Laurentiaux-Vieira F. et Laurentiaux D., 1962), qui impose la création du « genre » nouveau *Hadroneuriopsis*. Cette terminologie qui entend seulement rappeler les conditions de l'hypothèse et de l'établissement du diagramme alaire est, avant tout, une désignation. *Hadroneuriopsis* doit, et c'est ma conviction ferme, être tenu pour un « genre d'organe » systématiquement synonyme d'*Hadroneuria* HANDLIRSCH 1908.

A cette concordance zoologique s'en ajoute une autre, stratigraphique — les deux individus sont d'un même horizon du Westphalien A — ce qui argumente encore l'assimilation spécifique proposée.

B) Comparaison avec l'aile postérieure de *Lithomantis carbonarius* WOODWARD 1876.

L'état fragmentaire du diplotype *Lithomantis carbonarius* WOODWARD 1876 (p. 60, Pl. IX, fig. 1 ; Bolton 1921, pp. 42-45, fig. 9 et Pl. II fig. 4) rend incomplète une telle comparaison. Il faut cependant noter quelques aspects significatifs outre l'élargissement basal :

a) la nervation intercalaire répond à un même type lithomantide ;

b) le même schéma lameerien de nervation principale ;

c) la richesse de CuP un peu plus grande chez la forme écossaise. Cette richesse pourrait traduire une plus grande primitivité du champ cubital. Toutefois, il est intéressant de souligner que les systèmes CuP sont d'inégale richesse dans les ailes méso- et métathoracique de l'holotype de *Lithomantis carbonarius* WOODWARD : CuP_p compte cinq terminaisons marginales à l'aile postérieure, CuP en compte sept à l'aile antérieure. De telles variations (dont la nature individuelle est ici incontestable) n'existent même pas entre *Hadroneuria heidei* et l'aile postérieure *Hadroneuriopsis*, ce qui au passage confirme, si besoin en était encore, la valeur de la confusion spécifique proposée.

La morphologie et le dessin de nervation des ailes du genre *Hadroneuria* HANDLIRSCH (incl. *Hadroneuriopsis*) permettent, pour la première fois, de définir complètement et rigoureusement le type alaire et nervuraire des *Lithomantidae* westphaliens. Le diagramme obtenu est sensiblement différent de celui reconnu par la reconstitution d'un Lithomantide précédemment proposée par Handlirsch et basée sur le fossile incomplet holotype de *Lithomantis carbonarius* WOODWARD 1876 (HANDLIRSCH 1925). Le nouveau diagramme basé sur *Hadroneuria*, par l'excellence de la fossilisation des pièces prises en considération pour son établissement, n'est grevé d'aucune reconstitution et bien qu'établi à partir de fossiles différents, il peut être valablement retenu pour la définition nervuraire des *Lithomantidae* HANDLIRSCH 1906 et l'interprétation phylétique de cette famille.

La morphologie aussi nettement triangulaire de l'aile postérieure est assez inattendue. C'est une disposition secondairement acquise traduisant une évidente spécialisation. En augmentant la surface portante, cette triangulation alaire métathoracique apparaît avantageuse du point de vue de la mécanique du vol. L'élargissement sensible de la région cubito-anale rappelle fonctionnellement le lobe vernal repliable d'autres Insectes (Orthoptères, Dictyoptères, etc.). Toutefois, les ailes métathoraciques des Paléodictyoptères hétéronomes ne comportent aucun pliement et restaient planes au repos. Il en est ainsi chez *Hadroneuriopsis heidi* dépourvu de tout pli alaire.

L'aile antérieure montre une extrême réduction de la zone anale. Ce caractère doit être lui aussi tenu pour secondaire. Il paraît indiquer une tendance évolutive assez parallèle à celle du système

anal des Dictyoneurides chez lesquels AI tend à s'allonger parallèlement au bord postérieur et les différentes Anales à perdre leur individualité et à se confondre en une première Anale unique.

Chez *Hadroneuria* (aile antérieure), s'observent encore trois anales assez bien distinctes. Comme la forme de l'aile de la seconde paire, cette caractéristique doit être mise au compte de la diagnose de la famille des *Lithomantidae* HANDLIRSCH 1906. Il distingue nettement ce groupe d'autres termes de la série lithomantide tels les *Synarmogidae* HANDLIRSCH 1910 dont un seul type d'aile reste connu, les *Macropteridae* LAURENTIAUX 1949 dont peut être maintenant établi le diagramme alaire (Laurentiaux D. in Laurentiaux D. et C. Teixeira 1958, fig. 2). *Macroptera* possède également une aile métathoracique élargie basalement mais infiniment moins triangulaire que celle des *Hadroneuria* (*Hadroneuriopsis*) et son diagramme permet une distinction systématique.

En bien des aspects nervuraires (principaux et archeodictyal) les *Lithomantidae* HANDLIRSCH 1906 conservent une plus grande primitivité nervuraire que les *Dictyoneuridae* HANDLIRSCH qui figurent le type axial et classique des Paléodictyoptères carbonifères. Ceux-ci maintiendront tout au long de leur évolution une condition homonome ou au plus très faiblement hétéronome (9) n'aboutissant jamais à une triangulation accusée comme chez les *Lithomantidae* ou les *Breyeriidae*.

Il a été déjà montré que les Breyeriides avaient acquis indépendamment leur triangulation métathoracique à partir de termes homonomes puis subhomonomes (Laurentiaux D. et Laurentiaux-Vieira F., 1952). Il faut de même admettre au plus une communauté d'origine des *Lithomantidae* et des *Dictyoneuridae* et étant donné l'âge des plus anciens Lithomantides (Westphalien A) et du plus vieux Dictyoneuride connu (*Dictyoneurella* LAURENTIAUX 1949 du Westphalien B) (Laurentiaux D., 1949, p. 207 et sq, fig. 1, Pl. VII fig. 1). La séparation de ces deux lignées de Paléodictyoptères s'était donc déjà opérée dès l'aurore du Westphalien A.

VALEUR STRATIGRAPHIQUE DU GENRE HADRONEURIA NOVAK. — *Hadroneuria heidei* LAURENTIAUX 1950 (holotype) du Houiller néerlandais et *Hadro-*

(9) Un cas, semble-t-il extrême, d'« hétéronomie » ou plutôt de subhomonie chez les Dictyoneurides peut être trouvé avec l'aile postérieure décrite par GUTHÖRI (1940, p. 53, fig. 10, Pl. 7, fig. 1) sous le nom de *Longivenopteris pulchra* GUTHÖRI. 1940.

neuriopsis (*Hadroneuria*) *heidei* nov. du Carbonifère belge proviennent d'horizons stratigraphiques du Westphalien A très comparables (*vide ante*) et bien peu différents de celui du diplotype *bohémica* (NOVAK) dont nous avons rappelé la proximité spécifique. Ceci suffirait à attacher un intérêt biostratigraphique au genre *Hadroneuria* HANDLIRSCH 1908.

Une autre découverte faite par Monsieur Bouroz, Chef du Service géologique des Houillères Nationales du Nord et du Pas-de-Calais, permet de signaler le genre *Hadroneuria* dans notre bassin

houiller du Nord de la France (10). Il s'agit d'une aile postérieure (*Hadroneuriopsis*) malheureusement moins bien conservée que l'exemplaire belge. Son espèce est sans aucun doute très proche de *heidei*, l'état de conservation ne permettant pas toutefois de dire, en toute rigueur, s'il s'agit de la même entité spécifique. L'extension verticale du genre *Hadroneuria* atteindrait donc le Westphalien B.

(10) Bassin houiller du Pas-de-Calais. Lens, sondage du Puits N° 9, étage 454 m, profondeur 571,4 m. Schistes très riches en *Lonchopteris rugosa* Brongniart. Selon les indications données par son inventeur, base (ou milieu) de l'assise d'Anzin (Westphalien B).

BIBLIOGRAPHIE

- BOLTON H. (1921). — A monograph of the fossil Insects of the British Coal Measures (1) *Palaeont. Soc.* (vol. f. 1919) V. pp. 1-80, 24 fig., Pl. I-IV, Londres.
- GUTHÖRL P. (1940). — Zur Anthropoden-Fauna des Karbons und Perms: neue Insektenfunde (*Palaeodictyoptera*) aus Schacht 5 der Grube Frankenholtz-Saar. *Senckenbergiana*, Bd 22, n° 1-2, pp. 35-73, 11 fig., 8 Pl., Francfort/Main.
- HANDLIRSCH A. (1906). — Revision of american paleozoic Insects. *Proc. U.S. Nat. Mus. Washington*, T. XXIX, pp. 661-680, 109 fig., Washington.
- HANDLIRSCH A. (1906-1908). — Die fossilen Insekten. Iena.
- HANDLIRSCH A. (1925). — Palaeontologie in SCHRÖDER, Handbuch der Entomologie (1925) Iena.
- LAURENTIAUX D. (1949). — Un Insecte nouveau (*Breyeriidae*) du terrain houiller du Nord de la France. *Ann. Soc. Géol. Nord*, T. LXIX, pp. 47-54, 1 fig., 1 Pl., Lille.
- LAURENTIAUX D. (1950 a). — Les Insectes carbonifères du Limbourg Néerlandais. *C. R. somm. Soc. Géol. France*, T. XX, fasc. 6, pp. 100-102, Paris.
- LAURENTIAUX D. (1950 b). — Les Insectes houillers du Limbourg Hollandais. *Meded. Geol. Sticht.*, nieuwe ser., N° 4, pp. 13-22, Pl. 13-22, Pl. I-IV, La Haye.
- LAURENTIAUX D. et LAURENTIAUX-VIEIRA F. (1952). — Observations sur les Paléodictyoptères *Breyeriidae*. *Bull. Soc. Géol. France*, 6° sér., T. I, pp. 585-596, 5 fig., Pl. XVIII et XIX, Paris.
- LAURENTIAUX D. et LAURENTIAUX-VIEIRA F. (1962). — Nouvelle récolte d'un *Breyeriide* (Insecte paléodictyoptère) dans le Westphalien du Nord de la France. *Ann. Soc. Géol. Nord*, T. LXXXII, pp. 173-178, fig., Lille.
- LAURENTIAUX D. et TELXEIRA C. — Um novo género de Insecto paleodictoptero do Carbónico continental do Eixo-Douro (Portugal). *Bol. Soc. Geol. Portugal*, Vol. XII, fasc. III, pp. 41-49, 2 fig., 1 Pl., Porto.
- NOVAK O. (1880). — Ueber *Gryllacris bohémica*, einen neuen Locustidenrest aus der Steinkohlenformation von Stradonitz in Böhmen. *Jahrb. Geol. Reichst.*, T. XXX, pp. 69-84, Pl. II, Vienne.
- VIGNON M.P. (1930). — Introduction à de nouvelles recherches de morphologie comparée sur l'aile des Insectes. *Arch. Mus. Hist. Nat.* (1929), 6° sér., T. IV, pp. 90-123, 45 fig., 4 Pl. Paris.
- WOODWARD H. (1876). — On a remarkable fossil orthopterous Insect from the Coal Measures of Scotland. *Geol. Mag. Nat. Hist.*, sér. 2, Vol. II, pp. 621-622, Pl. IX, fig. 1, Londres.

*

**

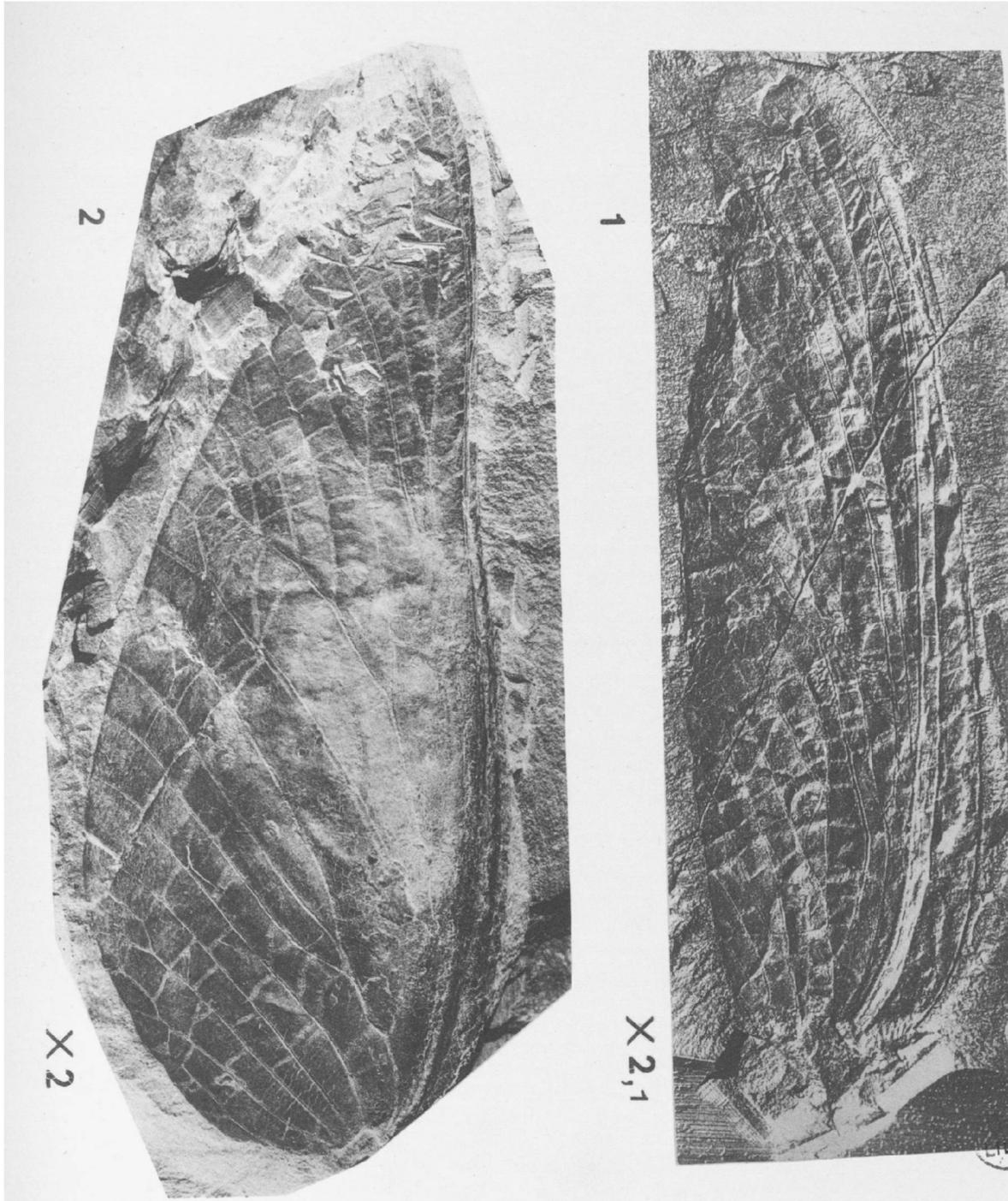
EXPLICATION DE LA PLANCHE XXI

FIG. 1. — *Hadroneuria heidei* LAURENTIAUX 1950. Holotype. Aile mésothoracique droite. Cliché photographique ($\times 2,1$) de la contre-empreinte. Bassin houiller du Limbourg néerlandais, Mine Wilhelmina, veine X, base du faisceau de Wilhelmina, Westphalien I.
Coll. Geol. Bureau, Heerlen, échantillon N° 903 b.

FIG. 2. — *Hadroneuria (Hadroneuriopsis) heidei* LAURENTIAUX 1950. Aile métathoracique gauche. Cliché photographique ($\times 2$) de l'empreinte. Bassin houiller de Charleroi (Belgique), Gilly, siège N° 2, Premier Veiniat au toit de Tatouie, partie moyenne de la zone de Genck, Westphalien A.
Coll. Ass. Et. Pal. Str. Houillères, Bruxelles.

L'ensemble des deux figures de la planche illustre le diagramme alaire du genre *Hadroneuria* HANDLIRSCH 1908 (*Lithomantidae*).

————— « » —————



Sur la détermination de l'âge absolu de quelques minéraux argileux extraits de sédiments de la région d'Hassi-Messaoud

par P. DEBRABANT (1)

(1 fig.)

Sommaire. — Après un bref aperçu sur la méthode A-K utilisée en 1961 au Centre de Recherches Radiogéologiques de Nancy, l'auteur essaie d'interpréter quelques résultats inattendus obtenus par cette méthode.

Introduction

La radiogéochronologie est une discipline posédant à l'heure actuelle de nombreux adeptes qui ont su montrer l'efficacité et l'intérêt de l'enseignement que l'on peut tirer de ses résultats. Dans bon nombre de cas, c'est une technique qui servira d'appoint. On l'utilisera par exemple pour distinguer des étages dans une série azoïque, pour rétablir l'ordre de dépôt d'une série fortement tectonisée ou encore pour affiner l'échelle des temps absolus de l'histoire de la terre.

Dans la plupart de ces cas, les résultats obtenus sont généralement soupçonnés, attendus ; ils viennent apporter des valeurs précises qui serviront de jalons aux stratigraphes.

Cependant, il arrive que ces résultats une fois obtenus, loin de résoudre un problème, en posent un autre par la difficulté que présente leur interprétation. Ce cas nous est apparu lors de datations effectuées sur des minéraux argileux de séries cambriennes et ordoviciennes de la région d'Hassi-Messaoud (2).

L'étude de ces minéraux a été faite au Centre de Recherches Radiogéologiques de Nancy et la

méthode de datation utilisée fut la méthode Argon-Potassium.

Rapide aperçu de la méthode A/K

Rappelons brièvement sur quels principes théoriques est basée cette méthode de recherche et à l'aide de quel matériel il est possible d'en tirer l'application pratique.

PRINCIPE.

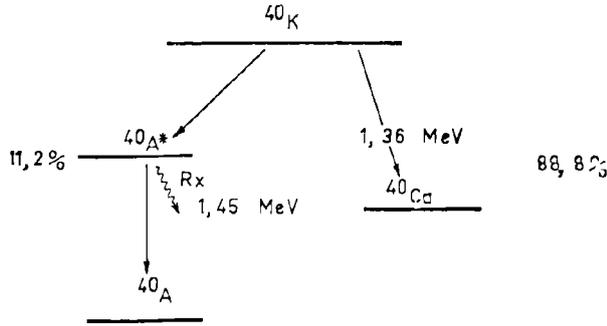
Il est évident que toute méthode de détermination d'âges demande l'utilisation d'un facteur temporel constant qui sera bien entendu présenté par une propriété de la matière. Cette propriété fera intervenir une variation continue dont l'intensité restera constante au cours du temps. La variation envisagée devra être par conséquent indépendante des facteurs physico-chimiques extérieurs au système auquel elle est appliquée.

La radioactivité est un phénomène qui présente ces propriétés, par la remarquable constance de la quantité d'éléments désintégrés au cours du temps, quelles que soient les conditions physico-chimiques extérieures.

Dans le cas qui nous intéresse présentement, on utilise comme radio-élément le potassium 40. Rappelons brièvement le mode de désintégration de cet isotope, selon le schéma qu'en a donné Suess en 1948 (12).

(1) Assistant de géologie à la Faculté des Sciences de Lille.

(2) Je tiens à remercier la Direction de la S.N.P.A. et plus particulièrement M. Kulbicki qui m'a fourni les échantillons et autorisé à publier quelques résultats



D'après ce schéma on constate que :

11,2% du ^{40}K donne par capture K de l' ^{40}A selon une certaine constante de désintégration λ_k : 88,8% du ^{40}K donne par émission β du ^{40}Ca selon une constante de désintégration λ_β .

Appliquons la radioactivité du ^{40}K au calcul théorique du temps en radiogéochronologie.

Pendant le très petit intervalle de temps t , $t + dt$, il y a une part dN_1 atomes de ^{40}K qui se désintègrent en ^{40}A selon :

$$dN_1 = - \lambda_k N dt$$

N étant le nombre d'atomes de ^{40}K présents à l'instant t .

D'autre part, il y a dN_2 atomes de ^{40}K qui se désintègrent en ^{40}Ca selon :

$$dN_2 = - \lambda_\beta N dt.$$

La quantité totale dN d'atomes de ^{40}K qui se désintègrent pendant l'instant dt est égale à $dN_1 + dN_2$ soit :

$$dN = - (\lambda_k + \lambda_\beta) N dt.$$

Posons $\lambda_k + \lambda_\beta = \Lambda$, on peut écrire

$$\frac{dN}{N} = - \Lambda dt$$

En supposant qu'au temps $t = 0$ existaient N_0 atomes de ^{40}K , nous pouvons écrire (4) :

$$\int_{N_0}^N \frac{dN}{N} = - \Lambda \int_0^t dt$$

d'où en intégrant :

$$N = N_0 e^{-\Lambda t}$$

Entre les instants 0 et t il s'est formé $N - N_0$ atomes de $^{40}\text{Ca} + ^{40}\text{K}$ soit :

$$N - N_0 = N_0 (1 - e^{-\Lambda t})$$

or seuls nous intéressent les atomes de ^{40}A apparus.

Revenons à la définition des constantes de désintégration : si elles sont exprimées en années⁻¹, cela veut dire qu'à partir d'1 gramme de ^{40}K il s'est formé en un an λ_k gramme de ^{40}A et λ_β gramme de ^{40}Ca . Au total, $\lambda_k + \lambda_\beta$ gramme de matière correspondant aux $N - N_0$ atomes apparus.

La fraction des atomes d' ^{40}A apparus au temps t est donc :

$$\frac{\lambda_k}{\lambda_k + \lambda_\beta} (N_0 - N) = \frac{\lambda_k}{\Lambda} N_0 (1 - e^{-\Lambda t}).$$

Effectuons le rapport du nombre des atomes de ^{40}A apparus au temps t au nombre des atomes de ^{40}K restant au même instant, il vient :

$$\frac{[^{40}\text{A}]}{[^{40}\text{K}]} = \frac{\lambda_k (1 - e^{-\Lambda t})}{\Lambda e^{-\Lambda t}}$$

d'où en multipliant le numérateur et le dénominateur par $e^{-\Lambda t}$:

$$\frac{[^{40}\text{A}]}{[^{40}\text{K}]} = \frac{\lambda_k}{\Lambda} (e^{-\Lambda t} - 1)$$

$$\text{soit } e^{-\Lambda t} = \frac{\lambda_k [^{40}\text{A}]}{\Lambda [^{40}\text{K}]} + 1$$

$$\Lambda t = L \left(\frac{\lambda_k [^{40}\text{A}]}{\Lambda [^{40}\text{K}]} + 1 \right)$$

$$\text{d'où } t = \frac{1}{\Lambda} 2,3 \log \left(\frac{\lambda_k [^{40}\text{A}]}{\Lambda [^{40}\text{K}]} + 1 \right).$$

Il est facile de voir que dans cette équation, une fois $[^{40}\text{A}]$ et $[^{40}\text{K}]$ déterminés, t est connu. $[^{40}\text{A}]$ et $[^{40}\text{K}]$ étant respectivement les teneurs actuelles de ^{40}A et ^{40}K en présence dans un échantillon quelconque analysé.

Si nous exprimons λ_k et λ_β en années⁻¹, nous obtiendrons t en années.

Nous avons utilisé pour les constantes λ_k et λ_β les valeurs déterminées par L.T. Aldrich et G.W. Wetherill en 1958 (8), soit :

$$\begin{aligned} \lambda_k &= 0,585 \cdot 10^{-9} \text{ années}^{-1} \\ \lambda_\beta &= 0,4720 \cdot 10^{-9} \text{ années}^{-1} \end{aligned}$$

Les teneurs en ^{40}K ont été déterminées par photométrie de flamme et celle de ^{40}A par spectrométrie de masse.

Appareillage - Méthodes de recherche

RECHERCHE DU POTASSIUM.

D'une façon générale, nous nous sommes servis de la méthode utilisée par P.M. Hurley (7) et mise au point antérieurement par des auteurs tels que A.N. Kazakov et N.I. Polévaya (10) ou J. Lipson, R.E. Folinsbee, J.H. Reynolds (5) ou encore G.W. Wetherill, L.T. Aldrich, G.L. Davis, G.R. Tilton (2).

Les attaques ont été effectuées à l'aide du mélange $\text{HF} + \text{H}_2\text{SO}_4$. Elles portaient sur 0,4000 grammes d'échantillon pesés à 10^{-4} grammes près. La liqueur d'attaque, étendue à 500 cm^3 , constituait la liqueur de passage au photomètre. Celle-ci était conservée dans des flacons de polyéthylène de façon à éviter toute pollution potassique par le verre.

Notons que nous avons eu des difficultés avec certains échantillons prélevés au niveau de réservoirs d'huile. En effet, les constituants organiques carbonisés par H_2SO_4 ne pouvaient se solubiliser et devaient être éliminés par filtration à l'aide d'un matériel absolument dépourvu de potassium.

Au point de vue photométrie de flamme, nous avons utilisé un appareil américain Perkin-Elmer, à étalon interne de lithium. Les mesures étaient effectuées selon une méthode de zéro, par comparaison avec une série d'étalons préalablement préparés à l'aide d'une biotite synthétique.

Nous avons obtenu des résultats avec une erreur voisine de celle des auteurs utilisant la même méthode, c'est-à-dire de l'ordre de 2,5 à 3 %. Mais pour ce faire, il a fallu recommencer 7 fois la série d'étalons servant à construire la courbe de référence ; de plus, tous les échantillons ont subi 2 et même 3 attaques, tandis que les liqueurs obtenues à partir de ces attaques étaient soumises 4 à 5 fois à la mesure photométrique.

D'autre part, chaque série d'attaque comprenait une muscovite de référence comprenant 8,3 % de potassium.

Remarquons que nos résultats d'analyses furent amplement vérifiés par ceux obtenus dans les laboratoires de la S.N.P.A.

MESURE DE L'ARGON.

L'argon étant un gaz rare, par conséquent très faiblement réactif à cause de sa couche électronique externe saturée, il est nécessaire d'envisager l'utilisation d'une méthode physique pour le séparer d'un échantillon et mesurer la quantité ainsi extraite. C'est le travail du laboratoire de spectrométrie de masse.

L'analyse de l'argon, telle que nous avons eu l'occasion de la pratiquer au Centre de Recherches Radiogéologiques de Nancy, comprenait 4 phases bien distinctes et se trouvait calquée sur les méthodes de recherche de P.M. Hurley (7).

Ces 4 points étaient respectivement : la fusion, le traçage, la purification chimique et la mesure spectrométrique.

a) La fusion :

Les atomes de ^{40}A résultant de la radioactivité des atomes de ^{40}K ont pris la place de ces derniers dans le réseau cristallin des minéraux potassiques considérés. Pour les extraire et mesurer leur teneur, il suffit de détruire ce réseau cristallin dans une enceinte fermée.

Pour ce faire, nous avons utilisé tout simplement la fusion sous vide. L'unité de chauffage mise à notre disposition était un four à induction construit par le département électronique de « Technique Nucléaire » d'Argenteuil. L'appareil de type HF/ $V_2/5000$, de puissance utile 5 Kw, était alimenté en 220/380 volts triphasé et groupé en un seul ensemble, la partie haute-fréquence et la partie vide. Les creusets utilisés, constituant le secondaire du transformateur HF, était en molybdène et ne nous permettait pas d'obtenir une température supérieure à 1200°C . D'où la nécessité d'ajouter un fondant : NaOH, d'ailleurs utilisé par de nombreux auteurs tels que G.F. Wasserberg et R.R. Hayden (13) ou D.R. Carr et J.L. Kulp (3). Cinq grammes d'échantillon étaient ainsi fondus dans un cylindre d'alumine frittée introduit dans le creuset de molybdène. La fusion, prolongée 2 heures, n'était commencée qu'après un dégazage prononcé de l'échantillon (une quinzaine d'heures environ), dégazage nécessaire afin d'éliminer tous les gaz adsorbés par l'échantillon.

b) Le traçage :

La méthode de recherche décrite rapidement dans ces lignes est qualifiée de méthode de dilution iso-

topique car elle nécessite la présence d'un traceur. Cette méthode fut mise au point par Inghram et ses collaborateurs (10). Elle consiste à mélanger aux gaz extraits de l'échantillon, une quantité connue d'un certain élément. Cet élément, le traceur, suivra les gaz extraits dans tous les traitements qu'ils subiront après extraction. Il devra, par conséquent, posséder les mêmes propriétés chimiques que les éléments dont on veut mesurer la teneur, de façon à se retrouver avec eux à un moment quelconque de la manipulation. Il faut également que l'isotope choisi comme traceur soit peu répandu dans la nature, afin d'éviter au maximum toute pollution venue de l'extérieur.

Nous avons utilisé comme traceur de l'Argon 38 à 96 % acheté à un laboratoire américain. Cet ^{38}A était injecté au niveau de l'échantillon au moment de la fusion, après détente dans un volume connu situé au voisinage du réservoir à traceur préalablement étalonné en pression, volume et température.

Les quantités ainsi injectées correspondaient à un nombre variant entre 5.10^{14} et 6.10^{14} molécules d' ^{38}A .

c) Purification chimique :

Cette partie très importante de l'analyse doit être menée avec soin. Le but de cette purification consiste à éliminer le maximum d'éléments chimiques capables d'interférer avec les masses 35 à 41 lors de la mesure spectrométrique. En fait, il faut faire en sorte que de la ligne de purification chimique ne sortent que les gaz rares. L'eau et le gaz carbonique s'éliminent par cristallisation dans des « doigts de gants » portés à la température de l'azote liquide. L'hydrogène est oxydé en eau à chaud par l'oxyde de cuivre. Les autres éléments s'éliminent par passage sur de la mousse de liane portée au rouge.

Notons tout de suite que, malgré de grandes précautions, l'hydrogène est venu parasiter certaines de nos mesures.

d) Spectrométrie de masse :

L'échantillon gazeux, une fois tracé et purifié, ne contient pratiquement plus que des gaz rares. Les rapports des quantités respectives de ces gaz doivent être alors mesurés. Comme nous connaissons l'une de ces quantités, soit celle de l' ^{38}A traceur, toutes les autres peuvent très facilement s'en déduire, d'où la teneur en ^{40}A de nos échantillons. L' ^{40}A atmosphérique étant éliminé de l' ^{40}A total

par l'intermédiaire du rapport $^{40}\text{A}/^{36}\text{A}$. Cette mesure de rapport s'effectue à l'aide d'un spectromètre de masse, seul appareil suffisamment sensible pour pouvoir donner des indications précises sur des quantités d'éléments aussi faibles que celles que nous mesurons.

L'appareil que nous avons utilisé au Laboratoire de Nancy a été construit par le département d'études nucléaires de la Compagnie Française Thomson-Houston. Il est muni d'une source, à ionisation par bombardement électronique, conçue pour effectuer des mesures en phase gazeuse. L'appareil est équipé d'un aimant permanent de 3000 Gauss. Le tube en cuivre rouge est aplati au niveau de l'entrefer de l'aimant.

La mesure s'effectue par balayage électrostatique en faisant varier la haute tension dans le faible intervalle (300 volts) suffisant à couvrir le domaine des masses 35 à 41. La hauteur des pics de masse est obtenue automatiquement à l'aide d'un enregistreur graphique du type « Mecel ». Les mesures sont faites en dynamique, c'est-à-dire sous pompage constant. La prise du fond continue de l'appareil n'est entreprise qu'à partir du moment où il ne présente plus de variations décelables. A partir de cet instant, 20 à 30 spectres de l'échantillon gazeux sont enregistrés, ce qui permettra de faire une mesure moyenne.

Résultats obtenus

MATÉRIEL UTILISÉ.

Les minéraux que nous avons analysés nous ont été communiqués par les services de recherche de la S.N.P.A. Ce sont des minéraux argileux qui proviennent de séries cambriennes et ordoviciennes de la région d'Hassi-Messaoud. Du point de vue minéralogique, il s'agit de glauconies et principalement d'illites extraites de grès et de silts pris à des profondeurs variant entre 3.100 et 3.600 m. Nous avons mesuré l'âge de 12 échantillons numérotés.

DIFFICULTÉS RENCONTRÉES.

Avant de dire quelques mots sur les résultats, il serait bon de connaître quelques-unes des difficultés qui apparurent lors de la mesure de la teneur en ^{40}A de nos échantillons.

Nous avons vu que cette mesure ne pouvait être effectuée qu'à partir du moment où il n'y avait

plus de variations sensibles dans la forme du fond continu. Nous avons dû faire face à des instabilités parfois très longues donnant lieu à des variations imprévisibles survenant d'un spectre à l'autre, au niveau des pics 36 et 40, même après un très long dégazage à chaud du tube.

Pour de nombreux auteurs, les variations de pics seraient dues à la présence d'hydrogène adsorbé préférentiellement par les parois du tube, éliminant en contre-partie des bouffées d'éléments plus lourds. P.M. Hurley (7) a pu mettre expérimentalement en évidence un accroissement notable du 36 lors de l'introduction d'hydrogène dans le tube. D'autre part, nous avons nous-mêmes constaté une décroissance du rapport 36/40 au cours du temps ; ce qui indiquait que les masses 36 et 40 ne décroissaient pas proportionnellement au cours du temps.

Ce phénomène devenait sensible à partir d'une heure de mesures. De même, le pic de 38 au bout d'un temps plus ou moins long semblait être le siège de variations tout à fait incohérentes.

Enfin, l'inconvénient majeur résidait dans la mesure directe des rapports des hauteurs de pics.

Il fallait tout d'abord tracer une base commune à tous les pics enregistrés dans la même sensibilité. En effet, la base enregistrée soumise au bruit de fond électronique n'était pas suffisamment régulière pour permettre les mesures. D'où la nécessité de lui surimposer une base moyenne continue. La mesure directe des hauteurs de pics ne pouvait ainsi se faire qu'avec une précision de l'ordre de 0,1 mm. Or nous nous sommes rapidement aperçus qu'une telle erreur entraînait de fortes variations de l'âge, d'où la nécessité d'un très grand nombre de mesures dans le but d'obtenir une valeur moyenne de la teneur en ^{40}A statistiquement valable. A cette valeur correspondait un âge moyen encadré par deux âges extrêmes permettant de savoir dans quelles limites nos déterminations étaient valables, ainsi :

GS.2 3561,4 (1) = \pm 17 millions d'années.

Du point de vue résultats obtenus, nous pourrions d'une manière générale qualifier nos âges de « trop jeunes ». Effectivement, les échantillons analysés étaient des minéraux à origine généralement considérée comme authigène, extraits de sédiments cambriens et ordoviciens, nous pouvions nous attendre à obtenir des âges de l'ordre de 500 millions d'années. Rappelons à cet effet que, d'après l'échelle

B de A. Holmes (6), la base du Cambrien est située à 600 millions d'années, et celle de l'Ordovicien à 500 millions d'années. Or les âges obtenus à partir de nos échantillons sont pratiquement tous nettement inférieurs aux valeurs précitées et ne peuvent en aucun cas y être comparés. Ainsi nous avons par exemple trouvé pour GS.2 3457,7 et GS.1 3264,8 des âges respectivement de 270 et 265 millions d'années au lieu des 500 millions attendus.

D'autre part, si dans certains cas l'échelle stratigraphique est respectée, par exemple :

GS.2 3457,7 270 millions d'années.
GS.2 3561,4 306 millions d'années.

dans d'autres cas, elle ne l'est pas ; l'échantillon GS.1 3448 est daté à 220 millions d'années tandis que GS.1 3264,8, moins profond, est daté à 265 millions d'années, ceci dans une série normale.

Ces résultats nous ont tout d'abord surpris au point de nous faire vérifier nos calculs plusieurs fois (sans pouvoir y effectuer de changements), de même nous avons réétalonné l'appareillage, notamment le traceur. Cependant, les expériences ultérieures nous ont donné des résultats tout à fait identiques.

Nous avons essayé d'expliquer ce phénomène de rajeunissement en invoquant une *perte d'argon par diffusion* au travers du réseau cristallin des minéraux analysés. En effet, il est certain que cette possibilité n'est pas à rejeter car chaque fois que des comparaisons d'âge K/A et Rb/Sr ont été faites sur des minéraux, il s'est révélé que les âges K/A étaient inférieurs d'environ 5 % et même plus aux âges Rb/Sr, et ceci à cause du phénomène de diffusion. Les profondeurs auxquelles ont été extraits nos échantillons peuvent expliquer une telle diffusion de l'argon.

A ce phénomène de diffusion peut également venir s'ajouter un accroissement de la teneur en potassium au cours des temps géologiques. N'oublions pas que G.J. Conway en 1942 et K. Smulikowski en 1954 (8) ont remarqué un accroissement de la teneur en potassium des glauconies primaires dû à l'acquisition de cet élément au cours des diagenèses tardives. En 1960, P.M. Hurley et ses collaborateurs supposent qu'un tel phénomène peut rajeunir de 10 % l'âge d'une glauconie cambrienne.

Cependant, les interprétations envisagées précédemment ne suffisent pas pour expliquer le rajeunissement de nos échantillons. Quelle peut en être la cause ? Nous la rechercherons dans la transformation diagénétique des minéraux argileux. On sait

(1) Profondeur d'extraction de l'échantillon.

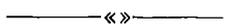
que les minéraux argileux peuvent très bien se former ou se transformer postérieurement à l'établissement des sédiments qui les contiennent. Il suffit, d'après A. Rivière (11), d'une simple variation de pH. Cette variation de pH peut facilement être retenue lors de l'arrivée du pétrole dans la roche-magasin. Ainsi, d'après G. Millot (11), les fermentations anaérobies qui se produisent dans les formations bitumineuses mènent à la constitution d'acide sulfhydrique. Le pH diminuant favorise l'apparition de la kaolinite non potassique, au détriment des illites potassiques. En considérant l'incohérence même de nos résultats, nous sommes obligés d'invoquer, pour les expliquer, la transformation incomplète d'illites probablement authigènes en kaolinites. Ceci d'autant plus que G. Kulbicki nous a signalé d'importantes quantités de kaolinite dans nos échantillons. Les illites chimiquement attaquées pourraient ainsi avoir perdu une grande partie de leur argon et supporter la responsabilité des âges variant considérablement d'un échantillon à l'autre d'une part, et d'autre part de leur valeur généralement trop faible.

De plus, il serait bon de remarquer que la variation de pH a pu jouer dans l'autre sens et que l'arrivée de l'eau salée accompagnant les hydrocarbures dans la roche-magasin a pu entraîner la formation d'illites secondaires, illites que nous avons analysées. Nous datons dans ce cas l'arrivée de l'eau salée dans le sédiment considéré. P.M. Hurley (9) fait état par exemple dans un rapport de 1960, d'échantillons qui lui auraient été fournis par R.E. Grim et G. Kulbicki, ces échantillons contenaient des illites secondaires remplaçant des kaolinites primaires d'âge cambrien, ce phénomène de remplacement résultant, toujours d'après P.M. Hurley, de l'action de l'eau salée des champs pétrolifères.

Nos résultats peuvent donc être expliqués par l'évolution des minéraux argileux au cours de la diagénèse. Cette évolution pouvant être étroitement liée à des variations de pH du milieu. Un fait intéressant semble se dégager de cette étude : la possibilité de dater avec suffisamment de précision, grâce aux illites secondaires, la migration du pétrole vers sa roche-magasin.

BIBLIOGRAPHIE

- 1) ALDRICK L.T., WETHERILL G.W. (1960). — Rb/Sr and K/A âges of rocks in Ontario and Northern Minnesota. Department terrestrial magnetism Carnegie Institute, Washington. *Journal Geophysical Research U.S.A.*, 65, n° 1, p. 337-340.
- 2) ALDRICK L.T., WETHERILL G.W., DAVIS G.L., TILTON G.R. (1958). — Radioactive âges of micas from Granitic rocks by Rb/Sr and K/A methods. *Transactions American Geophysical Union*, vol. 39, p. 1124-1134.
- 3) CARR D.R., KULP J.L. (1957). — K/A method of geochronometry. *Bulletin of the Geological Society of America*, n° 6, p. 763-784.
- 4) CURIE M. (1910). — Traité de radioactivité. Tome I. Ed. Gauthier-Villars.
- 5) FOLINSBEE R.E., LIFSON J., REYNOLDS J.H. (1956). — K/A dating. *Geochimica et cosmochimica Acta*, vol. 10, p. 60-68.
- 6) HOLMES A. (1960). — A revised geological time-scale. *Edinburgh Geological Society Transaction*, vol. 17, pt 3, p. 183-216.
- 7) HURLEY P.M. (1958). — Progress report on argon analysis : variations in isotopic abundances of strontium, calcium and argon and related topics. *Fifth annual progress report for 1957-1958 U.S. Atomic Energy commission Contract AT (30-1)*, 1381.
- 8) HURLEY P.M., HOWER J.H., CORMIER R.F. (1959). — Variations in isotopic abundances of strontium, calcium and argon and related topics. Reliability of glauconite for age measurements by K/A and Rb/Sr methods. N.Y.O. 3940 *Seventh annual report for 1959 U.S. Atomic Energy Commission Contract AT (30-1)*, 1381, p. 23-63.
- 9) HURLEY P.M., BROOKINS D.G., PINSON W.H., HEART S.R., FAIRBAIN H.W. (1960). — Variations in isotopic abundances of strontium, calcium and argon and related topics. Age structures of illites in Mississippi and other river sediments. N.Y.O. *Eighth annual progress report for 1960 U.S. Atomic Energy Commission Contract AT (30-1)*, 1381.
- 10) KAZAKOV A.N., POLEVAJA N.I. (1958). — Certaines données préliminaires d'élaboration de l'échelle post-cambrienne de géochronologie absolue d'après les glauconies. *Geochemistry USSR*, n° 4, p. 296-306.
- 11) MILLOT G. (1949). — Relations entre la constitution et la genèse des roches sédimentaires argileuses. *Bull. de l'Association des Ingénieurs Géologues de l'Université de Nancy*, tome 2, n° 2-3-4.
- 12) STARIK I.E., LITVINA L.A. (1958). — Application of leaching method in evaluating the suitability of samples for age determinations by the A/K method. *Academy of Sciences USSR Leningrad Geochemistry*.
- 13) WASSERBURG G.F., HAYDEN R.R. (1956). — ⁴⁰A/⁴⁰K dating of igneous rocks and sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 10, n° 3, p. 153-166.



Etude des transformations de la bornite ($\text{Cu}_5 \text{Fe S}_4$) par élévation de la température

par Jean PROUVOST (*)

(1 fig.)

Sommaire. — L'analyse thermique en atmosphère inerte de la bornite fait apparaître 2 phénomènes réversibles et nettement distincts, mais l'examen aux rayons X montre qu'il ne s'agit pas de transformations polymorphiques. En s'appuyant sur des travaux antérieurs, nous pensons que ces accidents sont dus à la ségrégation de la chalcopyrite puis de la chalcocite.

L'analyse thermique différentielle permet de mettre en évidence des phénomènes chimiques et physiques.

Ces derniers sont fréquemment réversibles, ce qui permet de les distinguer, mais leur ampleur est souvent faible. Dans le cas des sulfures métalliques, le souci de ménager les couples a conduit à l'utilisation d'une gaine de protection ou à la dilution du sulfure dans un corps inerte. Si ces techniques permettent la mise en évidence d'accidents importants correspondant à des décompositions, il est exceptionnel qu'elles permettent de déceler les transformations physiques. C'est pourquoi, comme nous l'avions fait pour le sulfure d'antimoine Sb_2S_3 (J. Prouvost 1960), nous avons procédé sans dilution et sans protection. Ceci entraîne inévitablement la destruction du couple. Pour obtenir le maximum de renseignements d'une expérience, il convient de ne pas chauffer en une seule fois jusqu'à la température maximum mais d'arrêter le chauffage en cours d'essai et de faire refroidir ; ce qui permet d'apprécier la réversibilité et de s'assurer que les propriétés des couples sont inchangées. La bornite avait été analysée et sa composition centésimale approche les valeurs théoriques (Jean Prouvost 1959). Nous avons procédé sous atmosphère d'argon suivant une loi de chauffe donnant environ 300° heure. Le premier chauffage a mis en évidence deux accidents endothermiques à 205 et

270° C. Le refroidissement qui a suivi a montré la réversibilité aux températures de 250 à 160° C avec des amplitudes relatives comparables. Les chauffages à des températures plus élevées, jusqu'à la décomposition, n'ont pas révélé d'autres faits intéressants (fig. 1). Deux transformations ont donc eu lieu. Pour les préciser davantage, nous faisons appel à l'examen aux rayons X à des températures situées entre les points de transformation en utilisant une chambre chauffante. Les températures choisies sont 20, 230 et 280° C. A partir des diagrammes obtenus par la méthode des poudres, nous calculons les valeurs reportées sur le tableau I.

Le premier diagramme, fait à la température ordinaire, 20° C, confirme évidemment la bornite. Les raies que l'on trouve s'insèrent dans un ensemble correspondant à un réseau cubique faces centrées de paramètre 10,95 Å très voisin de celui trouvé par D. Lundqvist et A. Westgren (1936) et du double de la maille cubique sur laquelle se basent Tunell et Adams (1949).

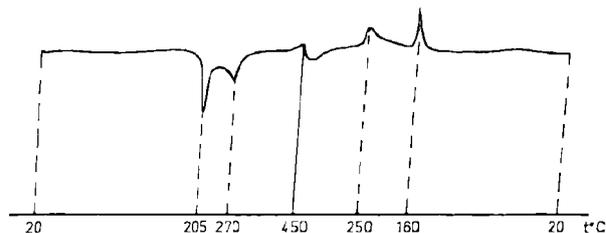


FIG. 1. -- Analyse thermique différentielle de la bornite. Les variations de température ne sont pas linéaires.

(*) Laboratoire de Minéralogie de la Faculté des Sciences de Lille (Nord).

TABLEAU I

Diagramme Debye-Scherrer. Radiation Cu K α , filtre Ni.

	20°	230°	280° C
$a_0 = 10,95 \text{ \AA}$			3,38 ff chc
\AA	3,29 m 311	3,30 f	
	3,16 M 222	3,18 M	3,18 m
		3,07 m chp	3,07 m chp
	2,81 f		
	2,73 m 400	2,75 M	2,75 M
	2,50 m 331		
	1,94 F 440	1,95 F	1,95 F
		1,86 ff chp	1,86 m chp
	1,62 ff 533	1,66 f	1,66 m chc
			1,58 f chp

chp = chalcopyrite chc = chalcocite.

Le diagramme fait à la température de 230° C, c'est-à-dire après le premier accident endothermique n'est pas très différent. On retrouve dans l'ensemble les mêmes raies que dans le cas précédent, cependant les intensités diffèrent. La raie à 3,30 Å s'affaiblit, celle à 2,50 disparaît. Par contre, nous notons la présence d'une raie à 3,07 d'intensité notable et d'une autre à 1,86 très faible. A 280° C, ces caractères s'accroissent, la raie à 3,30 Å disparaît mais à 3,38 on en note une très faible, la raie à 3,07 conserve son intensité mais celles à 1,86 et 1,66 s'accroissent tandis qu'une autre à 1,58 apparaît.

Les raies nouvelles ne peuvent provenir du réseau cubique à faces centrées de la bornite, par contre celles à 3,07, 1,86 et 1,58 Å sont les raies principales d'intensité relative 100, 83, 20 (d'après Hanavalt) d'un autre sulfure de fer et de cuivre, la chalcopyrite (Cu Fe S₂).

La raie très faible à 3,38 apparaissant dans le diagramme réalisé à la température de 280° C, fait partie des raies les plus fortes données par la chalcocite 2,38, 1,94, 1,86 Å, mais la présence de ce sulfure n'est pas évidente puisque la raie à 1,94 se confond avec celle de la bornite et celle à 1,86 avec celle de la chalcopyrite. On note cependant pour ces dernières un renforcement de l'intensité.

Rappelons que nous avons montré (opus cit.) que par chauffage de la bornite nous observons la ségrégation de la chalcopyrite et d'un sulfure de cuivre (que nous n'avons pas déterminé) au sein de la bornite. Ces accidents endothermiques ne correspondent donc pas à une transformation polymorphique qui entraînerait un réseau cristallin différent que les rayons X mettraient en évidence. Il semble qu'ici, et nous rejoignons en cela l'opinion de A.J. Frueh Jr (1950), la réorganisation affecte les atomes métalliques qui se groupent différemment par rapport au soufre. Ces diffusions entraînent la formation de chalcopyrite et corrélativement de sulfure de cuivre suivant la réaction :



En admettant que le phénomène s'effectue en deux temps, apparition de la chalcopyrite puis regroupement du sulfure de cuivre, on trouve une explication des deux accidents endothermiques.

Les observations microscopiques avaient montré la présence de ces diverses phases, l'interprétation des diagrammes les confirme.

Il convient de remarquer cependant que si la ségrégation de la chalcopyrite au sein de la bornite est visible après refroidissement il ne s'agit là que d'un reliquat dû à un phénomène de trempe. Dans les conditions de l'analyse thermique, le phénomène est réversible et sur les diagrammes de poudre, les raies que nous avons mentionnées à 230 et 280° C n'apparaissent plus après refroidissement.

BIBLIOGRAPHIE

- FRUEH A.J. Jr — *Amer. Min.*, T. 35, p. 185, 1950. PROUVOST Jean. — 85^e Congrès des Sociétés Savantes, 1960.
 LUNDQVIST D. et WESTGREN A. — *Arkiv for Kemi*, 12 B, n° 23, 1936. PROUVOST Jean. — *Bulletin Société Française de Minéralogie*, 1960, T. 83, n° 10-12.
 PROUVOST Jean. — 84^e Congrès des Sociétés savantes, 1959. TUNELL et ADAMS. — *Am. Min.*, T. 34, p. 824, 1949.

« »

Etude des Microspores du Namurien à Tarla-Agzi (Bassin houiller d'Amasra, Turquie).

par Bülent AGRALI

(5 fig. - 2 Pl.)

INTRODUCTION

MM. K. Yahsıman et Y. Ergönül ont déjà étudié, en 1958, les « mégaspores » des veines de charbon au puits de Tarla-agzi qui est situé à l'extrême Ouest du bassin d'Amasra, au bord de la Mer Noire (fig. 1). C'est là même qu'ils ont procédé, pour la première fois dans les bassins houillers turcs, à la corrélation des veines par l'utilisation des spores (1). On doit à ces auteurs l'étude sporologique détaillée des six veines de la série de Schlehan (Westphalien C) et des deux veines exploitées dans le Namurien (veines Ulubay et Oztüten) : ils ont, en effet, établi les diagrammes de ces veines en vue d'un essai de corrélation éventuel.

Les forages exécutés dans le bassin d'Amasra, à partir de 1956, par l'Institut d'Etudes et de Recherches Minières de Turquie (M.T.A.) ont permis de recouper le Namurien aux sondages 22, 23, 28 et 42 à l'Est de Tarla-agzi. Toutefois, il n'a pas été possible de rattacher les couches de charbon traversées par ces sondages à la série de Tarla-agzi par la seule utilisation des « mégaspores » (14).

C'est en décembre 1960 que, avec l'accord du M.T.A., MM. Yahsıman et Ergönül ont eu l'amabilité de me confier les échantillons de la veine Oztüten et des trois passées A, B et C. Plus tard, j'ai pu obtenir les échantillons des veines Ulubayüstü et Ulubay, ce qui m'a permis d'étudier l'ensemble du Namurien au puits de Tarla-agzi et

(1) Auparavant, en 1949, DIJKSTRA s'était servi des « mégaspores » pour dater les veines d'une façon approximative dans le bassin d'Eregli-Zonguldak.

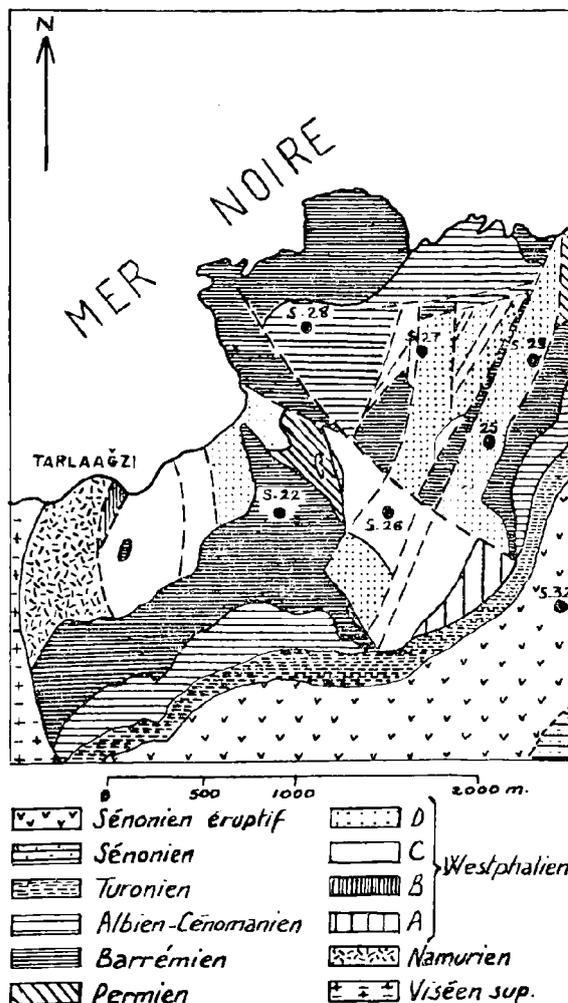


FIG. 1. — Carte des affleurements de la partie Ouest du bassin d'Amasra (d'après M. Tokay 1962, Pl. II).

d'établir une verticale sporologique-type. Il s'agit de prélèvements effectués dans la bowette principale de l'étage — 35 au puits de Tarla-agzi, les mêmes qui ont jadis servi à l'étude des « mégaspores » (15).

CARACTÉRISTIQUES PALEONTOLOGIQUES DU NAMURIEN

Le Namurien est caractérisé dans le bassin d'Amasra par :

Cardiopteridium waldenburgensis ZIMM.

Diplomema bermudensisiforme SCHLOTH.

Pecopteris aspera BRONGN.

Mesocalamites sp.

Les « mégaspores » caractéristiques sont :

Lageniculisporites crassiaculeatus ZERNDT

Lageniculisporites subpilosus (IBR.) POT. & KR.

Coronatisporites brasserti (STACH & ZERNDT)
C., C., D. & L. var. *minor* DIJKSTRA

Setosisporites praetextus (ZERNDT) POT. &
KR. var. *minor* DIJKSTRA

APERÇU STRATIGRAPHIQUE ET TECTONIQUE DU SECTEUR OUEST DU BASSIN

Comme on peut voir sur la coupe (fig. 3), le Westphalien C forme un synclinal symétrique et un anticlinal asymétrique renversé, coupés par une série de failles d'importance inégale.

A l'étage + 7, on rencontre le Westphalien C et le Namurien, ce dernier formant le noyau de l'anticlinal, en superposition normale, alors que dans la bowette principale de l'étage — 35 c'est le flanc inverse du pli que l'on traverse ; ce flanc a subi, en plus, un glissement par suite d'une faille inverse directionnelle. Les veines de charbon y ont un pendage apparent de 30 à 40°, les toits étant vers le bas et les murs vers le haut. La limite entre le Namurien et le Westphalien C est matérialisée par une surface de contact mécanique située immédiatement en dessous du niveau repère d'argile réfractaire qui caractérise la base du Westphalien C à Tarla-agzi.

On a pu mettre en évidence (13, 14) que le Namurien de Tarla-agzi n'était pas une formation autochtone mais qu'il formait une écaïlle dont la racine serait située à 7-8 km à l'Ouest de Tarla-

agzi, dans la région de Gâvurpinari-Süzek Deresi. D'après M. M. Tokay, il s'agit d'un glissement par simple gravité. Le même phénomène a également été observé dans le bassin d'Amasra pour le Westphalien A et pour le Westphalien C. Par suite d'un soulèvement du socle à l'Ouest, des masses plus ou moins importantes des diverses formations se seraient détachées et elles auraient glissé vers l'Est le long d'une surface plane inclinée par le simple effet de la gravité sur ces masses détachées (2).

L'écaïlle du Namurien reconnue au puits de Tarla-agzi a été rencontrée encore aux sondages 22 et 28 alors qu'au sondage 23 il s'agit du Namurien autochtone. Le sondage 22 a permis de constater que cette écaïlle de Namurien reposait sur des couches de Westphalien A mais séparée de celles-ci par une autre surface de contact mécanique ; ce Westphalien A forme également une écaïlle surmontant la série autochtone. Un peu plus à l'Est, au voisinage du sondage 29, la même écaïlle de Namurien est en contact avec un Westphalien B peu épais, qui fait suite à l'écaïlle de Westphalien A (fig. 2).

A Tarla-agzi, l'ensemble du terrain houiller est plissé par un pli d'âge permien. Le Namurien y est formé de grès et de schistes, son épaisseur peut atteindre 300 mètres. Il comporte quelques veines peu importantes ; M. Tokay cite les veines Kestane, Üst-Karaali et Alt-Karaali : il s'agit probablement des anciens noms des veines Oztüten, Ulubay-üstü et Ulubay. La veine Oztüten dont l'épaisseur dépasse constamment 1 m et peut atteindre 1,20 m est la plus intéressante pour l'exploitation.

ECHANTILLONNAGE

Cette étude porte sur les veines Ulubay-üstü, Ulubay, Oztüten et les passées A, B et C. Pour chacune de ces veines et passées, on a effectué un prélèvement global sur toute l'épaisseur de la couche de charbon (échantillon moyen). Mais il s'est trouvé, par suite de l'étude sporologique, que les veines Ulubay et Oztüten (les deux veines les plus importantes de la série) avaient une composition sporologique très semblable et qu'il était

(2) M. TOKAY fait remarquer que dans le bassin d'Amasra la surface glissante est formée par des schistes argileux. Ces couches se manifestent dans les assises successives du bassin houiller sous forme de faisceaux plastiques : leur épaisseur autant que le rapport de celle-ci à l'épaisseur des masses ayant glissé, sont de nature à justifier un pareil glissement.

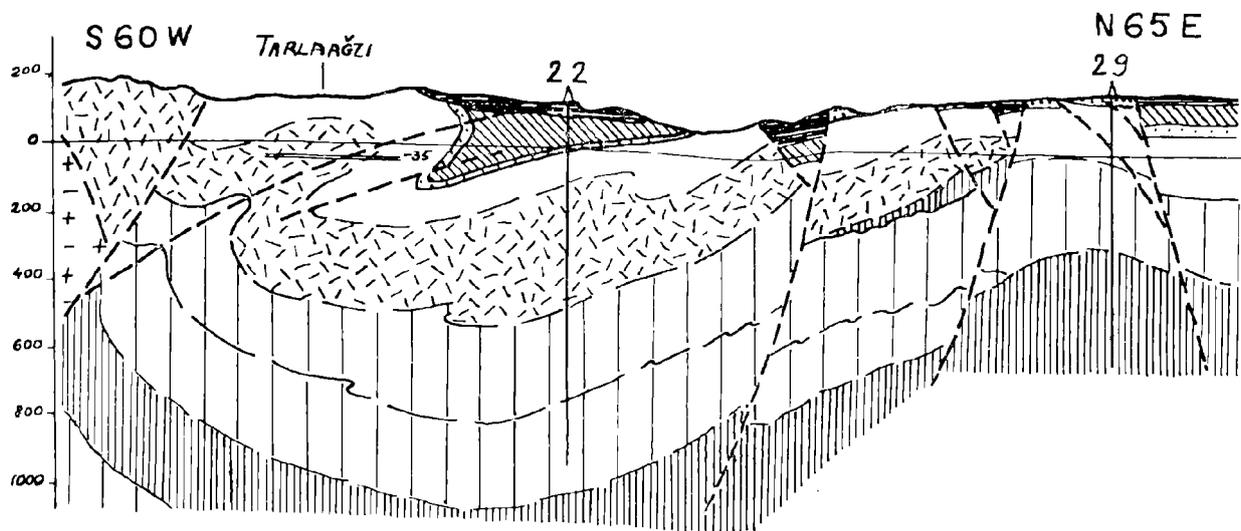


FIG. 2. — Coupe passant par le Puits de Tarla-agzi et les sondages 22 et 29.

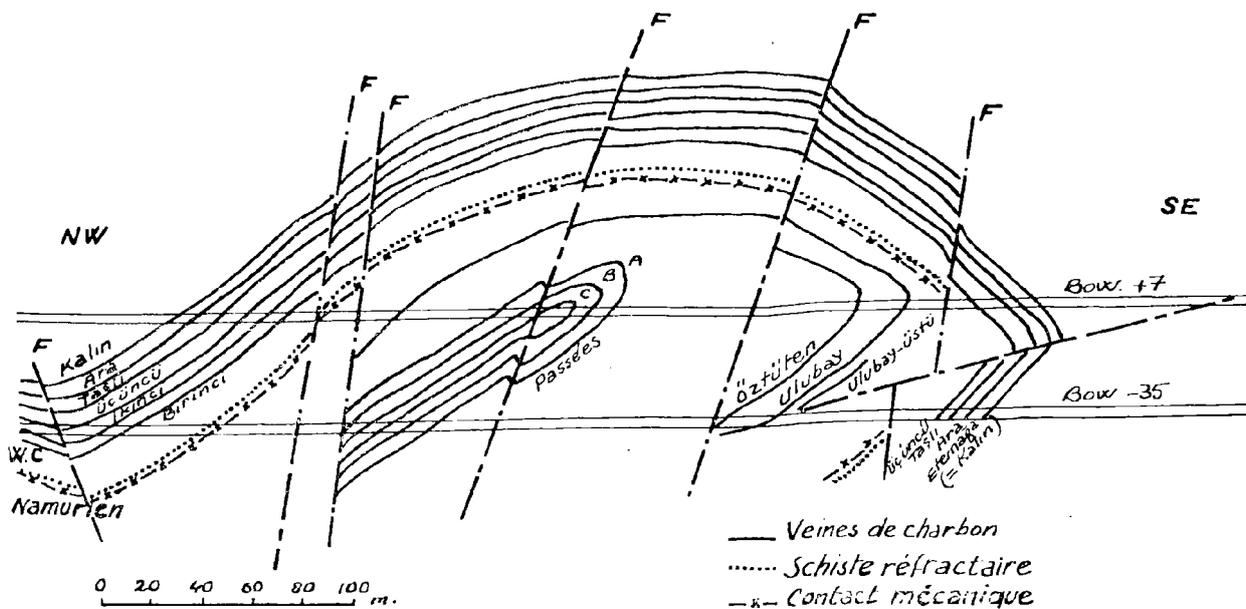


FIG. 3. — Coupe de l'anticlinal de Tarla-agzi (d'après K. Yahsıman et Y. Ergönül 1958, p. 48, fig 1).

particulièrement difficile de les identifier par la seule étude des échantillons moyens. Aussi a-t-on procédé à un deuxième échantillonnage de 20 en 20 cm pour chacun de ces deux niveaux.

La veine Ulubay-üstü n'a pas fait l'objet d'une étude similaire, sa composition sporologique étant caractéristique.

Tous les échantillons ont été traités par la méthode bromo-nitrique (méthode de Zetsche et Kälin). Les attaques chimiques ont été exécutées en partie à Amasra et en partie au laboratoire de Drocourt du Service géologique des H.B.N.P.C.

ETUDE QUALITATIVE

On a pu déterminer 112 espèces appartenant à 37 genres ; 10 nouvelles formes ont été décrites : les genres *Rolisporites* (SCHEMEL) C., C., D. & L. et *Tripartisporites* (SCHEMEL) C., C., D. & L. ont été révisés, leurs diagnoses génériques amendées ; deux nouvelles combinaisons sont proposées.

Formes nouvelles

Genre *RETICULATISPORITES* (IBR.) POT. & KR.

Génotype : *R. reticulatus* Ibrahim 1932 in Pot., Ibr. & L., p. 447, Pl. 14, fig. 3.

DESCRIPTION : Ce sont des spores à contour circulaire souvent irrégulier. La marque trilète n'est pas toujours nette. L'exine présente une forte sculpture en réseau, à cavités limitées par des cloisons élevées.

Reticulatisporites tortuosus nov. sp.

(Pl. XXII, fig. 1-3)

Holotype : Pl. XXII, fig. 1.

DIAGNOSE : Spores de taille moyenne (40-70 μ), de forme ronde ou ovale avec un contour ondulé. Marque trilète non visible. Réseau comportant un petit nombre de cavités limitées par des cloisons larges et sinueuses, avec des intersections marquées par des renflements locaux d'aspect noueux. Cavités de contour arrondi.

DESCRIPTION : Les dimensions de l'holotype sont 45 \times 65 μ ; les cloisons ont 5-8 μ de largeur et 2-3 μ de hauteur ; le diamètre des cavités varie de 6 à 18 μ . Le contour de la spore est ondulé, la marque trilète est souvent invisible.

PROVENANCE : Passée C, Tarla-agzi — 35, bowette principale.

EXTENSION : Passées B et C, très rare.

DISCUSSION : Par l'épaisseur et la disposition de ses cloisons qui s'enchevêtrent, *R. tortuosus* nov. sp. rappelle *Azonotriletes amplexus* var. *kasachstanensis* LITNER (5) mais s'en distingue par son réseau lâche.

Reticulatisporites tarla-agzensis nov. sp.

(Pl. XXII, fig. 4)

Holotype : Pl. XXII, fig. 4.

DIAGNOSE : Spores de taille moyenne (65-85 μ), de forme ronde ou ovale, comportant un réseau constitué par des cloisons larges (5-15 μ) et peu hautes (1-3 μ) et des cavités circulaires de 7 à 15 μ environ. Marque trilète souvent bien nette et atteignant les 2/3 du rayon de la spore.

DESCRIPTION : L'holotype mesure 70 \times 78 μ . Les cloisons ont 6 à 13 μ de large et 1 à 3 μ de haut. On dénombre 15 à 21 cavités sur chaque face : leur diamètre varie entre 7 et 17 μ . Le contour équatorial est peu affecté par les cloisons, celles-ci étant très basses. La marque trilète est visible et atteint les 2/3 du rayon de la spore.

PROVENANCE de l'holotype : veine Oztüten, Tarla-agzi — 35, bow. princ.

EXTENSION : Passées A, B, C et veine Oztüten ; très rare.

DISCUSSION : Par la forme de ses cavités et la largeur de ses cloisons, le réseau de *R. tarla-agzensis* nov. sp. ressemble à celui de *R. tortuosus* nov. sp. ; mais la faible hauteur des cloisons et l'absence de processus noueux à leurs intersections suffit à caractériser cette espèce. Les cavités du réseau ont parfois une apparence d'alvéoles creusées dans le corps même de la spore.

Genre *KNOXISPORITES* POT. & KR.

Génotype : *K. hageni* Pot. & Kr. 1955, p. 116, Pl. 16, fig. 316.

DESCRIPTION : Ce sont des spores possédant un anneau équatorial ou sub-équatorial sur la face proximale en rapport avec un réseau situé sur la face distale. Ce réseau, souvent simple et à symétrie triradiaire, se compose de cloisons rayonnant à partir du pôle distal : elles sont renflées à la péri-

phérie avant de déborder sur la face proximale et rejoindre l'anneau. Parfois, le pôle distal est limité par une cloison circulaire, triangulaire ou polygonale des sommets de laquelle partent les autres cloisons. Enfin, l'épaississement de la face distale peut être général et il s'en détache alors, à plusieurs endroits, des renflements en forme de lèvres qui débordent sur la face proximale.

Knoxisporites velatus (WALTZ) nov. comb.

(Pl. XXII, fig. 5-7)

1938 *Zonotrites velatus* Waltz in Luber & Waltz, p. 14, Pl. 3, fig. 35 et Pl. A, fig. 18.

1955 *Reticulatisporites velatus* (Waltz) Pot. & Kr., p. 112.

DESCRIPTION : Ce sont des spores de forme circulaire ou ovale avec un contour irrégulier. L'anneau proximal, équatorial ou sub-équatorial, est peu épais et parfois peu distinct. Trois cloisons partant du pôle distal forment des renflements à la périphérie avant de rejoindre l'anneau : elles sont étroites, sinucuses et parfois discontinues ; elles peuvent se bifurquer à la périphérie mais cette bifurcation n'est souvent qu'apparente ; il ne s'agit alors que d'un renflement périphérique étroit au niveau duquel la frange périphérique est rabattue vers la face distale. D'autres petits renflements locaux, sans rapport avec les cloisons du réseau, déterminent la forme irrégulière du contour équatorial. L'exine est peu épaisse, lisse ou chagrinée, pouvant comporter quelques granules et verrues sur la face distale. La marque trilète est nette, rectiligne et peut atteindre l'anneau.

EXTENSION : Tous les niveaux du Namurien, Tarla-agzi — 35, bow. prine.

DISCUSSION : La symétrie triradiaire presque toujours apparente de la spore, la présence constante d'un anneau proximal et la nature des cloisons sont autant de facteurs qui rapprochent cette espèce du genre *Knoxisporites*.

Knoxisporites velatus (WALTZ) nov. comb.

var. *regularis* nov. var.

(Pl. XXII, fig. 8)

Type : Pl. XXII, fig. 8.

DIAGNOSE : Spores à aspect trilobé. Corps central de forme circulaire ou triangulaire fortement convexe, limité par un anneau sub-équatorial épais et régulier. Réseau distal constitué par trois cloisons proéminentes et sinucuses. Épaississements périphériques à l'extrémité des cloisons provoquant, dans les zones interradiales, un resserrement ou un

rabattement de la frange équatoriale sur la face distale.

DESCRIPTION : La taille varie entre 60 et 85 μ . Le rayon de la partie centrale mesure 25 à 35 μ . La largeur de l'anneau est de 6 μ environ. Les cloisons ont 2 à 4 μ de large et 2 à 3 μ de haut ; elles sont sinucuses et noueuses et se bifurquent à la périphérie avant de déborder sur la face proximale et rejoindre l'anneau, en provoquant un rabattement de la frange équatoriale sur la face distale. Cette frange a une largeur de 4 à 7 μ . L'exine est peu épaisse et comporte, sur la face distale, des granules ou quelques verrues isolées. La marque trilète est nette et atteint l'anneau.

PROVENANCE du type : Base de la veine Oztüten, Tarla-agzi — 35, bow. prine.

EXTENSION : Passées A, B, C et veine Oztüten ; rare. Semble caractériser la base du Namurien.

DISCUSSION : Cette variété de *K. velatus* possède toutes les caractéristiques de l'espèce, mais présente, en plus, une symétrie triradiaire parfaite ; sa localisation dans les niveaux inférieurs du Namurien, alors que *K. velatus* est assez fréquent dans tout le Namurien, est aussi une cause de la création de cette variété.

Knoxisporites triangulatus nov. sp.

(Pl. XXII, fig. 9-10)

Holotype : Pl. XXII, fig. 9.

DIAGNOSE : Forme triangulaire légèrement concave. Anneau proximal épais, équatorial, ou suivant de très près le contour de la spore. Marque trilète nette atteignant l'anneau. Aire distale mal définie. Cloisons fines et sinucuses, à aspect parfois noueux. Bifurcations périphériques des cloisons formant des renflements sur le bord de la spore, des renflements contigus pouvant se rejoindre pour former de fausses auricules.

DESCRIPTION : L'holotype mesure 82 μ . L'épaisseur de l'anneau est de 8 μ environ et celle des cloisons de 3 à 6 μ . Le réseau est incomplet et mal défini : les cloisons sont parfois discontinues et prennent l'aspect d'une suite de verrues. Par ailleurs, la face distale peut comporter quelques verrues isolées, des granules ou de gros tubercules épars. L'exine est uniformément épaisse.

PROVENANCE de l'holotype : Passée C, Tarla-agzi — 35, bow. prine.

EXTENSION : Passée C seulement ; très rare.

DISCUSSION : *K. triangulatus* nov. sp. ressemble, par la nature de son réseau, à *K. velatus* (WALTZ) nov. comb. mais en diffère par la forme, par la largeur de l'anneau et par l'épaisseur de son exine.

Genre *ROTISPORITES* (SCHEMEL) C., C., D. & L. emend.

= *Rotaspora* SCHEMEL

= *Camarozonotriletes* NAUMOVA

Génotype : *Rotisporites (Rotaspora) fracta* Schemel 1950, Fl. 40, fig. 8 et 9.

DIAGNOSE : Petites spores trilètes, à symétrie triradiaire, circulaires ou sub-triangulaires en vue polaire, comportant un corps central triangulaire à bord rectiligne, concave ou convexe et un cingulum. Exine lisse, infra-ponctué, ponctué ou granulé. Marque trilète distincte, rectiligne, avec des lèvres plus ou moins développées. Cingulum dépassant légèrement le corps central aux sommets et large dans les zones interradianales. Épaississement distal et resserrement du bord externe du cingulum formant, parfois, sur l'hémisphère distal, un cercle de rayon sensiblement inférieur à celui du corps de la spore circonscrit. Bord externe du cingulum uni ou comportant une ou plusieurs rangées de granules ou de petits cônes, la même ornementation pouvant se manifester sur la partie distale de tout le cingulum. Corps central délimité, chez certaines formes, par une bande étroite, de couleur foncée, constituée par un épaississement du bord interne du cingulum.

DISCUSSION : Le genre *Rotisporites* tel qu'il était défini par SCHEMEL (10) ne comportait que des formes possédant un cingulum à bord externe uni, sans structure, le genre *Camarozonotriletes* NAUMOVA (6) s'en distinguant uniquement par ce critère qui ne paraît pas justifier l'existence simultanée des deux genres. D'autre part, pour les deux genres, l'exine était définie comme lisse ou ayant une infra-ornementation ; or, certaines formes rencontrées à Tarla-agzi et qui sont indubitablement des *Rotisporites* comportent une exine fortement granulaire. Par conséquent, la diagnose générique nécessitait une révision. STAPLIN (11) dit que les deux genres *Rotaspora* et *Camarozonotriletes* peuvent se rapporter au genre *Reinschisporites* (S., W. & B.) C., C., D. & L. La disposition tout à fait particulière de la couronne est en effet identique pour ces différents genres mais sa nature est très différente :

elle est compacte et épaisse chez *Rotisporites*, formée de fibrilles — parfois juxtaposées, d'où une apparence homogène — chez *Reinschisporites*. Par ailleurs, les formes se rapportant au genre *Rotisporites* sont toutes nettement plus petites.

Rotisporites ergonuli nov. sp.

(Pl. XXII, fig. 11)

Holotype : Pl. XXII, fig. 11.

DIAGNOSE : Petites spores circulaires, comportant un corps central triangulaire à côtés rectilignes, convexes ou légèrement concaves ; cingulum surtout visible dans les zones interradianales avec, sur son bord externe, une rangée régulière de granules ; épaississement distal du bord du cingulum décrivant un cercle de rayon légèrement inférieur au rayon de la spore. Ornementation constituée de granules de 1-2 μ plus ou moins espacés. Marque trilète nette, branches de l'Y atteignant presque le bord du corps central.

DESCRIPTION : La taille varie entre 27 et 45 μ ; l'holotype mesure 33 \times 42 μ . On observe une rangée régulière de petits granules de 1-2 μ environ sur le bord de la spore ; certains individus peuvent présenter une granulation très dense. La marque trilète est parfois assez proéminente.

DÉDICACE : Je dédie cette espèce à M. Yasar ERGÖNÜT, géologue au M.T.A., auteur de nombreux travaux sur les « mégaspores » des bassins houillers turcs et dont l'activité constante sur le terrain a permis une meilleure connaissance du bassin d'Amasra.

PROVENANCE de l'holotype : Passée C, Tarla-agzi — 35, bow. princ.

EXTENSION : Tous les niveaux du Namurien ; rare.

DISCUSSION : *R. ergonuli* nov. sp. diffère des autres espèces du même genre par son ornementation.

Genre *ANGUISPORITES* POT. & KLAUS

Génotype : *Anguisporites anguanus* Pot. & Klaus 1951, Fl. 10, fig. 4.

DESCRIPTION : Ce sont de petites spores avec un cingulum et une marque trilète régulièrement ondulée. Le cingulum se présente comme un anneau peu large et massif avec une section plus ou moins cunéiforme.

Anguisporites obscurus nov. sp.

(Pl. XXII, fig. 12-13)

Holotype : Pl. XXII, fig. 12-13.

DIAGNOSE : Petites spores de forme triangulaire arrondie. Cingulum peu large comportant quelques encoches dues à l'existence de plis ou d'une rangée de tubercules sur le bord externe. Exine très épaisse. Marque trilète nette, s'étendant jusqu'au cingulum; les branches de l'Y sont sinueuses. Surfaces de contact en relief, constituant une pyramide proximale.

DESCRIPTION : La taille varie entre 31 et 52 μ ; l'holotype mesure 35 \times 50 μ . La largeur maximum du cingulum est de 5 μ . On dénombre 20 à 27 arcs sur le pourtour du cingulum. L'exine est très épaisse, la partie centrale de la spore est lisse. La marque trilète, nette, est légèrement ondulée.

PROVENANCE de l'holotype : Veine Oztüten, Tarla-agzi — 35, bow. prine.

EXTENSION : Tous les niveaux du Namurien; rare.

DISCUSSION : *A. obscurus* nov. sp. se distingue de *A. anguinus* POT. & KLACS par l'épaisseur de son exine et l'ornementation de son cingulum. En outre, les ondulations de la marque trilète sont parfois moins nettes chez *A. obscurus*.

Genre *CALLISPORITES* BUTT. & WILL.

Génotype : *Callisporites nux* Butt. & Will. 1958, p. 376, Pl. 3, fig. 24, 25.

DESCRIPTION : Ce sont des spores trilètes possédant un cingulum massif et étroit. Le contour équatorial est triangulaire ou sub-triangulaire avec des sommets arrondis. Les côtés sont rectilignes, convexes ou légèrement concaves. L'aspect triangulaire est net même chez les formes les plus arrondies. L'ornementation consiste en des éléments concentriques, disposés parallèlement aux branches de l'Y et aux bords de la spore; elle peut s'étendre sur le cingulum.

Callisporites nux BUTT. & WILL. var. *minor* nov. var.

(Pl. XXII, fig. 14-17)

Type : Pl. XXII, fig. 15.

DIAGNOSE : Petites spores triangulaires à sommets arrondis ou pointus, à côtés fortement convexes; cingulum régulier et en forme de carène, s'amincissant sur son bord externe; marque trilète forte, rectiligne et s'étendant jusqu'à la limite du

corps central; ornementation consistant en des plis concentriques, parallèles aux branches de la marque trilète et aux côtés de la spore et s'étendant sur le cingulum en y formant de petites encoches; limite du corps central soulignée par une étroite bande noire correspondant au maximum d'épaisseur du cingulum caréniforme.

DESCRIPTION : La taille varie entre 36 et 48 μ ; le « type » mesure 42 μ . La largeur du cingulum est de 4-7 μ environ. L'exine est peu épaisse; les plis formant l'ornementation sont parfois assez importants.

PROVENANCE du « type » : Veine Ulubay, Tarla-agzi — 35, bow. prine.

EXTENSION : Dans les veines Ulubay et Ulubay-üstü; rare. Semble caractériser le Namurien supérieur.

DISCUSSION : *C. nux* var. *minor* ne diffère de la forme décrite par BUTT. & WILL. (1) que par la taille. Si la taille n'est pas, en général, un bon critère pour justifier l'existence d'une espèce ou d'une variété, je crois que dans le cas particulier de *C. nux* une telle division était nécessaire par le fait que, dans le bassin d'Amasra, on ne trouve que des individus mesurant moins de 50 μ dans le Namurien et des individus mesurant 50 à 65 μ dans le Westphalien A, ces derniers possédant en plus une exine nettement plus épaisse.

Genre *TRIPARTISPORITES* (SCHEMEL)

C., C., D. & L. emend.

= *Tripartites* SCHEMEL

Génotype : *Tripartisporites (Tripartites) vetustus* Schemel 1950, p. 242, Pl. 40, f. 11.

DIAGNOSE : Spores trilètes à symétrie triradiaire avec une frange équatoriale pouvant être très étroite ou même absente dans les zones interradiales mais s'élargissant aux sommets pour former des auricules; auricules souvent plissées d'une façon typique, comportant des crêtes et des granules, mais pouvant être aussi lisses, finement granulaires ou verruqueuses. Corps central triangulaire avec des sommets obtus ou arrondis. Marque trilète toujours nette, parfois proéminente avec des lèvres développées. Épaisseur et largeur de la frange et des auricules très variables. Aspect général trilobé de la spore déterminé par la forme des auricules. Exine du corps central lisse, ponctué, granulaire ou verruqueuse.

DISCUSSION : La diagnose donnée par SCHEMEL (10) faisait des auricules plissées un critère rigide;

SULLIVAN (12) adopte également ce point de vue et veut exclure des espèces comme *T. tripartitus* HORST du genre *Tripartisporites* uniquement à cause des auricules lisses. D'autres espèces, telle que *T. simplicissimus* DYB. & JACH., devraient donc également être exclues. Or ces espèces ne peuvent être placées dans nul autre genre connu. D'autre part, l'épaisseur relative de la frange équatoriale de même que sa continuité ne peuvent non plus, à elles seules, être considérées comme des critères infaillibles. En effet, de nombreux auteurs ont remarqué un passage progressif d'auricules lisses à auricules sculptées et d'une frange peu épaisse et discontinue à une frange très épaisse et continue (1).

Le genre *Tripartisporites* comporte des formes très diverses et à première vue il paraît hétérogène; mais en rendant plus souple la diagnose générique on peut y garder un certain nombre d'espèces qu'on ne pourrait placer dans aucun autre des genres connus.

Le genre *Tripartisporites*, ainsi défini, se distingue des genres :

— *Triquisporites* (WILSON & COE) C., C., D. & L. : par l'existence d'une frange équatoriale et, si ce n'est pas le cas, par l'aspect général de la spore déterminé par les auricules; en effet, chez *Triquisporites*, celles-ci sont plutôt des épaississements apicaux qui n'affectent pas beaucoup le contour normal de la spore alors que, dans les cas extrêmes, les auricules de *Tripartisporites*, globuleuses, comportent une partie amincie, un « col », qui les rattache au corps de la spore et présentent des expansions latérales dans le plan équatorial.

— *Stellisporites* ALPERN : souvent par la taille, par la forme générale de la spore, par l'importance moindre et la forme des auricules.

Les autres genres des *Auriculati* (*Ahrensisporites* POT. & KR. et *Mooreisporites* NEVES) sont bien caractérisés et ne prêtent pas à une confusion.

Enfin, certaines espèces attribuées au genre *Murisporites* (SOMERS) C., C., D. & L. par STAPLIN (11) et possédant des auricules bien distinctes, devraient faire l'objet d'une révision.

Tripartisporites trivalvis (WALTZ) nov. comb.

(Pl. XXII, fig. 18-20)

1938 *Zonotriletes trivalvis* Waltz in Luber & Waltz, p. 18, Pl. 4, fig. 41.

1955 *Triquitrites trivalvis* (Waltz) Pot. & Kr., p. 88.

1958 *Tripartites inciso-trilobus* (Naumova) Pot. & Kr. var. *inciso-trilobus* Butt. & Will., p. 373, Pl. 3, fig. 2.

DIAGNOSE : Spores triangulaires, nettement triradiées, possédant des auricules proéminentes lisses ou très finement verruqueuses et une frange équatoriale continue plus large aux sommets et réduite à une bande étroite dans les zones interradiales. Partie centrale de la spore triangulaire convexe. Marque trilète nette et pouvant s'étendre jusqu'à la frange. Aucune ornementation sur le corps de la spore ni sur la frange équatoriale.

DESCRIPTION : L'ordre de grandeur donné par WALTZ est de 45 à 65 μ ; les individus rencontrés à Tarla-agzi mesurent 50 à 78 μ . L'exine est épaisse même dans la partie centrale. La frange équatoriale, de couleur foncée, qui mesure à peine 4 à 6 μ dans les zones interradiales, atteint 15 à 18 μ de large aux sommets pour former les auricules; là, la partie extérieure (8 à 11 μ) s'épaissit davantage avec des expansions latérales. La marque trilète dépasse les 2/3 du rayon du corps central et peut atteindre le bord intérieur de la frange.

PROVENANCE : Passée A et veine Oztüten; très rare.

DISCUSSION : La figure donnée par WALTZ (5) est tout à fait semblable aux spécimens trouvés à Tarla-agzi. *T. inciso-trilobus* var. *inciso-trilobus* BUTT. & WILL. (1) ne diffère de ces spécimens que par une très fine ornementation des auricules, celle-ci étant toutefois très différente de celle de *T. inciso-trilobus* (NAUMOVA) POT. & KR.; ce type devrait plutôt constituer une variété de *T. trivalvis* (WALTZ) nov. comb. Quant à *T. inciso-trilobus* var. *trivalvis* BUTT. & WILL., cette forme n'a rien de commun avec *Zonotriletes trivalvis* WALTZ ni avec *Zonotriletes inciso-trilobus* (NAUMOVA) WALTZ et appartient à *Tripartisporites yahsimani* nov. sp.

Tripartisporites crassus nov. sp.

(Pl. XXIII, fig. 6-8)

Holotype : Pl. XXIII, fig. 6.

DIAGNOSE : Spores à symétrie triradiaire possédant des auricules reliées par une frange plus ou moins continue. Aspect trilobé souvent très accusé. Auricules fortement et finement plissées. Corps de la spore lisse ou comportant quelques granules à la limite des auricules. Marque Y nette, fortement en relief. Pyramide proximale formée par des lèvres très développées et occupant presque toute la partie centrale de la spore. Exine uniformément épaisse.

DESCRIPTION : La taille varie entre 26 et 35 μ ; l'hotype mesure 29 \times 33 μ . Les auricules sont peu larges, plissées et à bord ondulé. L'ornementation, formée de granules, est parfois masquée par suite de la grande épaisseur de l'exine.

PROVENANCE de l'hotype : Sommet de la veine Oztüten, Tarla-agzi — 35, bow. princ.

EXTENSION : Tous les niveaux du Namurien ; rare.

DISCUSSION : *T. crassus* nov. sp. ressemble, par sa forme générale et sa sculpture, à *T. trifoliatus* (HORST) DYB. & JACH. et à *T. cristatus* DYB. & JACH., mais s'en distingue par l'existence d'une pyramide proximale et aussi par sa taille beaucoup plus petite. En effet, pour les deux espèces citées, les ordres de grandeur sont respectivement de 45-50 μ et 45-65 μ alors que *T. crassus* nov. sp. n'atteint jamais 40 μ .

Tripartisporites yahsimani nov. sp.

(Pl. XXIII, fig. 1-5)

Holotype : Pl. XXIII, fig. 3.

DIAGNOSE : Spores trilobées comportant des auricules et parfois une ébauche de frange équatoriale. Auricules globuleuses, très épaisses, avec de faibles expansions latérales, présentant une partie amincie à leur base. Corps central triangulaire convexe ou légèrement concave, pouvant être nettement orbiculaire. Marque trilète en général nette, branches de l'Y atteignant les 2/3 du rayon du corps central. Exine lisse, chagrinée, infraponctuée ou finement granulaire. Auricules généralement lisses, mais parfois comportant une sculpture verruqueuse ou granulaire, notamment sur la partie extérieure.

DESCRIPTION : La taille varie entre 53 et 92 μ ; l'hotype mesure 75 μ . Les auricules sont parfois très grandes mais en général leur taille atteint ou dépasse légèrement le rayon de la partie centrale.

DÉDICACE : Je dédie cette espèce à M. Kâzim Yahsîman, Directeur de la Section de Géologie houillère du M.T.A., auteur de plusieurs études sur les « mégaspores » du bassin d'Amasra.

PROVENANCE de l'hotype : Passée A, Tarla-agzi — 35, bow. princ.

EXTENSION : Passée A et veine Oztüten ; rare.

DISCUSSION : *T. yahsimani* nov. sp. est, parmi les espèces du même genre, celle qui se rapproche le plus du genre *Triquisporites* (WILSON & COE)

C., C., D. & L. Cette ressemblance est surtout vraie pour les espèces de *Triquisporites* de grande taille (40 à 65 μ) et possédant des auricules en forme de valves, du groupe de *Triq. bransonii* WILS. & HOFF., *Triq. exiguus* WILS. & KOS., *Triq. pulvinatus* KOS. et *Triq. triturgidus* (LOOSE) POT. & KR. (4). Mais la disposition même des auricules, avec une partie rétrécie et moins épaisse à la base supportant une partie épaisse et globuleuse, suffit à distinguer les deux genres.

La spore figurée par BUTT. & WILL. (1) comme *Trip. inciso-trilobus* var. *trivalvis* ne paraît avoir rien de commun avec *Tripartisporites inciso-trilobus* (NAUMOVA) POT. & KR. ni avec *Tripartisporites trivalvis* (WALTZ) nov. comb. mais appartient à *T. yahsimani* nov. sp. Les mêmes auteurs signalent une grande variété de formes entre ces deux espèces-types: toutes ces formes intermédiaires sans frange équatoriale peuvent être rassemblées en *T. yahsimani* nov. sp.

Tripartisporites enigmaticus nov. sp.

(Pl. XXIII, fig. 9-12)

Holotype : Pl. XXIII, fig. 9.

DIAGNOSE : Petites spores triangulaires légèrement concaves, avec une frange équatoriale plissée, étroite, souvent uniforme, parfois légèrement renforcée aux sommets en formant une ébauche d'auricule. Corps de la spore orné de granules et de petites verrues espacés au centre, plus serrés sur la périphérie et surtout aux sommets. Marque trilète nette, rectiligne et atteignant presque les sommets.

DESCRIPTION : La taille varie entre 33 et 42 μ ; l'hotype mesure 36 μ . L'épaisseur de la frange est de 2 à 2,5 μ dans les zones interrégionales, 3 à 5 μ aux sommets. L'ornementation est surtout dense dans les zones radiales et plus lâche sur l'ensemble du corps de la spore ; elle est formée de granules de 1 μ et de verrues de 2 à 4 μ .

PROVENANCE de l'hotype : Sommet de la veine Oztüten, Tarla-agzi — 35, bow. princ.

EXTENSION : Tous les niveaux du Namurien ; rare.

DISCUSSION : *T. enigmaticus* nov. sp. semble être une espèce à part dans le genre *Tripartisporites* ; on ne peut pas la placer dans un autre genre du Carbonifère ; elle a plus d'affinités avec des genres du Tertiaire et du Secondaire comme *Trilobozonisporites* (PANT.) C., C., D. & L. (dont

elle diffère par la nature de l'anneau équatorial), *Trilobisporites* (PANT) C., C., D. & L. (dont elle diffère par la nature de l'enflement apical et l'absence d'un bourrelet longeant les branches de l'Y) et *Concavisporites* PFLUG (dont elle se distingue par l'absence de kyrtoles et la nature de l'ornementation).

Genre *SCHULZOPOLLENITES* (KOSANKE)

C., C., D. & L.

= *Schulzospora* KOSANKE

Génotype : *Schulzopollenites* (*Schulzospora*) *rarus* Kos. 1950, Pl. 13, fig. 5-8.

DESCRIPTION : Ce sont des pollens monosaccates de forme ovale ou elliptique dans le plan équatorial. Le corps central est circulaire. La marque trilète n'est pas toujours nette ; elle peut atteindre les 2/3 du rayon du corps central. Le sac à air est parfois à peine perceptible dans la zone médiane par suite d'une constriction, d'où l'aspect bisaccate de certaines formes. Le corps central est légèrement plus épais vers la périphérie ; le sac, peu épais, peut présenter quelques plis. L'ornementation, uniforme sur le corps central et le sac, est constituée par une granulation fine et serrée.

Schulzopollenites orbicularis nov. sp.

(Pl. XXIII, fig. 13-15)

Holotype : Pl. XXIII, fig. 14.

DIAGNOSE : Pollen monosaccate de forme légèrement ovale. Corps central circulaire. Marque trilète peu ou pas visible. Sac dépassant très peu le corps central avec des contours équatoriaux sensiblement concentriques. Ornementation constituée par une granulation uniforme très fine.

DESCRIPTION : La taille varie de 58 à 82 μ . Les dimensions de l'holotype sont de 72 \times 80 μ avec un corps central qui mesure 68 \times 74 μ . La marque trilète n'est pas visible.

PROVENANCE de l'holotype : Veine Oztüten, Tarla-agzi — 35, bow. prime.

EXTENSION : Tous les niveaux du Namurien ; très rare.

DISCUSSION : *S. orbicularis* nov. sp. se distingue des autres espèces du même genre par sa forme générale et par le faible développement du sac à air.

ETUDE QUANTITATIVE

A. - Etude des échantillons moyens (fig. 4)

1. PASSÉE C.

Les genres dominants sont : *Lycosisporites* (28 %), *Cyclogranisporites* (24 %), *Tripartisporites* (15,5 %), *Punctatisporites* (12,4 %).

Principaux genres accessoires : *Granulatisporites* (3,3 %), *Verrucosisporites* (2,5 %), *Calamisporites* (2,2 %), *Rotisporites* (2,2 %), *Deltoidisporites* (1,5 %), *Acanthisporites* (1,6 %).

Genres dont le pourcentage n'atteint pas 1 % : *Fungisporonites*, *Convrrucosisporites*, *Apiculatisporites*, *Lophisporites*, *Raistrickisporites*, *Reticulatisporites*, *Microreticulatisporites*, *Camptisporites*, *Dictyisporites*, *Anulatisporites*, *Densisporites*, *Triquisporites*, *Knoxisporites* ?, *Micropollenites*, *Schulzopollenites*.

2. PASSÉE B.

Genres dominants : *Lycosisporites* (21 %), *Cyclogranisporites* (20,5 %), *Tripartisporites* (18 %), *Punctatisporites* (9,4 %).

Genres accessoires : *Deltoidisporites* (5,5 %), *Granulatisporites* (5 %), *Verrucosisporites* (2,3 %), *Microreticulatisporites* (2,1 %), *Calamisporites* (2 %), *Densisporites* (1,9 %), *Schulzopollenites* (1,5 %), *Fungisporonites* (1,5 %), *Rotisporites* (1,2 %), *Apiculatisporites* (1,1 %), *Acanthisporites* (0,9 %).

On trouve encore, dans des pourcentages inférieurs à 0,5 % : *Convrrucosisporites*, *Lophisporites*, *Raistrickisporites*, *Camptisporites*, *Reticulatisporites*, *Dictyisporites*, *Knoxisporites* ?, *Anulatisporites*, *Simozonisporites*, *Triquisporites*, *Anguisporites* ?, *Micropollenites*.

3. PASSÉE A.

Genres dominants : *Tripartisporites* (24,5 %), *Cyclogranisporites* (24,5 %), *Punctatisporites* (12,1 %), *Lycosisporites* (11 %).

Principaux genres accessoires : *Granulatisporites* (4,8 %), *Verrucosisporites* (4 %), *Rotisporites* (3 %), *Deltoidisporites* (1,8 %), *Acanthisporites* (1,5 %), *Apiculatisporites* (1,4 %), *Lophisporites* (1,2 %).

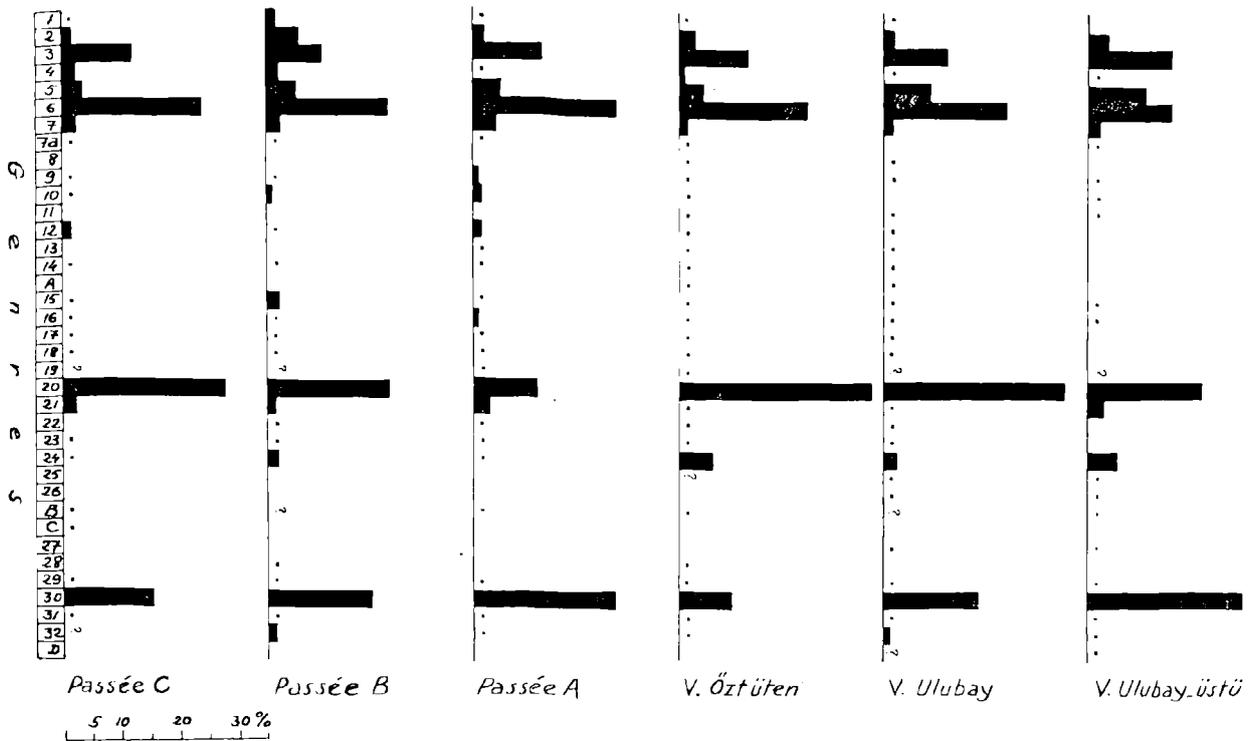


FIG. 4. — Graphiques montrant la composition palynologique des veines du Namurien au puits de Tarla-agzi, d'après les échantillons moyens. (Pour les noms des microspores correspondant aux numéros, voir la figure 5).
 Ta : *Convruccosporites* ; A : *Cristatisporites* ; B : *Anguisporites* ; C : *Murisporites* ; D : *Rempollenites*.

Genres dont le pourcentage n'atteint pas 1 % : *Fungisporonites*, *Calamisporites*, *Convruccosporites*, *Pustulatisporites*, *Raistrickisporites*, *Camptisporites*, *Microreticulatisporites*, *Reticulatisporites*, *Dictyisporites*, *Knoxisporites*, *Anulatisporites*, *Densisorites*, *Simozonisporites*, *Anguisporites* ?, *Triquisporites*, *Micropollenites*, *Schulzopollenites*.

4. VEINE ÖZTÜTEN (1,20 m).

Les principaux genres rencontrés sont : *Lycosisporites* (33,3 %), *Cyclogranisporites* (22,2 %), *Punctatisporites* (11,7 %), *Tripartisporites* (9,3 %).

Viennent ensuite les genres *Densisorites* (5,9%), *Granulatisporites* (4,3 %), *Deltoidisporites* (3,1 %), *Verrucosporites* (1,5 %), *Calamisporites* (1 %)

et, avec des pourcentages inférieurs à 1 % :

Fungisporonites, *Apiculatisporites*, *Anapiculatisporites*, *Pustulatisporites*, *Lophisporites*, *Planisporites*, *Convruccosporites*, *Raistrickisporites*, *Acanthisporites*, *Camptisporites*, *Microreticulatispo-*

rites, *Reticulatisporites*, *Dictyisporites*, *Knoxisporites*, *Anulatisporites*, *Rotisporites*, *Simozonisporites*, *Anguisporites*, *Reinschisporites*, *Cirratrisporites* ?, *Triquisporites*, *Micropollenites*, *Schulzopollenites*.

5. VEINE ULUBAY (1 m).

Les genres dominants sont : *Lycosisporites* (30,6 %), *Granulatisporites* (8 %).

Les autres genres dont le pourcentage dépasse 1 % sont : *Densisorites* (2,5 %), *Deltoidisporites* (2 %), *Schulzopollenites* (1,6 %), *Verrucosporites* (1,6 %), *Fungisporonites* (1 %).

Les genres *Calamisporites*, *Planisporites*, *Lophisporites*, *Pustulatisporites*, *Acanthisporites*, *Anapiculatisporites*, *Camptisporites*, *Microreticulatisporites*, *Dictyisporites*, *Anulatisporites*, *Rotisporites*, *Callisporites*, *Sinusisporites*, *Cirratrisporites* et *Knoxisporites* sont représentés par des pourcentages inférieurs à 0,5 %.

6. VEINE ULUBAY-üstü (0,60 m).

Les genres dominants sont : *Tripartisporites* (26,2 %), *Lycosisporites* (18,8 %), *Punctatisporites* (14 %), *Cyclogranisporites* (14 %), *Granulatisporites* (9,4 %).

Suivent les genres : *Densisorites* (5 %), *Deltoidisporites* (3,2 %), *Rotisorites* (2,4 %), *Verrucosisporites* (2 %).

Les genres suivants sont représentés par des pourcentages inférieurs à 1 % : *Calamisporites*, *Apiculatisporites*, *Anapiculatisporites*, *Converrucosisporites*, *Lophisorites*, *Camptisorites*, *Microreticulatisporites*, *Callisorites*, *Sinusisorites* ?, *Cirratrisporites*, *Triquisporites*, *Micropollenites* et *Schulzopollenites*.

B. - Etude détaillée
des veines Oztüten et Ulubay (fig. 5)

La première de ces veines a été étudiée en six niveaux et la seconde en 5 niveaux, chaque niveau ayant 20 cm d'épaisseur. Le numérotage des échantillons partiels est fait du toit vers le mur.

1. VEINE OZTÜTEN.

Le genre *Deltoidisporites* a son maximum au niveau 2 (10,5 %) et son minimum au voisinage du mur (0,4 %).

Punctatisporites est très abondant au sommet (18 %) et a son minimum au niveau 2 (7,5 %).

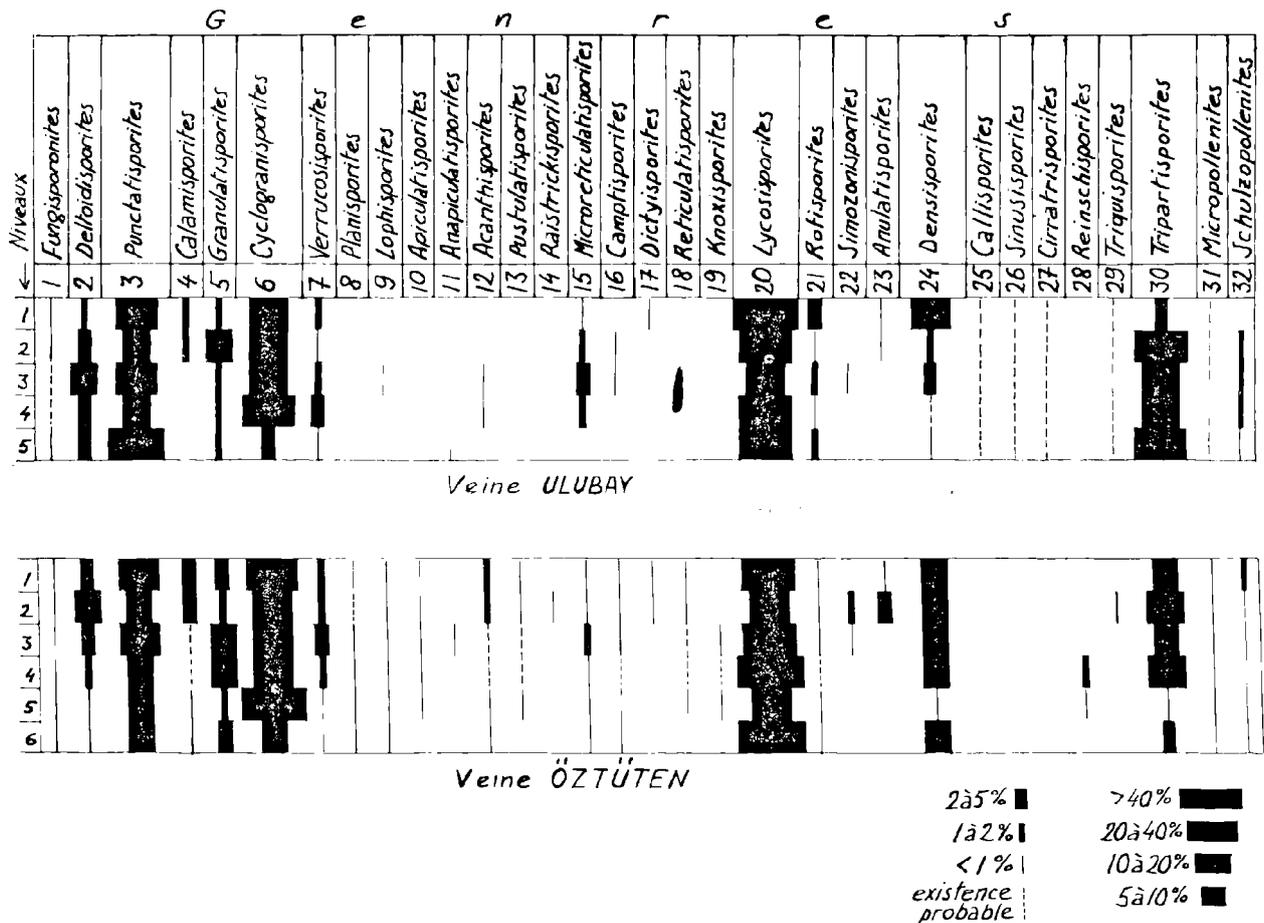


FIG. 5. — Diagrammes palynologiques des veines Oztüten et Ulubay.

Calamispорites atteint 2,8 % au sommet alors qu'il est très rare dans les niveaux inférieurs.

Granulatisporites présente trois maximums : au mur, au milieu et au toit.

Cyclogranisporites a un minimum de 8,2 % au mur de la veine et présente son maximum (62 %) au niveau 5 ; ailleurs, il est représenté avec des pourcentages variant de 12 à 22 %.

Verrucosisporites est plus abondant au sommet qu'à la base.

Les genres *Planisporites*, *Lophisporites*, *Apiculatisporites*, *Pustulatisporites*, *Camptisporites*, *Reticulatisporites*, *Knorispорites*, *Rotisporites* et *Micropollenites* présentent des fuseaux quasi uniformes.

Par contre, les genres *Anapiculatisporites*, *Raistrickisporites*, *Dictyisporites*, *Simozonisporites*, *Anulatisporites*, *Reinschisporites* et *Triquisporites* semblent être localisés dans certains niveaux seulement, avec des pourcentages parfois assez importants.

Lycosisporites présente deux maximums aux niveaux 4 (43 %) et 6 (64 %) ; ailleurs on le rencontre dans des proportions allant de 18 à 32 %.

Densisporites montre un minimum très accusé au niveau 5 (0,5 %).

A ce même niveau 5, on trouve également le minimum de *Tripartisporites* (0,4 %) ; ce genre est surtout abondant au niveau 2 (20 %).

Schulzopollenites semble s'accroître régulièrement de la base vers le sommet de la veine : il passe de 0,2 % au niveau 6 à 1,6 % au niveau 1.

2. VEINE ULUBAY.

Le genre *Deltoidisporites* présente un maximum au milieu de la veine, celui de *Punctatisporites* étant à la base.

Calamispорites est absent dans la moitié inférieure ; *Granulatisporites* a un maximum au niveau 2, *Cyclogranisporites* un minimum au mur.

Lophisporites, *Camptisporites*, *Acanthisporites* et *Simozonisporites* caractérisent la partie médiane de la veine ; *Anapiculatisporites* ne se trouve qu'au voisinage immédiat du mur alors que *Dictyisporites* et *Anulatisporites* se manifestent seulement au toit.

Microreticulatisporites a son maximum dans la partie médiane, alors que *Rotisporites* et *Densisporites* sont particulièrement abondants au voisinage du toit.

Lycosisporites, toujours très abondant, accuse un maximum de 44 % au toit et un minimum de 15 % dans la partie médiane de la veine.

Tripartisporites est peu fréquent au toit (3 %) ; il présente deux maximums aux niveaux 2 et 5 (respectivement 27 et 31 %).

Schulzopollenites est absent au voisinage du toit.

Micropollenites, repéré par l'étude de l'échantillon moyen, n'a pu être trouvé et localisé par l'étude des échantillons partiels. La même remarque est valable pour les genres *Planisporites*, *Pustulatisporites*, *Knoxisporites*, *Reticulatisporites*. Par contre, l'absence des genres *Apiculatisporites*, *Raistrickisporites* et *Reinschisporites* peut être considérée comme certaine.

Enfin, les genres *Callisporites*, *Sinusisporites* et *Cirratrisporites* ne se rencontrent que dans la veine Ulubay, dans des proportions très faibles souvent inférieures à 0,1 %.

3. COMPARAISON.

Les fuseaux des genres *Deltoidisporites*, *Punctatisporites*, *Granulatisporites*, *Lycosisporites*, *Rotisporites*, *Densisporites* et *Tripartisporites* semblent bien caractériser chacune des deux veines.

Le critère d'absence est beaucoup moins important du fait que les genres absents dans l'une des veines ne sont que très faiblement représentés dans l'autre.

Il faut noter aussi que le genre *Micropollenites* qui n'atteint jamais 1 % comme « microspore » atteint les proportions respectives de 15 % et 48 % dans les veines Oztüten et Ulubay en tant que « mégaspore ».

CONCLUSION

Le Namurien qui possède une microflore très riche et très variée, se distingue aisément des autres assises du terrain houiller par l'étude sporologique. Les genres *Tripartisporites* et *Rotisporites* sont

caractéristiques de cet étage. Le genre *Schulzopollenites*, bien qu'on le rencontre parfois dans le Westphalien A aussi, semble avoir son apogée dans le Namurien et sa présence simultanée avec l'un des deux genres précités caractérise l'étage. Le genre *Remyipollenites* semble caractériser le Namurien supérieur, de même que l'association *Sinuisporites-Callisporites*.

Le genre *Cirratrisporites* est représenté uniquement par des espèces qu'on ne rencontre pas dans le reste du terrain houiller ; il s'agit de *C. mirabilis* (LUBER) POT. & KR., *C. uber* HOFF., STAP. & MALL., *C. granulati-punctatus* HOFF., STAP. & MALL. et *C. rarus* IBR.

Parmi d'autres espèces localisées seulement dans le Namurien, citons encore *Densisporites pannosus* KNOX, *Knoxisporites cinctus* (LUBER & WALTZ)

BUTT. & WILL., ainsi que les formes décrites plus haut.

Mais les différentes couches de charbon du Namurien ne sont pas toujours suffisamment caractérisées par leurs compositions sporologiques respectives et la même association *Punctatisporites-Cyclogranisporites - Lycosisporites - Tripartisporites* est partout présente avec des pourcentages peu variés.

Seules les variations de *Densisporites* et, dans une certaine mesure, celles respectives de *Tripartisporites* et *Lycosisporites* semblent caractériser un peu les différents niveaux. De ce fait, une grande difficulté est à prévoir en ce qui concerne la corrélation sporologique des veines du Namurien d'après la seule étude des échantillons moyens. Une parallélisation étroite sera vraisemblablement souvent nécessaire.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- 1) BUTTERWORTH M.A. et WILLIAMS R.W. (1958). — The small spore floras of coals in the Limestone Coal Group and Upper Limestone Group of the Lower Carboniferous of Scotland. *Trans. Roy. Soc. Edinburgh*, v. 63, pp. 353-392, Edinburgh.
- 2) CORSIN P., CARETTE J., DANZÉ J. et LAVERNE J.P. (1962). — Classification des spores et des pollens du Carbonifère au Lias. *C.R. Acad. Sci.*, t. 254, pp. 3062-3065, Paris.
- 3) EGEMEN R. et PEKMEZCILER S. (1945). — Rapport géologique sur le Carbonifère d'Amasra. *Rapp. M. T. A.*, 1936, Ankara.
- 4) GUENNEL G.K. (1958). — Microspore analysis of the Pottsville coal of Indiana. *Ind. Geol. Surv. Bull.*, 13, Bloomington.
- 5) LUBER A.A. et WALTZ I.E. (1938). — Classification and stratigraphic value of spores of some carboniferous coal deposits in the U.S.S.R. *Trans. Centr. Geol. Prosp. Inst.*, 105, Moscou.
- 6) NAUMOVA S.N. (1953). — Spore-pollen complexes of upper Devonian of the Russian platform and their significance for stratigraphy. *Trans. Inst. Geol. Sci. Acad. Sci. U.S.S.R.*, 143, Geol., ser. 60, Moscou.
- 7) POTONIÉ R. (1958). — Synopsis der Gattungen der Sporae dispersae. Teil II. *Beih. geol. Jb.*, 31, Hannover.
- 8) POTONIÉ R. et KREMP G. (1954). — Die Gattungen des Paläozoischen Sporae dispersae und ihre Stratigraphie. *Geol. Jb.*, 69, pp. 111-194, Hannover.
- 9) POTONIÉ R. et KREMP G. (1955). — Die Sporae dispersae des Ruhrkarbons. *Palaeontographica*, B. 98, Abt. B et B. 99, Abt. B, Stuttgart.
- 10) SCHEMEL M.P. (1950). — Carboniferous plant spores from Dagget County, Utah. *Journ. Paleont.*, 24, pp. 232-244, Kolla.
- 11) STAPLIN F.L. (1960). — Upper Mississippian plant spores from the Golata formation, Alberta, Canada. *Palaeontographica*, B. 107, Abt. B, pp. 1-40, Stuttgart.
- 12) SULLIVAN H.J. (1962). — Progress report of I.C.M.P. working group n° 7. *Dep. Geol. Univ. Sheffield*, Sheffield.
- 13) TOKAY M. (1955). — Géologie de la région de Bartın (Zonguldak, Turquie du Nord). *M.T.A.*, 46-47, For. ed., pp. 46-63, Ankara.
- 14) TOKAY M. (1962). — Amasra bölgesinin jeolojisi ve Karboniferde gravite yoluyla bazı kayma olayları. *M.T.A.*, 58, pp. 1-20, Ankara.
- 15) YAŞSİMAN K. et ERGÖNÜL Y. (1958). — Amasra-Tarlağzi E.K.I. galerisindeki kömür damarlarının sporolojik etüdü ve korelasyonu. *M.T.A.*, 51, pp. 42-49, Ankara.

EXPLICATION DES PLANCHES

PLANCHE XXII

- FIG. 1. — *Reticulatisporites tortuosus* nov. sp.
Holotype.
Origine : Passée C, Tarla-agzi, étage — 35, bow.
principale.
Lame : SD. 6.
- FIG. 2. — *Reticulatisporites tortuosus* nov. sp.
Origine : Passée C, Tarla-agzi, étage — 35, bow.
principale.
Lame : SD. 6.
- FIG. 3. — *Reticulatisporites tortuosus* nov. sp.
Origine : Veine Oztüten, Tarla-agzi — 35, bow.
principale.
Lame : S. 21.
- FIG. 4. — *Reticulatisporites tarla-agzensis* nov. sp.
Holotype.
Origine : Veine Oztüten, niveau 2 ; Tarla-agzi
— 35, bow. princ.
- FIG. 5. — *Knoxisporites velatus* (WALTZ) nov. comb.
Origine : Süzek Deresi.
Lame : SD. 2.
- FIG. 6. — *Knoxisporites velatus* (WALTZ) nov. comb.
Origine : Veine Oztüten, niveau 5 ; Tarla-agzi
— 35, bow. princ.
Lame : 766/5.
- FIG. 7. — *Knoxisporites velatus* (WALTZ) nov. comb.
Origine : Veine Ulubay Ustü, Tarla-agzi — 35,
bow. princ.
Lame : 762/B.
- FIG. 8. — *Knoxisporites velatus* var. *regularis* nov. var.
Origine : Veine Ulubay Ustü, Tarla-agzi — 35,
bow. princ.
Lame : 762/B.
- FIG. 9. — *Knoxisporites triangulatus* nov. sp.
Holotype.
Origine : Passée C, Tarla-agzi — 35, bow. princ.
Spore isolée.
- FIG. 10. — *Knoxisporites triangulatus* nov. sp.
Origine : Veine Ulubay, Tarla-agzi — 35, bow.
princ.
Lame : 763.
- FIG. 11. — *Rotisporites ergonuli* nov. sp.
Holotype.
Origine : Passée C, Tarla-agzi — 35, bow. princ.
Lame : Oz. C : 4.
- FIG. 12 - FIG. 13. — *Anguisporites obscurus* nov. sp.
Holotype.
Origine : Veine Oztüten, niveau 2 ; Tarla-agzi
— 35, bow. princ.
Lame : S. 21.
FIG. 12. — Mise au point sur l'apex.
FIG. 13. — Mise au point sur le cingulum.

- FIG. 14. — *Callisporites nux* var. *minor* nov. var.
Origine : Veine Oztüten, niveau 2 ; Tarla-agzi
— 35, bow. princ.
Lame : S. 21.
- FIG. 15. — *Callisporites nux* var. *minor* nov. var.
Spore type.
Origine : Veine Ulubay, Tarla-agzi — 35, bow.
princ.
Lame : 763/A.
- FIG. 16. — *Callisporites nux* var. *minor* nov. var.
Origine : Veine Oztüten, niveau 2 ; Tarla-agzi
— 35, bow. princ.
Lame : S. 21.
- FIG. 17. — *Callisporites nux* var. *Minor* nov. var.
Origine : Veine Oztüten, niveau 2 ; Tarla-agzi
— 35, bow. princ.
Lame : S. 21.
- FIG. 18. — *Tripartisporites trivalvis* (WALTZ) nov. comb.
Origine : Gömü, Sondage 28, profondeur : 307.10-
307.25.
Lame : 66/A.
- FIG. 19. — *Tripartisporites trivalvis* (WALTZ) nov. comb.
Origine : Gömü, Sondage 28, profondeur : 307.10-
307.25.
Lame : 66/A.
- FIG. 20. — *Tripartisporites trivalvis* (WALTZ) nov. comb.
Origine : Passée A, Tarla-agzi — 35, bow. princ.
Spore isolée.

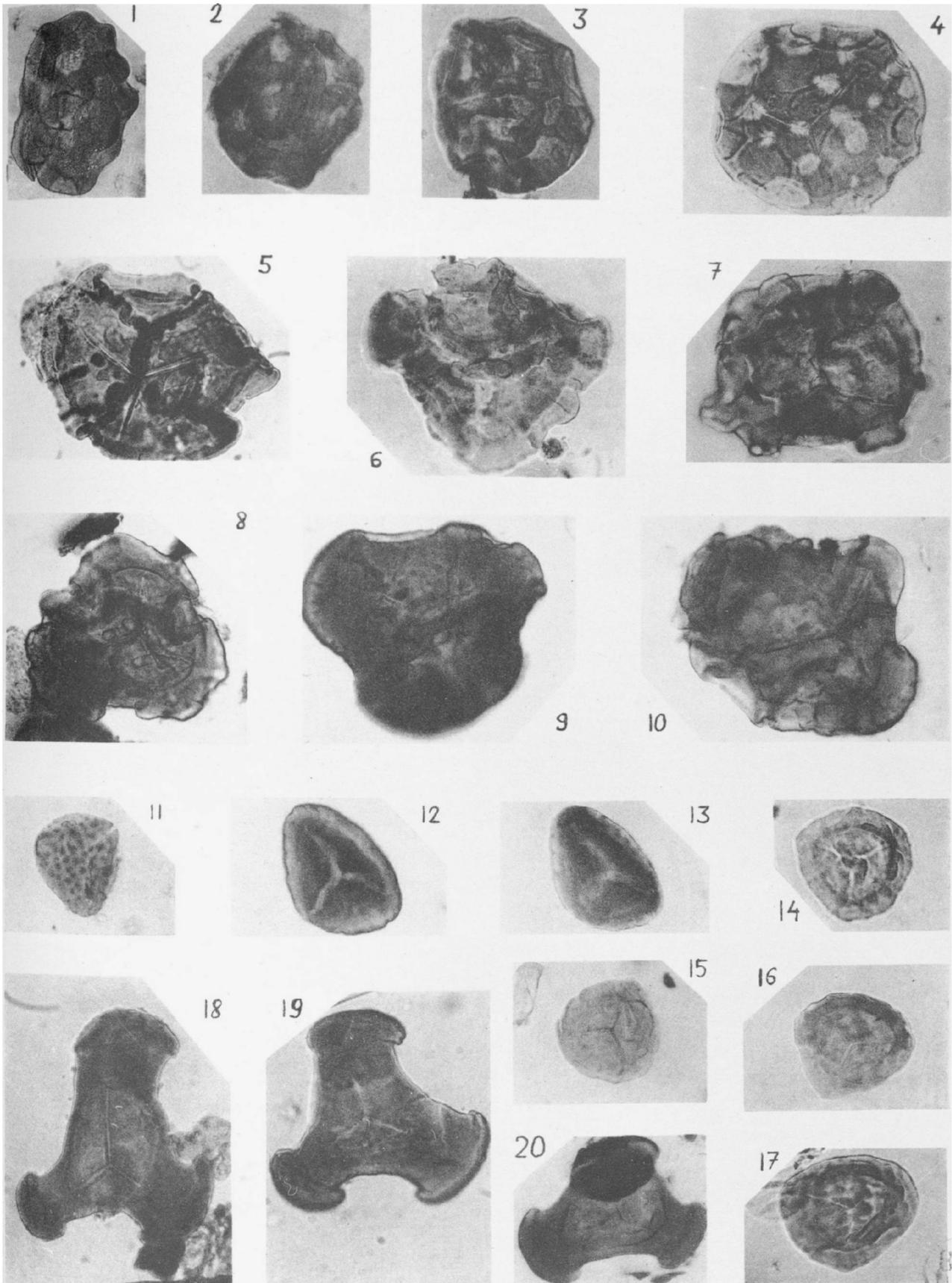
PLANCHE XXIII

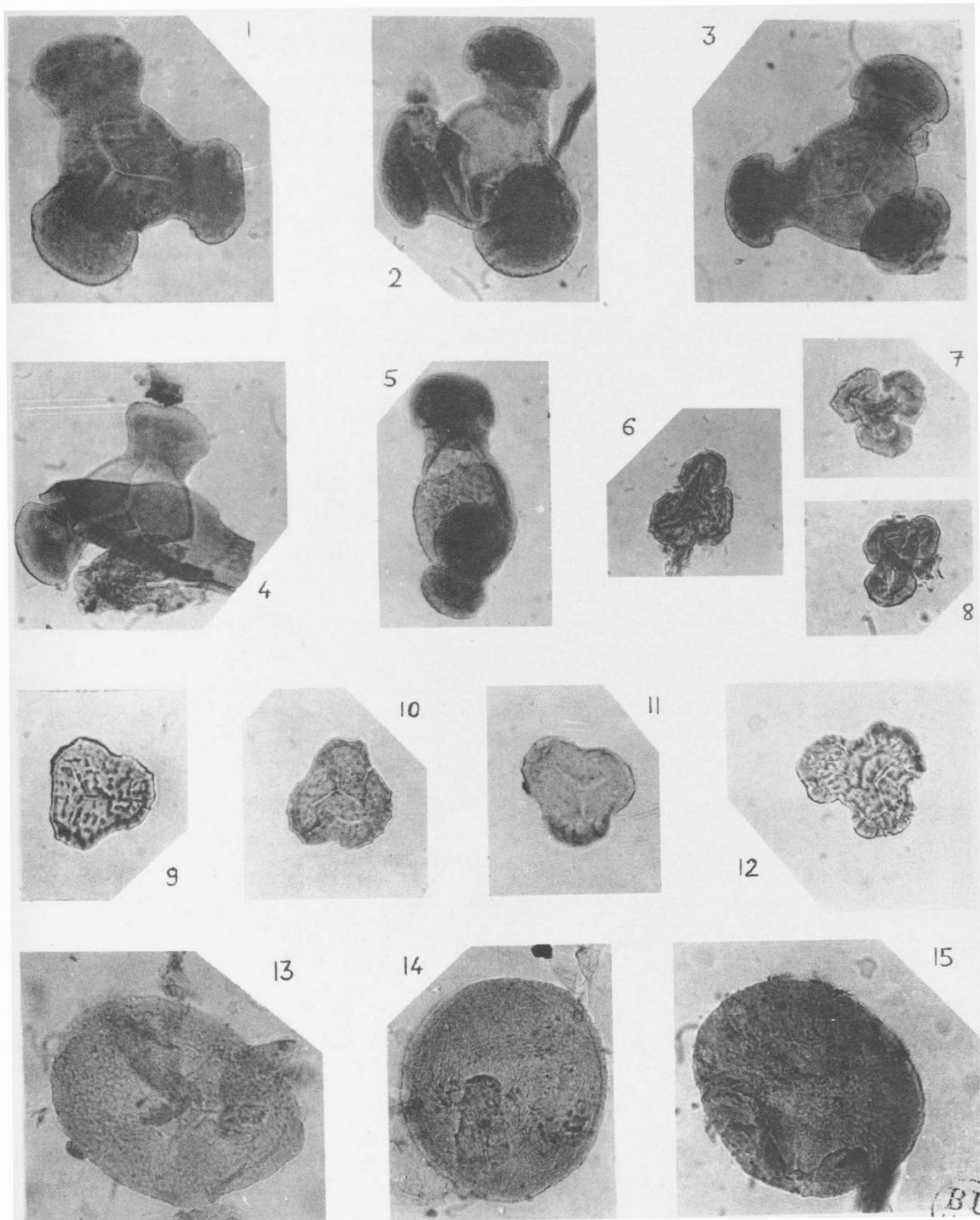
- FIG. 1. — *Tripartisporites yahsimani* nov. sp.
Origine : Gömü, Sondage 28, profondeur : 307.10-
307.25.
Lame : 66/M.
- FIG. 2. — *Tripartisporites yahsimani* nov. sp.
Origine : Oztüten, Tarla-agzi — 35, bow. princ.
Lame : Z. 1.
- FIG. 3. — *Tripartisporites yahsimani* nov. sp.
Holotype.
Origine : Passée A, Tarla-agzi — 35, bow. princ.
Spore isolée.
- FIG. 4. — *Tripartisporites yahsimani* nov. sp.
Origine : Gömü, Sondage 28, profondeur : 307.10-
307.25.
Lame : 66/C.
- FIG. 5. — *Tripartisporites yahsimani* nov. sp.
Origine : Gömü, Sondage 28, profondeur : 307.10-
307.25.
Lame : 66/A.

- FIG. 6. — *Tripartisporites crassus* nov. sp.
Holotype.
Origine : Veine Oztüten, niveau 1 ; Tarla-agzi
— 35, bow. princ.
Lame : S. 1.
- FIG. 7. — *Tripartisporites crassus* nov. sp.
Origine : Veine Oztüten, Tarla-agzi — 35, bow.
princ.
Lame : S. 5.
- FIG. 8. — *Tripartisporites crassus* nov. sp.
Origine : Veine Ulubay, niveau 2 ; Tarla-agzi
— 35, bow. princ.
Spore isolée.
- FIG. 9. — *Tripartisporites enigmaticus* nov. sp.
Holotype.
Origine : Veine Oztüten, niveau 2 ; Tarla-agzi
— 35, bow. princ.
Lame : S. 21.
- FIG. 10. — *Tripartisporites enigmaticus* nov. sp.
Origine : Veine Ulubay üstü, Tarla-agzi — 35,
bow. princ.
Lame : 762/B.
- FIG. 11. — *Tripartisporites cf. enigmaticus* nov. sp.
Origine : Veine Ulubay üstü, Tarla-agzi — 35,
bow. princ.
Lame : 762/B.
- FIG. 12. — *Tripartisporites enigmaticus* nov. sp.
Origine : Veine Oztüten, niveau 1 ; Tarla-agzi
— 35, bow. princ.
Lame : S. 1.
- FIG. 13. — *Schulzopollenites orbicularis* nov. sp.
Origine : Süzek Deresi.
Lame : SD. 2.
- FIG. 14. — *Schulzopollenites orbicularis* nov. sp.
Holotype.
Origine : Veine Oztüten, Tarla-agzi — 35, bow.
princ.
Spore isolée.
- FIG. 15. — *Schulzopollenites orbicularis* nov. sp.
Origine : Süzek Deresi.
Lame : SD. 2.

Note : Toutes les photographies de spores sont au grossissement $\times 500$.

————— « » —————





A propos du Houiller inférieur dans la région d'Orchies

par G. DASSONVILLE et F. ROSSIGNOL

Seules des hypothèses ont permis jusqu'alors d'expliquer l'origine des eaux sulfureuses thermales dans la région de Saint-Amand : c'est la raison pour laquelle cette question reste toujours d'actualité et peut conduire à des découvertes intéressantes dans d'autres directions.

Dans l'étude de Douxami (1) sur les eaux minérales de la région du Nord, nous pouvons lire ceci : « Sur la route de Marchiennes à Orchies, au lieu dit le Sec Marais, un ancien forage comblé, ayant aussi probablement atteint le Houiller inférieur, laisse échapper un mince filet d'eau sulfureuse dont la température est de 14°5... ».

Quel pouvait être ce forage ?

Si nous nous reportons aux archives des travaux houillers (2), trois cas sont possibles :

— l'un des sondages des Trois Pucelles à Marchiennes : $x = 665,88$; $y = 304,63$.

— le sondage dit « Sondage au Sud-Ouest des Marais » à Marchiennes : $x = 665,50$; $y = 303,87$.

— le sondage dit « au Nord des Marais » à Marchiennes également : $x = 665,63$; $y = 304,28$.

Ces différents sondages sont cités par Gosselet (3) qui attribue au Calcaire carbonifère, sans précision ni description, les terrains primaires rencontrés.

(1) DOUXAMI H. (1909). — Les eaux minéralisées et les eaux minérales du département du Nord, p. 43. Imp. L. Danel, Lille.

(2) Nous remercions bien vivement le service géologique des H.B.N.P.C. et plus particulièrement MM. Bouroz et Stiévenard des facilités et de l'aide bienveillante qu'ils nous accordent à la consultation des archives relatives aux sondages.

(3) GOSSELET J. (1904). — Les assises crétaciques et tertiaires du Nord de la France. *Gîtes minéraux de la France*, Fasc. I, p. 94. Bouvignies 39, 40 et 41, Paris, Imp. Nationale.

Nous éliminerons le sondage « au Sud-Ouest des Marais » qui se trouve nettement à l'Ouest de la route de Marchiennes à Orchies.

Les deux sondages des Trois Pucelles sont cités également par Vuillemin, Olry et Comte (in Du Souich) (4) qui sont unanimes à rattacher au Calcaire carbonifère les schistes calcareux, ou siliceux, suivant les auteurs, atteints respectivement à 137 et 138 m de profondeur. Nous admettons, faute d'information plus précise, ce point de vue ce qui nous conduit à éliminer ce deuxième cas.

Que faut-il penser alors de l'attribution possible au Houiller inférieur pour le sondage « au Nord des Marais » ?

Quoi qu'il en soit, il est vraisemblable qu'il ne s'agit pas, pour la région de Marchiennes-Orchies, d'un exemple singulier, et qu'un sondage effectué par les Canonnières de Lille à Orchies en 1836 :

$$x = 664,350 ; y = 308,780 ; z = + 37,50$$

soit dans le même cas. Vuillemin écrivait à ce sujet en 1880 (5) : « Ce dernier établi sur la place, fournit encore de l'eau pour l'alimentation de la ville ». Nous ne possédons malheureusement aucune donnée sur la nature de cette eau et on pourrait admettre tout simplement qu'elle provient du Calcaire carbonifère. En effet, Gosselet a attribué là aussi au Calcaire carbonifère le terrain primaire atteint par le sondage (6) : il est fort probable que cet auteur

(4) VUILLEMIN (1878). — Les mines de houille d'Aniche, p. 319-182, Sondage des Trois Pucelles. Paris, Dunod.

— OLR Y (1886). — Etude des gîtes minéraux de la France, Bassin Houiller de Valenciennes, p. 34. Imp. Quantin, Paris.

— DU SOUICH. — Notice historique sur la recherche du prolongement du bassin de Valenciennes dans le Pas-de-Calais. *Bull. et C.R. mensuels de la Société de l'Industrie minière*, St-Etienne, février 1913, p. 129.

(5) VUILLEMIN (1880). — Le bassin houiller du Pas-de-Calais, T. 2, p. 352.

(6) op. cit., p. 95, Orchies 25.

n'ait pas eu connaissance de la coupe exacte des terrains traversés. Nous avons eu la bonne fortune de retrouver celle-ci et nous la reproduisons ci-après (7) :

« Forage exécuté sur la place d'Orchies, commencé le 23 février 1836, abandonné le 31 août 1836 :

Profondeurs :

1,23 m	Terre végétale
1,92 m	Argile
3,15 m	Sable mouvant
5,74 m	Argile blanche
6,50 m	Diève verte
11,92 m	Sable gros grain
13,18 m	Sable dur
14 m	Sable mouvant blanchâtre
16,20 m	Sable vert
20,70 m	Fer sulfureux
22 m	Sable mouvant vert
28,60 m	Sable moins mouvant, plus compact
38,14 m	Petite veine de sable mouvant (2 pieds env.)
38,70 m	Sable dur
43,82 m	Couche de terrain dur
44,69 m	Sable dur
49,10 m	Diève
45,04 m	Sable extrêmement dur et compact
56 m	Fin de la couche de sable dur
57 m	Argile mélangée de marne
57,50 m	Marne blanche
80 m	»
87 m	On trouve le Tun
88,90 m	Marne grise
90 m	Couche de silex pyromaque
95 m	Forté toise (faux bleu)
109 m	Diève bleue
119 m	» blanchâtre
123 m	» verte
146 m	Tourfia vert
155 m	Schiste
162 m	Roc
164 m	Schiste houiller

(7) Nous remercions M. Broquet, brasseur à Orchies, qui nous a fourni l'original des notes prises par son grand-père, lors de l'exécution du forage.

Il semble difficile à la lumière de ce renseignement nouveau, de conserver l'interprétation qui en a été donnée, d'autant plus que le terme houiller a été employé. Nous posons la question de savoir ce qu'il faut en penser.

Cette enquête nous a conduit par ailleurs à prendre connaissance d'un sondage que Vuillemin (8) appelle « Sondage de Bouvignies » (n° 200) et où, d'après cet auteur, « M. Lorieux y a reconnu des schistes noirs et des grès appartenant à la partie tout à fait inférieure du terrain houiller ». Ce résultat serait « tout à fait pareil » à celui du sondage de Brillon : $x = 670,220$; $y = 304,120$; $z = +18$, opinion exprimée par Vuillemin et Oly (9). Aucune indication ne permet de préciser l'implantation de ce forage. Mais la localisation dans la région de Bouvignies nous a fait penser aux cas envisagés précédemment pour le forage dont parle Douxami, et plus précisément aux sondages dits « au Sud-Ouest des Marais » et « au Nord des Marais ». Ceci remet donc en question les attributions de Gosselet. Du terrain houiller inférieur aurait pu être conservé localement, de la même façon qu'à Brillon (à la faveur peut-être d'une faille du type faille de Saint-Georges prolongée ?), dans la région de Bouvignies et, plus au Nord, à Orchies.

Abandonnant donc un instant l'origine des eaux qui ont été signalées dans les deux cas, nous avons pensé que la question méritait d'être posée, et qu'elle conduira peut-être à envisager de préciser la géologie du terrain primaire de cette région.

(8) VUILLEMIN (1878). — Les mines de houille d'Aniche. Dunod édit. Paris, p. 322.

(9) op. cit. p. 178.



SOCIÉTÉ
GÉOLOGIQUE
DU
NORD

ANNALES

Tome LXXXIII

1963

3^{me} trimestre

VOLUME PUBLIÉ AVEC LE CONCOURS DU
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD
23, RUE GOSSELET
LILLE

CONSEIL D'ADMINISTRATION

— 1963 —

<i>Président d'Honneur</i>	M. P. PRUVOST
<i>Président</i>	M. J. POLVÊCHE
<i>Vice-Présidents</i>	M. A. BEUGNIES M. J. DANZÉ M. C. DELATTRE
<i>Secrétaire</i>	M. J. PROUVOST
<i>Secrétaire-adjoint</i>	M. J. PAQUET
<i>Trésorier</i>	M. l'Abbé TIEGHEM
<i>Délégué aux publications</i>	M. P. CELET
<i>Archiviste-bibliothécaire</i>	M. E. MÉRIAUX
<i>Conseillers</i>	M ^{lle} LE MAÎTRE M. DUMON M. BOUROZ M. RICOUR M. J. CHALARD M. G. WATERLOT

A N N A L E S
D E L A
S O C I É T É G É O L O G I Q U E D U N O R D

publiées avec le concours du Centre national de la Recherche scientifique

Société fondée en 1870 et autorisée par arrêtés en date des 3 Juillet 1871 et 28 Juin 1873

23, rue Gosselet, Lille — Tél. 53.05.38 — C.C.P. Lille 5 247

Compte rendu de l'activité de la Société

SEANCE DU 15 MAI 1963

PRÉSIDENTIE DE M. J. POLVÊCHE, PRÉSIDENT

Le Président fait part du décès, survenu le 16 Mars 1963, de Monseigneur DELÉPINE, Membre de l'Académie des Sciences et de la Société Géologique du Nord.

Monseigneur DEPAPE retrace la carrière et donne un aperçu de l'œuvre du défunt en ces termes :

A la dernière séance du mois de Mars de l'Académie des Sciences, le Directeur de la Société géologique du Nord, M. Pierre PRUVOST, a prononcé des paroles émues à l'occasion du décès, survenu le 16 mars, de notre très regretté Mgr DELÉPINE. A la mémoire de celui-ci, il a rendu un très délicat hommage, dont la lecture nous a profondément touchés. Il a présenté une brillante synthèse des travaux qui ont valu à Mgr DELÉPINE une autorité mondiale, les prix les plus honorables ; les distinctions les plus flatteuses, couronnées par son élection comme membre non résident de notre Académie nationale.

Il a apporté aussi le témoignage émouvant d'une amitié qui remontait à plus d'un demi-siècle.

De tout cela, nous devons exprimer à M. PRUVOST notre vive reconnaissance et il me semble que son allocution, publiée dans les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* du 1^{er} avril 1963, doit trouver aussi bonne place dans *Les Annales de la Société géologique du Nord*.

A l'hommage de M. PRUVOST, je pense que vous me permettrez d'ajouter ici aujourd'hui brièvement un témoignage personnel, envers l'ainé que fut pour moi Mgr DELÉPINE.

Je suis entré au Petit Séminaire Saint-François d'Assise à Hazebrouck l'année où il l'a quitté, en 1895. De même, je suis arrivé au Séminaire des Facultés catholiques l'année de son départ en 1901 ; des deux côtés, les promotions qui ont suivi la sienne ont su quels exemples il avait donnés, de qualités intellectuelles et morales, de travail, de vertu et de succès.

Il est revenu au Séminaire Universitaire de la rue du Port, comme Directeur, deux ans après l'avoir quitté comme étudiant et il y est resté jusqu'en 1911 ; je l'y ai connu de 1902 à 1909. Avec un dévouement complet et avec un rare succès, il s'est consacré à maintenir, à développer parmi nous le goût du travail intense, appuyé sur une foi et une piété très éclairée. Son autorité ferme et douce lui permit d'exercer la plus heureuse influence. Je lui dois une particulière reconnaissance pour la grande part qu'il a eue dans l'orientation de ma vie sacerdotale et scientifique.

Tout en étant directeur au séminaire, l'abbé DELÉPINE donnait divers enseignements aux Facultés catholiques : biologie au P.C.N., géographie physique à la Faculté des lettres, et il commençait ses recherches géologiques. Il montrait ainsi comment on peut mener de front : ministère sacerdotal et travail scientifique.

De cette époque, datent plusieurs études de géographie physique concernant notre Flandre. Ces études ont été la plupart publiées dans *Les Annales du Comité flamand de France*, Comité dont il a été un membre fidèle. De descendance bretonne par son père, il était flamand par sa mère et il a montré son attachement à notre terre de Flandre française en faisant mieux connaître ses aspects et son histoire.

Je rappelle, à titre d'exemples, quelques notes de cette époque, toujours bonnes à consulter :

1903, le Cours de la Peene. — 1904, 'Etude géographique de la Flandre française. — 1908, l'origine des collines de Flandre. — 1912, les tremblements de terre en Flandre d'après M. DOUXAMI.

Mais dès 1902, en réservant de temps en temps un coup d'œil à la géographie de la Flandre, il abordait les études géologiques sur le Carbonifère du Tournaisis, études qui aboutirent à la thèse magistrale de 1911 et l'amènèrent ensuite à étendre ses recherches à divers pays d'Europe, de l'Afrique et de l'Amérique.

De l'immense travail de Mgr DELÉPINE, M. PRUVOST a montré l'importance capitale. Des notices biographiques et bibliographiques en donneront prochainement des analyses détaillées dans le *Bulletin de la Société géologique de France*, comme dans les *Annals de la Société géologique du Nord*.

En notre réunion d'aujourd'hui de la Société géologique du Nord, je voudrais seulement souligner encore ces faits : Mgr DELÉPINE en a assumé la présidence, en 1921, avec la parfaite autorité d'un maître éminent et aussi longtemps que sa santé le lui a permis, il a été un membre très assidu aux réunions du Conseil d'administration, aux réunions mensuelles. Ses communications étaient écoutées avec une particulière attention et le plus grand profit.

Ses publications personnelles, — nombreuses, j'en ai relevé plus de 150 — ont été accueillies avec empressement par une trentaine au moins de Bulletins, Annales, Revues, Comptes rendus de Sociétés Scientifiques. *Les Annales de la Société géologique du Nord* en ont reçu une bonne part, au moins une trentaine.. Jé me borne à rappeler que huit notes préliminaires à la thèse ont été publiées par ces *Annales* en 1909 et en 1910. Cette thèse fut soutenue ici, en l'Institut de géologie, sous la présidence de M. le Professeur BARROIS, le 17 mai 1911. Elle lui valut d'être appelé la même année à succéder à M. le Chanoine BOURGEAT, à la chaire de géologie de notre Faculté libre des sciences.

Depuis lors, n'ont cessé sa collaboration aux travaux de la Société, ses encouragements et ses conseils à ses élèves, particulièrement à ceux et celles qui ont été appelés à devenir ses collaborateurs — et à tant de chercheurs qui ont trouvé auprès de lui le plus bienveillant accueil — dont ils conservent un reconnaissant et un inoubliable souvenir.

Je ne veux pas m'étendre plus longuement sur l'œuvre de Mgr DELÉPINE : cette œuvre sera souvent évoquée à l'avenir aussi bien dans le domaine des synthèses générales que dans celui des recherches de détails spécialisés.

Parmi nous, son exemple, le souvenir de ses conseils demeureront présents. Il nous plaît de penser, conformément à sa foi et à ses espérances qui sont aussi les nôtres, que tout n'est pas fini, ni pour lui ni pour nous.

Son âme immortelle qui, en le quittant, a laissé son visage serein et paisible, a rencontré, nous l'espérons, la pleine lumière qui projette des clartés définitives sur les mystères du monde, de la matière, de la vie, de la mort, de l'origine et de l'évolution des êtres vivants et de leur destinée.

Il nous plaît de penser que dans cette vie et cette lumière nouvelles, il pourra continuer de suivre, d'encourager, de soutenir l'effort, le travail de ceux qui furent ses élèves, ses collègues, ses amis, dans la conquête confiante et désintéressée de la vérité scientifique, disons même simplement dans la conquête de la vérité.

15 mai 1963.

Mgr G. DEPAPE.

Conférence

M. POLVÊCHE, Président, donne la présidence à M. Michel PARREAU, Doyen de la Faculté des Sciences de Lille, qui présente M. le Professeur M. ROUBAULT, Correspondant de l'Institut, Doyen de la Faculté des Sciences de Nancy, Directeur de l'E.N.S. de Géologie Appliquée et de Prospection Minière de Nancy.

M. le Professeur ROUBAULT fait ensuite une très intéressante conférence sur : « L'état actuel du problème du granite ».

La communication orale de M. A. BEUGNIES intitulée : « Essai d'interprétation géodynamique du magmatisme de l'Ardenne », dont le texte a été déposé le 15 Mai 1963, est reportée à la séance suivante en raison de l'heure tardive.

SEANCE DU 5 JUIN 1963

PRÉSIDENCE DE M. J. POLVÊCHE, PRÉSIDENT

Le Président proclame membre de la Société :

M. ELMI Serge, Assistant de géologie à la Faculté des Sciences de Lyon, 4, rue du Dr Rollet, Villeurbanne (Rhône), présenté par MM. Dubar et Mouterde

Communications orales

A. BEUGNIES. — Essai d'interprétation géodynamique du magmatisme de l'Ardenne.

A. BONTE, P. BROQUET et P. CELET. — Observations sur le Bathonien de Bucilly (Aisne).

G. WATERLOT. — Quelques données sur les couches tertiaires et crétacées de la feuille « Le Quesnoy » au 50.000^e.

Communications écrites

A.F. DE LAPPARENT et J. BLOT. — Ammonites et Poissons dans la partie moyenne du Portlandien du Pays de Bray.

C. CAVELIER. — L'Eocène supérieur et l'Oligocène de la Butte de Villers-Cotterets (Aisne).

Conférence

M. J. POLVÊCHE, Président, offre la présidence à M. M. PARREAU, Doyen de la Faculté des Sciences de Lille, et présente M. le Professeur Louis GLANGEAUD, de la Faculté des Sciences de Paris.

M. le Professeur GLANGEAUD fait ensuite un très intéressant exposé sur « Les grandes structures de la terre ».

« »

Essai d'interprétation géodynamique du magmatisme de l'Ardenne

par A. BEUGNIES

(7 fig. - 1 Pl.)

Sommaire. — Le magmatisme de l'Ardenne se manifeste en quatre phases successives étroitement liées aux quatre paroxysmes tectoniques qui ont façonné les orogènes calédonien et hercynien. Le chimisme de chaque magma est essentiellement tributaire du géodynamisme profond dominé par les affaissements et les bombements du socle cristallin.

L'affaissement du socle, entraînant la subsidence des bassins de sédimentation, est responsable de la formation des magmas tholéitiques dont la tendance calco-alumineuse augmente avec la subsidence. Les bombements du socle, traduisant l'existence de plis de fond, constituent des zones d'accumulation du magma.

Le magmatisme lié aux phases de distension est confiné aux zones affaissées et fracturées : volcanisme rhyolitique du Condroz, magmatisme plutonique brabançon, volcanisme basaltique de Doullens. Le magmatisme lié à la phase de tension hercynienne est de caractère plutonique et se localise dans les axes anticlinaux de premier ordre ; la montée magmatique se confîne aux flancs étirés des anticlinaux (flancs Sud) subissant eux-mêmes un métamorphisme géothermique.

La différenciation magmatique y apparaît dominée par des chutes de pression contemporaines de la mise en place.

Par tous ses caractères, le magmatisme de l'Ardenne est typique d'un magmatisme de plate-forme ou d'avant-fosse. Seul, le magmatisme hercynien de la phase asturienne, appartenant au bassin le plus subsidé de l'orogène ardennais, acquiert les caractères intermédiaires entre le magmatisme de bordure et le magmatisme géosynclinal (métamorphisme régional, montée syntectonique dans les axes anticlinaux, différenciation plus complète).

TABLE DES MATIERES

- | | |
|--|--|
| I. - Localisation des roches magmatiques. | 3 - Le magma tholéitique lié à la phase asturienne de la tectonique hercynienne. |
| II. - Chronologie des activités magmatiques. | V. - Etude comparative du chimisme magmatique de l'Ardenne. |
| 1 - Les coulées de l'époque silurienne. | 1 - Comparaison avec les magmas d'autres régions. |
| 2 - Les intrusions calédoniennes. | 2 - Les magmas calédoniens comparés aux magmas hercyniens. |
| 3 - Les intrusions hercyniennes de la haute Ardenne. | 3 - Communauté d'origine des magmas ardennais. |
| Zone anticlinale de Rocroi-Serpont-Bastogne. | 4 - Contamination de la tholéite originelle. |
| Zone anticlinale de Stavelot. | |
| Zone anticlinale de Givonne. | VI. - Différenciation magmatique. |
| 4 - Le volcanisme permien de la région de Doullens. | 1 - Dans la zone anticlinale Rocroi-Bastogne. |
| III. - Relations entre les phases orogéniques et les activités magmatiques. | 2 - Dans la zone anticlinale de Stavelot. |
| 1 - La phase taconique de la tectonique calédonienne. | 3 - Dans la zone anticlinale de Givonne. |
| 2 - La phase brabançonne de la tectonique calédonienne. | 4 - Dans le Brabant. |
| 3 - La phase asturienne de la tectonique hercynienne. | VII. - Le magmatisme dans ses rapports avec le géodynamisme interne. |
| 4 - La phase terminale de la tectonique hercynienne. | 1 - La nature du magma. |
| IV. - Physicochimie des magmas. | 2 - Les modalités des montées magmatiques. |
| 1 - Le magma rhyolitique lié à la phase taconique calédonienne du Condroz. | 3 - La chute de pression contemporaine du magmatisme de la phase asturienne. |
| 2 - Le magma tholéitique lié à la phase brabançonne de la tectonique calédonienne. | |

I. - Localisation des roches magmatiques

Le socle paléozoïque qui constitue l'Ardenne, au sens large des géologues, est affecté de plis de premier ordre, conséquence des tectogénèses calédonienne et hercynienne. Ce sont, du Nord au Sud (voir fig. 1) :

- une zone anticlinale : le massif du Brabant.
- un synclinerium : le bassin de Namur.
- une zone anticlinale : la bande silurienne du Condroz.
- un synclinerium : le bassin de Dinant.
- une zone anticlinale : le massif de Rocroi.
- un synclinerium : le bassin de l'Eifel.
- une zone anticlinale : le massif de Givonne.

Le bassin de Dinant est séparé du bassin de Namur par la grande faille du Midi, charriant le bassin de Dinant sur celui de Namur. Ce grand accident de la chaîne hercynienne affecte la zone anticlinale du Condroz dont le bord nord est chevauché par le bord sud.

Du point de vue stratigraphique, ces diverses structures appartiennent à 4 entités différentes :

— la zone anticlinale du Brabant est uniquement constituée de couches cambro-siluriennes plissées (jusqu'au Ludlow inférieur inclus) disparaissant sous la discordance givétienne au bord sud.

— le bassin de Namur montre des couches dont l'âge va du Westphalien C au Dévonien moyen à la base (Givétien au bord nord et Couvinien au bord sud) ; les couches de base reposent en discordance sur des formations siluriennes plissées tant au bord nord qu'au bord sud.

— la zone anticlinale du Condroz est entièrement constituée de sédiments d'âge silurien depuis le Trémadocien à la base (Graulich 1961) jusqu'au Ludlowien supérieur au sommet (Mailleux 1930).

— le synclinerium de Dinant, la zone anticlinale de Rocroi, le synclinerium de l'Eifel et la zone anticlinale de Givonne appartiennent à l'Ardenne méridionale caractérisée essentiellement par la présence de formations d'âge dévonien inférieur reposant en discordance, soit sur un socle cambro-trémadocien plissé (dans les massifs de l'Ardenne méridionale), soit sur les formations gothlandiennes plissées du bord sud de la zone anticlinale du Condroz.

Les roches magmatiques, enclavées dans le socle paléozoïque, appartiennent à 3 des entités précédemment définies: la zone anticlinale du Brabant, la zone anticlinale du Condroz et l'Ardenne méridionale.

En Ardenne méridionale, la plupart des roches magmatiques sont localisées au flanc sud des anticlinaux principaux :

— l'anticlinal de Givonne (avec son noyau cambrien de Givonne) ;

— l'anticlinal de Rocroi-Serpont-Bastogne (avec ses noyaux cambriens de Rocroi et de Serpont) ;

— l'anticlinal de Stavelot appartenant au flanc sud du bassin de Dinant et laissant affleurer le Cambro-Trémadocien à Stavelot.

Dans le prolongement occidental du bassin de Dinant et sur son bord nord, des intrusions magmatiques coiffées de complexes volcaniques sont connues dans le Nord de la France aux environs de Doullens (Bouroz 1959).

II. - Chronologie des activités magmatiques

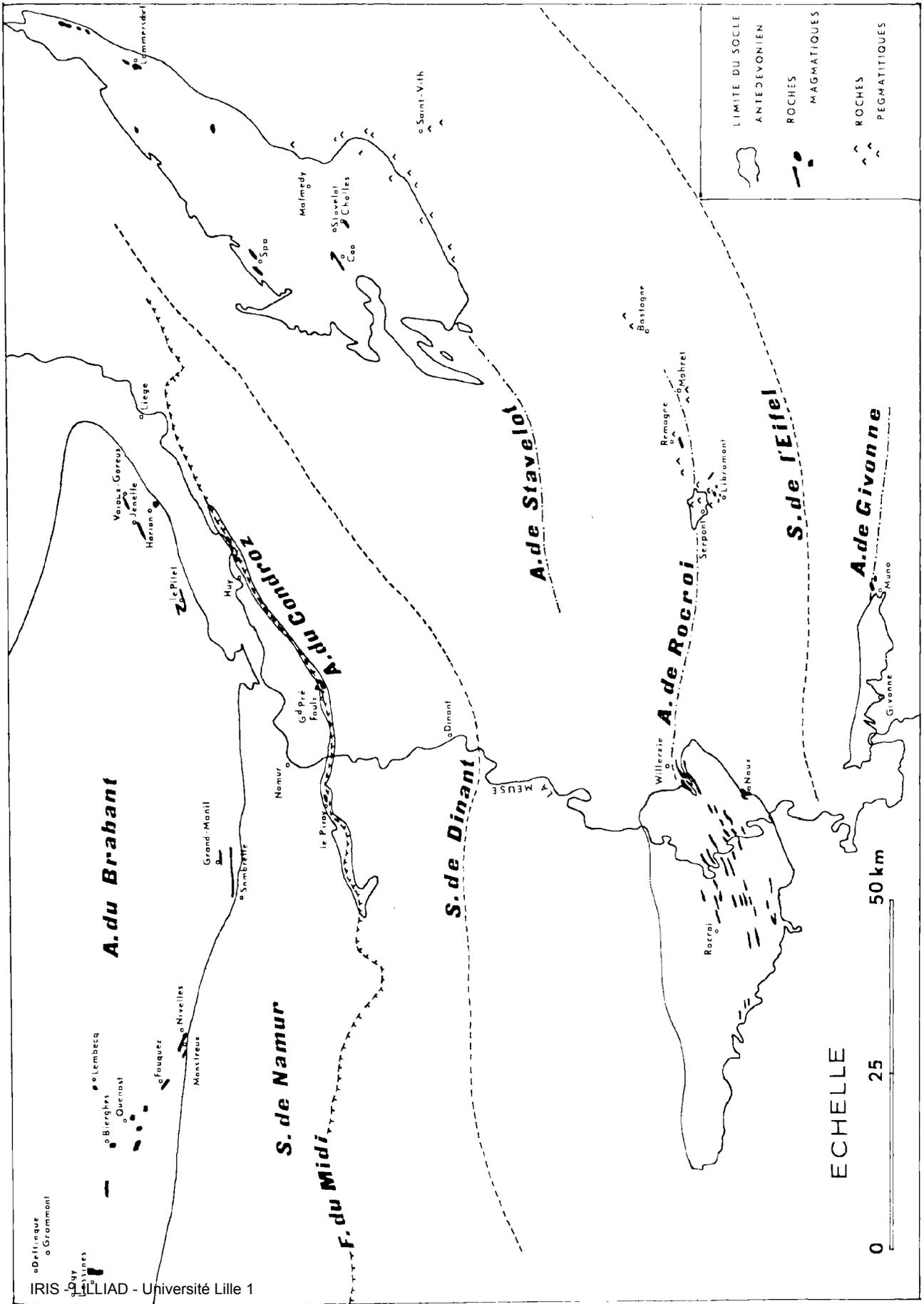
1) LES COULÉES DE L'ÉPOQUE SILURIENNE.

Les manifestations magmatiques les plus anciennes s'échelonnent, dans le temps, depuis le Caradocien supérieur (Ordovicien terminal) jusqu'au Wenlockien inclusivement. Elles intéressent uniquement les zones anticlinales du Brabant et du Condroz où elles ont donné naissance à des formations interstratifiées représentant soit des accumulations de brèches et matériaux pyroclastiques sur un fond marin, soit des coulées aériennes ou sous-marines.

Ce sont successivement :

Au Caradocien supérieur : les brèches et tuffites de Fauquez (Mortelmans 1952) et de Grand Manil (Mathieu 1905) dans le Brabant, provenant du démantèlement de coulées de laves dacitiques et dellénitiques (Denaeyer et Mortelmans 1954) ; les galets de rhyolite de Faulx-les-Tombes (Michot 1930) et les coulées rhyolitiques du Piroy (Rodal 1941, de Béthune 1944) dans le Condroz.

Au Llandovérien : les brèches rhyolitiques de Nivelles (de la Vallée-Poussin 1887) et de Sombreffe (ibidem 1885), les laves massives ou en coussins de Voroux-Goreux (Corin 1935 a) dans le Brabant.



Au Tarannonien : les venues rhyolitiques du Pitet (Fourmarier 1919, Flick 1935) et de Jeneffe (Corin 1935 a), dans le massif du Brabant et de la Neuville-sous-Huy dans le Condroz (Michot 1934, 1938).

Au Wenlockien : les porphyroïdes rhyolitiques de Monstreux dans le Brabant (de la Vallée Poussin et Renard 1876, Fourmarier 1919) et la coulée de rhyolite de la Maulenne dans le Condroz (Stainier 1929).

En fait, le magmatisme de cette époque est de caractère fissural et de nature essentiellement rhyolitique.

2) LES INTRUSIONS CALÉDONIENNES.

Principalement dans le massif du Brabant et beaucoup plus rarement dans la zone anticlinale du Condroz, il existe des intrusions en forme de pipes, dykes, sills et laccolites recoupant et métamorphisant des couches d'âge divers du socle cambro-silurien depuis le Devillien jusqu'au Caradozien supérieur.

Le chimisme et la minéralogie de ces roches magmatiques les apparentent soit aux gabbros, comme les dolérites d'Horion-Hozémont dans le Brabant (Ronchesne 1934 b) et de Grand-Pré dans le Condroz (Ronchesne 1934), soit plus généralement aux diorites quartziques comme à Lembeek (de la Vallée Poussin et Renard 1878, Corin et Ronchesne 1939), Quenast (de la Vallée Poussin et Renard 1876, Cosyns 1908, Mortelmans 1937), Lessines (Wong Wen Hao 1913, Legrand et Mortelmans 1948), Bierghes (de la Vallée Poussin et Renard 1895, Corin et Ronchesne 1935), Delftingue (Denaeyer et Mortelmans 1954, Corin 1963), Pittem (Denaeyer et Mortelmans 1954), Ogy (ibidem 1954) et Lichtervelde (ibidem, Michot et de Magnée 1937).

L'âge de ces intrusions est difficile à préciser. Plusieurs d'entre elles recoupent des formations d'âge caradozien supérieur, comme les diorites de Lessines et de Lichtervelde dans le Brabant ou la diabase de Grand-Pré dans le Condroz (Denaeyer et Mortelmans 1954).

Toutefois, en ce qui concerne le pipe de Quenast, on peut affirmer que la mise en place est postérieure à l'apparition de la schistosité effacée par le métamorphisme de contact (Mortelmans 1937). D'autre part, la roche éruptive est découpée par des joints dont certains, parallèles ou perpendiculaires à la schistosité des roches avoisinantes, témoi-

gnent de la persistance des efforts tectoniques après la consolidation du magma dioritique (Denaeyer et Mortelmans 1954).

La schistosité des roches brabançonnes étant antégivétienne (on retrouve des phyllades à l'état de galets dans le conglomérat givétien de transgression au bord nord du bassin de Namur), on peut affirmer que l'intrusion de Quenast date de la fin du diastrophisme calédonien qui a schistifié et plissé les formations cambro-siluriennes du Brabant, avant le Dévonien moyen. L'âge de la montée magmatique est ainsi compris entre le Ludlow inférieur et le Givétien.

L'intrusion de Bierghes localement mylonitisée (Corin et Ronchesne 1935) apparaît, elle aussi, comme une manifestation syntectonique tardive du paroxysme calédonien du Brabant.

L'âge des autres intrusions du Brabant ne peut être précisé de la même manière mais, par analogie, on peut raisonnablement penser que l'ensemble des manifestations magmatiques date de la fin du paroxysme tectonique calédonien (phase brabançonne) (Fourmarier 1920).

3) LES INTRUSIONS HERCYNiennes DE LA HAUTE ARDENNE.

Nous distinguerons, pour les intrusions de la haute Ardenne, 3 régions : la zone anticlinale de Rocroi-Serpont-Bastogne, la zone anticlinale de Stavelot et la zone anticlinale de Givonne.

Zone anticlinale de Rocroi-Serpont-Bastogne.

Dans le massif cambrien de Rocroi, il existe des diabases, des microgranites et des silexites généralement en sills. L'époque de ces intrusions est déterminée d'après les faits et arguments suivants :

Les silexites de Naux (Beugnies 1958-1962) et de Willerzie (Bailly 1936, Beugnies 1963) recoupent et métamorphisent les schistes d'âge gedinnien inférieur de la couverture.

La consolidation des diabases et des microgranites est contemporaine de la schistosité qui affecte les sills près de leurs épontes (Beugnies 1962, 1963). Elle est encore contemporaine du métamorphisme régional qui se développe tant dans les roches cambriennes que dans la couverture dévonienne (Corin 1928, 1935).

La schistosité, quelque peu postérieure au métamorphisme hercynien (Beugnies 1963), est donc,

elle aussi, une manifestation du diastrophisme hercynien.

La schistosité, le métamorphisme et le magmatisme de la zone anticlinale de l'Ardenne apparaissent comme des manifestations précoces de la tectogenèse hercynienne. Dans la région de Bastogne-Serpont, la mise en place de la diorite de Remagne dans les schistes de Saint-Hubert (Gedinnien supérieur) est antérieure aux plissements hercyniens (Vandendriessche 1941). Les aplites de Mohret (Corin 1931, 1932), les pegmatites de Bastogne (Corin 1930 a) et les pneumatolytes à tourmaline de Serpont et de Remagne (Corin 1931) recourent les grès du Siegenien inférieur. En outre, l'étude détaillée des roches au contact des filons suggère que les pegmatites et pneumatolytes sont postérieures au métamorphisme régional et à la schistosité.

Mais l'injection est cependant contemporaine des plissements qui ont affecté les veines d'aplite et de pneumatolyte (Corin 1931).

En conclusion, les venues pegmatitiques et hydrothermales de Serpont-Bastogne nous apparaissent comme des manifestations syntectoniques un peu plus tardives que les intrusions enclavées dans le massif de Rocroi.

Zone anticlinale de Stavelot.

Dans le massif cambrien de Stavelot, on connaît des intrusions de diabase, à Challes (Ronchesne 1934 a) et à Grand Coq (Mathieu 1903), de tonalite à la Helle et à Lammersdorf (Dannenberget Holzapfel 1897, Van Wambeke 1955), de microgranite à Spa (Corin 1933 a) et surtout dans les Hautes Fagnes (Van Wambeke 1955 b).

Les filons à tourmaline et albite sont concentrés dans la couverture dévonienne au Sud du massif de Stavelot (Lepersonne 1932, 1933, 1933 a, 1934).

Pour les roches magmatiques enclavées dans le Cambro-Trémadocien du massif de Stavelot, il est généralement difficile de fixer l'âge de la mise en place. Toutefois, en ce qui concerne la tonalite de la Helle, l'examen des joints a permis de préciser que l'intrusion est contemporaine de la schistosité hercynienne (Van Wambeke 1955) et antérieure aux failles directionnelles (Denacayer et Mortelmans 1954). Il s'agit donc d'une manifestation magmatique sensiblement contemporaine de celles du massif de Rocroi.

On peut raisonnablement penser que les autres intrusions datent de la même époque.

Quant aux filons de Malmédy et de Saint-Vith, leur modalité de gisement est tout à fait comparable à celle des veines pegmatitiques et pneumatolytiques de Bastogne et de Serpont.

Zone anticlinale de Givonne.

Aux environs de Muno, à l'extrémité du massif cambrien de Givonne, des manifestations magmatiques ont engendré des dykes de kersantite (Jérôme, Fourmarier et Dondelinger 1911, Hacquaert 1928) et des filonnets de quartz à biotite chloritisée, intrusifs dans les couches gedinniennes de bordure.

Ces intrusions sont donc post-gedinniennes. D'autre part, le métamorphisme thermique, déclenché par la kersantite dans les roches environnantes, ayant effacé la schistosité, on peut affirmer que la venue magmatique est postérieure à la schistosité hercynienne.

Par contre, elle apparaît comme antérieure aux failles transversales (Beugnies 1960) et même aux chevauchements le long des grandes failles longitudinales. Il s'agit donc d'une manifestation magmatique hercynienne syntectonique.

4) LE VOLCANISME PERMIEN DE LA RÉGION DE DOULLENS.

Les sondages entrepris en 1959 dans la région de Doullens (Somme) ont recoupé des roches intrusives et des coulées volcaniques (rhyolites, andésites, basaltes et tufs) dans le Paléozoïque appartenant au flanc nord du bassin de Dinant.

Le complexe volcanique de Doullens incorporé au socle paléozoïque plissé est certainement post-namurien puisque le Namurien supérieur fait partie de l'orogène. Il est anté-Permien supérieur puisque le complexe éruptif a subi, au même titre que le socle paléozoïque, la pénélplanation de la fin du Permien. On peut donc assigner aux épanchements de Doullens un âge stéphano-permien ou permien inférieur, mais postérieur à la phase asturienne du plissement hercynien (Bouroz 1959).

III. - Relations entre les phases orogéniques et les activités magmatiques

1) LA PHASE TACONIQUE DE LA TECTONIQUE CALÉDONNIENNE.

La phase taconique de la tectonique calédonienne se manifeste, dans l'aire anticlinale du Condroz, par

une émergence temporaire, suivie d'une faible discordance au Caradocien supérieur (Michot 1930).

Dans le massif du Brabant, au Nord du Condroz, l'effet atténué se marque par une sédimentation plus grossière correspondant aux psammites du Caradocien supérieur et par des tendances à l'émergence dans l'axe anticlinal de Lessines-Gembloux (Mortelmans 1955).

L'émergence du Condroz, à cette époque, traduit l'existence d'un pli de fond amorcé dès le début de l'Ordovicien avec, comme conséquence, une sédimentation moins épaisse dans le Condroz que dans le Brabant (Michot 1954). Le mouvement de régression du pli de fond amorcé dès le Llandovérien s'achève au Wenlockien où la sédimentation n'accuse plus aucune différence entre le Condroz et le Brabant.

Le pli de fond du Condroz est le contre-coup du soulèvement de la haute Ardenne (Waterlot 1945) amorcé dès le Revinien (Beugnies 1960 a, 1962), passant par une phase paroxysmale post-trémado-cienne et vraisemblablement caradocienne (Beugnies 1963).

Dans la haute Ardenne, la phase taconique plus vigoureuse, se traduit par une lacune importante correspondant à la totalité de l'Ordovicien, l'arkose d'Haybes d'âge ludlow supérieur (Leriche 1912) reposant en discordance sur des formations plissées d'âge tout au plus trémado-cien (Beugnies 1960 b). La phase taconique est dominée par des efforts tangentiels dirigés du Sud vers le Nord et diminuant d'intensité dans le même sens.

La zone anticlinale du Condroz, où se manifeste le pli de fond, semble bien avoir joué, pendant la majeure partie des temps cambro-siluriens, un rôle permanent de haut-fond et même d'aire cratonique.

Au cours du Devillien, la distribution des sédiments arkosiques, tant dans le bassin ardennais que dans le bassin brabançon, s'accorde avec l'existence d'une aire continentale de constitution granitique occupant sensiblement la zone anticlinale actuelle du Condroz (Beugnies 1960 b).

Durant le Revinien, la ride du Condroz se maintient. Tout au moins, son existence permettrait d'expliquer l'opposition entre les séries sédimentaires du Brabant (Revinien schisteux et peu épais) et celles de la haute Ardenne (Revinien quartzitique et phylladeux très épais).

C'est pendant la période de distension suivant immédiatement le paroxysme de la phase taconique

que nous assistons à des manifestations magmatiques localisées dans la zone axiale de la ride (Condroz et partie Sud du massif brabançon). La ride du Condroz qui avait déjà joué un rôle fondamental pendant la sédimentation cambrienne, apparaît au cours du Gothlandien inférieur, comme une zone favorable aux montées rhyolitiques le long des fissures créées par la régression du pli de fond.

Il s'agit d'une activité magmatique à caractère essentiellement volcanique et d'un type acide très accusé.

2) LA PHASE BRABANÇONNE DE LA TECTONIQUE CALÉDONIENNE.

Dans le massif du Brabant, le paroxysme de la tectonique calédonienne s'est manifesté après le Ludlow inférieur et avant le Givétien. Toutefois, au bord nord du Condroz, faisant normalement suite au Brabant, les couches du Ludlow supérieur (schistes de Colibeu) font partie de l'orogène (Michot 1954) pénéplané et envahi par la mer dès le Couvinien. On peut donc affirmer que la phase brabançonne du diastrophisme calédonien s'est manifestée, dans le Brabant, entre la fin du Ludlow supérieur et le début du Dévonien moyen.

Au bord Sud du Condroz, mais dans le massif charrié au-dessus de la faille du Midi, le Gedinnien supérieur est transgressif sur un socle silurien englobant des couches dont l'âge le plus récent est le Wenlockien. On peut en conclure qu'au bord sud du Condroz, la phase brabançonne de la tectonique calédonienne s'est manifestée après le Wenlockien et avant le Gedinnien supérieur ; ce qui fixe un âge ludlow ou début gedinnien.

A la même époque, le continent ardennais méridional, exondé depuis le Caradocien supérieur, apparaît pénéplané et envahi par la mer.

Dès le Ludlow supérieur, la tectonique calédonienne du Condroz méridional se traduit par un mouvement vertical de surélévation amenant rapidement à l'émergence le socle cristallin enfoui d'ailleurs sous une couverture silurienne peu épaisse.

Cette disposition permet d'expliquer l'origine des arkoses et des galets de tourmalinite si abondamment distribués dans les assises éodévoniennes dont l'âge s'échelonne du Ludlow supérieur à l'Emsien (Lhoest 1907, Asselberghs 1946, Macar 1948).

Le soulèvement du Condroz s'atténue dans les zones plus occidentales de l'orogène ardennais du Pas-de-Calais où l'on assiste à une sédimentation continue, en parfaite concordance, du Ludlow inférieur au Gedinnien (Barrois, Pruvost, Dubois 1920).

La phase brabantonne s'y manifeste uniquement par une sédimentation arkosique plus grossière au début du Gedinnien (arkose du Bois-Bernard).

Il est par contre plus malaisé de préciser l'époque du paroxysme tectonique dans le Brabant. On peut penser, avec P. Fourmarier (1931), que le plissement calédonien du Brabant a pu s'opérer pendant le Dévonien inférieur mais que tous les dépôts effectués à cette époque aient été ensuite érodés.

Personnellement, j'adopte, avec G. Waterlot (1945), un âge fin Gothlandien, comme dans le Condroz, pour la phase tectonique du Brabant.

Quoi qu'il en soit, la tectonique calédonienne détermine dans le Brabant le déversement des plis vers le Sud (Fourmarier 1920) et des translations du Nord vers le Sud le long de failles directionnelles importantes comme les failles de l'Orne et de Fauquez (Anthoine 1943 et Mortelmans 1955) faisant chevaucher le Cambro-Trémadoécien de l'anticlinal du Brabant sur le Gothlandien ou l'Ordovicien appartenant au bord méridional du massif. La structure d'ensemble de l'orogène est celle d'un compartiment affaissé correspondant au Brabant méridional et au Condroz septentrional, comprimé par deux voussours surélevés : le Brabant central au Nord et le Condroz méridional au Sud.

Le magmatisme, datant de la fin de la tectogénèse calédonienne, apparaît lié à la phase de distension amenant l'affaissement du Brabant méridional. Il s'agit cette fois d'un magmatisme plutonique de nature tholéitique.

3) LA PHASE ASTURIENNE DE LA TECTONIQUE HERCYNIENNE.

Dans le bassin de Namur, le paroxysme hercynien date d'une époque postérieure au Westphalien C dont les couches sont incluses dans l'orogène.

Cependant, à Roucourt, dans le Pas-de-Calais, et dans le prolongement occidental du bord Sud du bassin de Namur, le paroxysme orogénique est antérieur au Westphalien C (Barrois, Bertrand, Pruvost, Corsin 1930).

Dans le bassin de Dinant, la phase paroxysmale de la tectogénèse est post-namurienne et antéper-

mienne : les schistes namuriens du synclinal d'Anhée s'intègrent dans la chaîne hercynienne tandis que les conglomérats de Malmédy, d'âge permien (de Magnée 1963), provenant du démantèlement de la chaîne ardennaise, sont discordants sur le socle paléozoïque (Geukens 1957).

D'autre part, l'étude des grès houillers de la base du Westphalien, au Sud du Pays de Herve (zone orientale du bassin de Namur), permet d'affirmer que dès cette époque, les matériaux drainés vers la lagune houillère provenaient de la désagrégation d'un continent situé au Sud, c'est-à-dire à l'emplacement actuel du bassin de Dinant (Fourmarier 1954). En conséquence, le paroxysme hercynien qui atteint le bassin de Dinant au début du Westphalien, se déplace dans le temps du Westphalien A au Westphalien C dans le sens de la poussée tangentielle.

Le trait dominant de l'orogène est la grande faille du Midi amenant le chevauchement du bassin de Dinant sur celui de Namur, le déplacement Sud-Nord atteignant une trentaine de kms (Fourmarier 1922).

Sur une partie de son parcours, elle affecte la zone anticlinale du Condroz (Michot 1932 a, Graulich 1961) dont le bord sud est charrié sur le bord nord. C'est à cette circonstance que la bande silurienne du Condroz doit d'être si étroite de nos jours (quelques centaines de m) alors qu'elle atteignait vraisemblablement plusieurs dizaines de kms avant le charriage.

En Ardenne méridionale, le paroxysme orogénique westphalien a permis notamment la formation de trois voûtes principales : les antiлинаux de Stavelot, de Rocroi-Serpont et de Givonne.

La montée magmatique, contemporaine du plissement, se manifeste sur les flanes normaux des antiлинаux principaux.

Sous l'effort tectonique, les flanes sud des antiлинаux sont sollicités en traction et par conséquent sujets à des ruptures précoces qui ont permis non seulement la montée et la mise en place du magma, mais aussi la diffusion des solutions les plus volatiles qui ont favorisé les réactions d'équilibre du métamorphisme régional de l'Ardenne, lui aussi localisé sur les mêmes flanes de plis (Corin 1930, De Dycker 1938).

Le magmatisme est essentiellement plutonique et de nature tholéitique.

4) LA PHASE TERMINALE DE LA TECTONIQUE HERCYNIENNE.

Après la formation des plis et leur chevauchement le long des failles directionnelles, dont la plus importante est la faille du Midi, l'orogène hercynien subit une fracturation transversale. Cette phase de distension date d'une époque antéjurassique, où l'orogène était déjà fortement érodé comme en témoigne la schistosité de fracture qui accompagne les dernières manifestations de la tectonique hercynienne (Beugnies 1960 a). Dans la partie orientale du synclinorium de Dinant, on peut préciser davantage ; les couches conglomératiques permienes de Malmédy sont affectées par le même réseau de failles et plissées en synclinal au cours de la même phase tectonique (Geukens 1957).

En conséquence, on peut rapporter la dernière phase hercynienne de l'Ardenne au Permien inférieur.

L'activité magmatique, représentée par le complexe volcanique de Doullens, au bord nord du bassin de Dinant, date de la même époque. Il s'agit cette fois d'un magmatisme fissural d'un chimisme très variable où l'on note cependant, et pour la première fois, une prépondérance de mélanges basaltiques très basiques (basalte à olivine).

IV. - Physicochimie des magmas

1) LE MAGMA RHYOLITIQUE LIÉ A LA PHASE TACONIQUE CALÉDONIENNE DU CONDROZ.

Pour définir le chimisme du magma, nous adoptons les courbes magmatiques de Niggli exprimant en fonction du paramètre *si*, les paramètres *al*, *fm*, *c* et *alc* relatifs à chaque roche éruptive.

On trouvera dans le tableau ci-dessous les paramètres de Niggli correspondant aux roches pyroclastiques et volcaniques du Brabant (B) et du Condroz (C).

On remarque figure 2, si l'on s'en tient aux seules roches éruptives les plus représentatives, en excluant les tufs et les parties superficielles des coulées, qu'il s'agit de rhyolites dont le paramètre « *si* » varie de 375 à 670.

Les points représentatifs s'alignent sur des courbes communes *si-al*, *si-fm*, *si-c*, *si-alc*, en trois groupes : un premier groupe vers *si* = 400, un deuxième vers *si* = 520 et un troisième vers *si* = 650.

C'est dans la zone du Condroz qu'on enregistre les coulées les plus acides et dans le Brabant les plus basiques. Par ailleurs, les courbes magmatiques traduisent une communauté d'origine pour toutes les roches tant brabançonnaises que condruisiennes.

Type de roche	si	al	fm	c	alc	Référence bibliographique
(B) Lave de Fauquez	375	37,9	40,9	10,4	10,8	Denayer, Mortelmans 1954
(B) Tuf de Grand Manil	247	54,5	35,5	2,3	7,7	Mathieu 1905
(C) Rhyolite vacuolaire (Piroy) ...	397	54,13	53,96	1,32	40,59	Rodal 1941
(C) Rhyolite massive (Piroy)	523	49,6	6,05	2,42	41,93	Rodal 1941
(B) Brèche rhyolitique de Nivelles .	538	60,2	8,50	1,10	30,20	de la Vallée Poussin 1887
(B) Rhyolite de Marcq	400	30,5	38,0	4,7	26,8	Denayer, Mortelmans 1954
(E) Rhyolite de Pitet	508	48,8	13,8	7,6	29,8	Flick 1935
(B) Tuf rhyolitique de Pitet	256	50	24	3	23,5	Flick 1935
(C) Rhyolite de la Maulenne	670	58,0	6,1	-	28,1	Stainier 1929
(C) Rhyolite de la Maulenne	630	47,7	13,6	-	28,7	(*)

(*) D'après une analyse inédite réalisée au laboratoire de Minéralogie de la Faculté Polytechnique de Mons. - Analyste : O. Balaine.

La région condrusienne, qui nous est apparue dès le Caradocien supérieur localisée dans la zone axiale du pli de fond, est aussi une région privilégiée pour le magmatisme. Il lui correspond les fractions magmatiques les plus acides parmi les mélanges rhyolitiques.

2) LE MAGMA THOLÉITIQUE LIÉ A LA PHASE BRABANÇONNE DE LA TECTONIQUE CALÉDONIENNE.

On trouvera, groupées dans le tableau ci-dessous, les valeurs des paramètres de Niggli relatifs aux roches magmatiques composant les intrusions brabançonnaises et condrusiennes :

<i>Type de roche</i>	si	al	fm	c	alc	<i>Référence bibliographique</i>
Gabbro d'Hozémont	125	20	49,6	18,6	10,6	Ronchesne, 1934 b
Diabase de Grand'Pré	131	26	49	12	13	Ronchesne 1934
Diorite de Lembecq	138,5	19,4	55	20	5,6	Corin, Ronchesne 1938
Diorite de Lembecq	140	29,5	54	12	4,5	Corin, Ronchesne 1938
Diorite de Lembecq	147	22	47	20,5	10,5	Corin, Ronchesne 1938
Diorite de Lembecq	148	24,5	54,5	15,5	5,5	Corin, Ronchesne 1938
Diorite de Quenast (faciès de bordure)	182	30	43	16	11	Mortelmans 1937
Diorite de Quenast (faciès zoné)	208	27,9	44,9	13,5	13,7	Mortelmans 1937
Diorite de Quenast (faciès central) .	233	33,6	38,3	8,2	20	Mortelmans 1937
Diorite de Bierghes	216	28,2	50,1	13,1	8,6	Corin, Ronchesne 1935
Diorite de Bierghes	236	30	42,7	18,3	9,0	Corin, Ronchesne 1935
Diorite de Bierghes	256	35,5	44,5	9,5	10,5	Corin, Ronchesne 1935
Diorite de Bierghes	266	33	49	6,7	11,3	Corin, Ronchesne 1935
Diorite de Bierghes	280	34	39	13,5	13,5	Corin, Ronchesne 1935
Diorite de Lessines	224	32	36,2	9,6	20,2	Denayer, Mortelmans 1954
Dolérite de Grammont	115	24	71	2,2	2,8	Corin, Ronchesne 1938 a
Dolérite de Grammont	124	24	70,4	1,8	3,8	Corin, Ronchesne 1938 a
Dolérite de Grammont	130	27,2	63,8	2,4	6,6	Corin, Ronchesne 1938 a
Dolérite de Grammont	183	28	46	1,5	11	Corin, Ronchesne 1938 a
Dolérite de Grammont	183	32,5	50,5	5,5	11,5	Corin, Ronchesne 1938 a
Dolérite de Grammont	185	31	56	3,5	9,5	Corin, Ronchesne 1938 a
Dolérite de Grammont	204	28	51,5	9,5	11	Corin, Ronchesne 1938 a
Dolérite de Grammont	214,5	35	52	4,2	8,8	Corin, Ronchesne 1938 a
Dolérite de Grammont	225	31	49	8,5	11,5	Corin, Ronchesne 1938 a
Dolérite de Grammont	246	30,5	55	6,5	8	Corin, Ronchesne 1938 a
Dolérite de Grammont	292	26,5	58	6,2	9,3	Corin, Ronchesne 1938 a
Diorite de Deftingue (à enclaves) ..	270	31,6	26,7	17,2	19,2	Denayer, Mortelmans 1954
Diorite de Deftingue (sans enclaves).	264	38	32	9,5	21	Corin 1963
Diorite de Deftingue (sans enclaves).	271	40,6	27,6	13	19,6	Corin 1963
Porphyre de Lichtervelde	372	47	17,3	7,6	28,2	Denayer, Mortelmans 1954

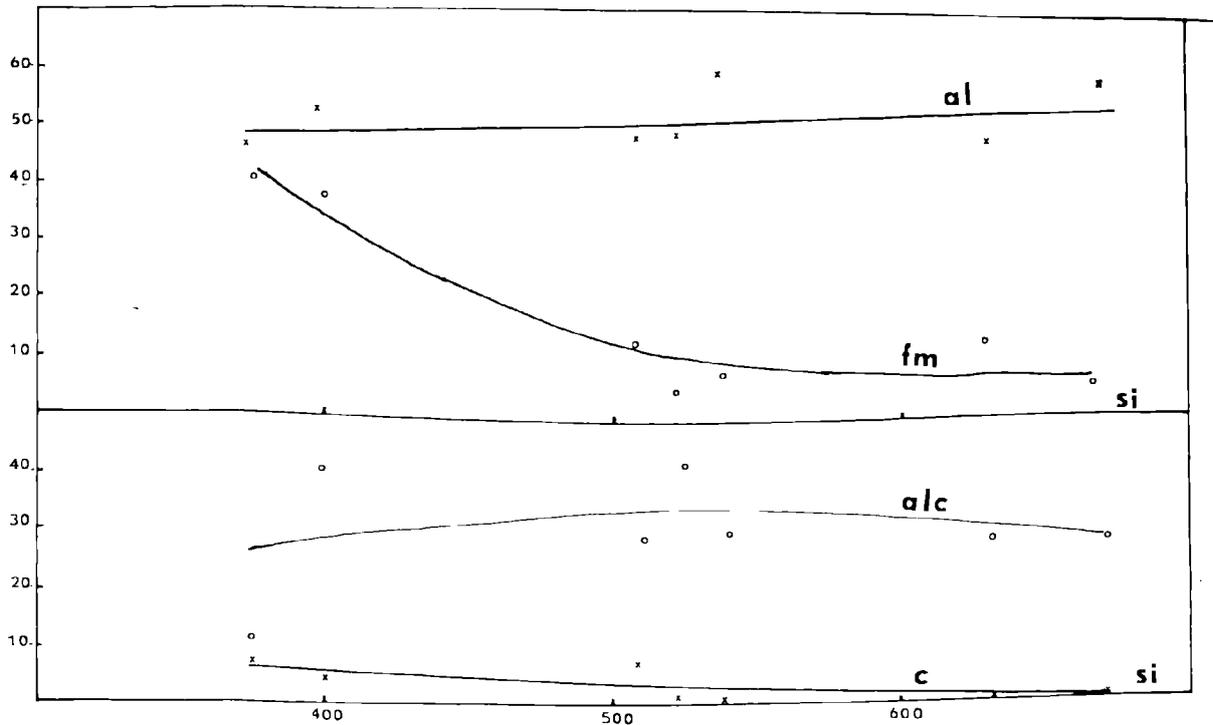


FIG. 2

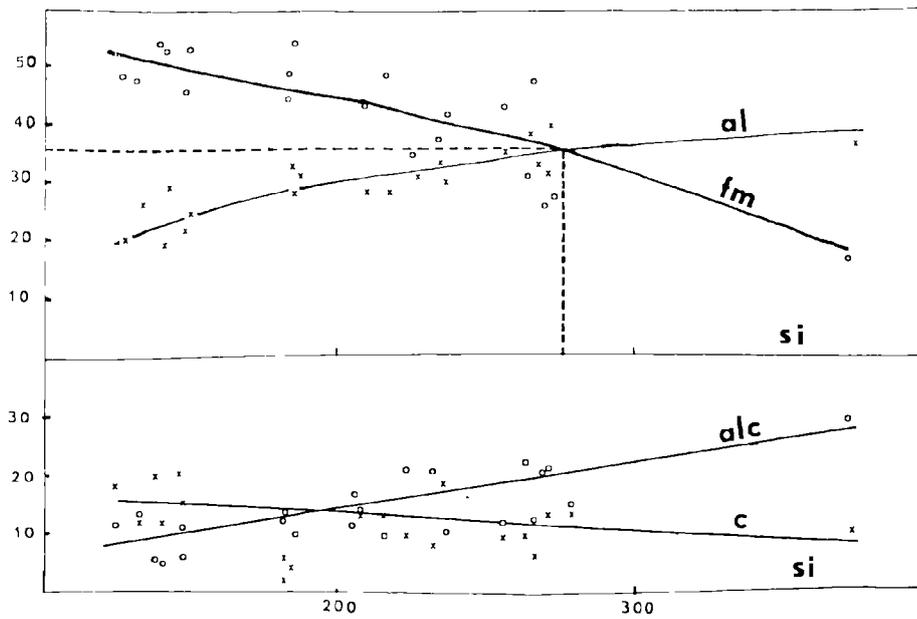


FIG. 3

L'ensemble des roches brabançonnnes s'ordonne autour de courbes moyennes (fig. 3) déterminant un point d'isofalie :

$$\begin{aligned} \text{al} &= \text{fm} = 36 \\ \text{si} &= 276. \end{aligned}$$

Parmi ces roches, les gabbros d'Hozémont et de Grand'Pré, les diorites quartziques de Quenast, de Lessines et de Deftingue accusent, dans l'ensemble, une tendance un peu plus alcaline et moins ferromagnésienne que les roches de Grammont, de Lembeq et de Bierghes.

La seule lacune à signaler, parmi les types pétrographiques, se situe entre les valeurs $\text{si} = 292$ et $\text{si} = 372$. Les diabases, diorites et diorites quartziques accusent des valeurs croissantes du paramètre si entre $\text{si} = 115$ et $\text{si} = 280$, avec un pôle basique représenté par les diabases et un pôle acide représenté par les diorites quartziques.

Localement, les types basiques et acides sont intimement associés dans une même intrusion, comme celle de Grammont, ou bien encore on retrouve le type plus basique en enclaves dans le type plus acide, comme à Quenast (Legrand et Mortelmans 1948).

Ces faits suggèrent l'existence d'une différenciation magmatique dans le temps ayant permis la cristallisation plus précoce des mélanges basiques.

3) LE MAGMA THOLÉITIQUE LIÉ A LA PHASE ASTURIENNE DE LA TECTONIQUE HERCYNIENNE.

Nous envisagerons séparément les intrusions magmatiques des zones anticlinales de Stavelot, de Rocroi-Bastogne et de Givonne.

a) Magmatisme de la zone anticlinale de Stavelot.

On distingue 3 types pétrographiques bien individualisés :

- des diabases pour $\text{si} < 130$.
- des tonalites pour $274 < \text{si} < 340$.
- des microgranites pour $\text{si} > 400$.

Il faudrait encore ajouter un quatrième type correspondant aux microgranites albitiques des Hautes Fagnes (Van Wambeke 1955 b).

Les courbes magmatiques (fig. 4) de Niggli déterminent un point d'isofalie caractérisé par

$$\begin{aligned} \text{al} &= \text{fm} = 33 \\ \text{si} &= 216. \end{aligned}$$

Il existe une lacune nette entre les diabases ($\text{si} = 130$) et les tonalites ($\text{si} = 274$). Comparé au magma brabançon de l'époque calédonienne, celui de Stavelot traduit un chimisme différent souligné par une tendance moins ferromagnésienne, plus calcique et plus alumineuse.

La différenciation magmatique dans le massif de Stavelot a conduit à la genèse de granites albitiques témoignant de l'existence de solutions magmatiques résiduelles sodiques et siliceuses alors que dans le Brabant, les types les plus alumino-alcalins correspondent aux diorites quartziques de Deftingue et aux microgranites potassiques de Lichtervelde.

b) Le magma de la zone anticlinale de Rocroi-Bastogne.

On trouvera dans le tableau de la page suivante les paramètres des roches magmatiques de la zone anticlinale de l'Ardenne.

Type de roche	si	al	fm	c	alc	Référence bibliographique
Diabase de Challes	127	26,4	39,7	28,2	5,7	Ronchesne 1934 a
Keratophyre de Coe	274	38,4	29,1	17,2	15,3	Mathieu 1903
Tonalite de Lammersdorf	292	46	22,2	6,7	25,1	Van Wambeke 1955
Tonalite de Lammersdorf	305	45	18,2	13,5	23,2	Van Wambeke 1955
Tonalite de Lammersdorf	317	46,4	22	2	29,6	Van Wambeke 1955
Tonalite de la Helle	306	42,1	18,8	12,5	26,6	Van Wambeke 1955
Tonalite de la Helle	320	40	15,25	17,25	27,5	Van Wambeke 1955
Tonalite de la Helle	340	42,5	10,9	17,1	29,5	Van Wambeke 1955
Microgranite de Spa	440	66,8	6,7	—	26,5	de la Vallée Poussin, Renard 1876

Tableau des paramètres magmatiques

<i>Type de roche</i>	si	al	fm	c	alc	<i>Référence bibliographique</i>
Diabase de la Grande Commune ...	109	23,8	42,2	25,5	8,3	Beugnies 1963
Diabase de Laifour	111	16,4	51	26,8	5,1	Beugnies 1963
Diabase de Laifour	116	18,4	50,4	28	3,2	Beugnies 1963
Diabase du Moulin de la Pile	116	17,5	54,5	25	2,9	Beugnies 1963
Diabase du Bois des Marquisades ..	116	16,7	52,5	21,5	4,4	Beugnies 1963
Diabase de la Grande Commune à Revin	134	18,2	59	17,2	6,1	Beugnies 1963
Diabase de St-Nicolas (Cœur du Sill).	137	16,2	56	18,8	9	Beugnies 1963
Diabase de St-Nicolas (éponte)	147	18,8	63,5	11,6	6,1	Beugnies 1963
Diabase de la Saultry	141	16,7	55	21,5	6,8	Beugnies 1963
Microdiorite de Remagne	178	31,3	41,9	11,6	15,2	Vandendriesche 1941
Microgranite potassique de Mairupt..	319	40	20,8	10,8	28,4	de Lapparent 1909
Microgranite potassique de Mairupt..	351	34,8	39	4,6	21,4	Beugnies 1963
Microgranite potassique des Dames de Meuse	377	39,6	29,4	1,8	29,2	de Lapparent 1909
Microgranite potassique des Dames de Meuse	465	44,6	17,3	2,2	36,2	de Lapparent 1909
Microgranite potassique de la Pilette ..	397	36,7	29,4	7,6	26,3	Beugnies 1963
Microgranite potassique de Mairupt..	410	45	10,8	6,6	37,6	de Lapparent 1909
Microgranite potassique de la Pilette ..	418	38,5	23,5	5,7	31,3	de Lapparent 1909
Microgranite potassique de Laifour ..	433	35,2	22	10,8	28,4	Beugnies 1963
Microgranite sodique de la Grande Commune	442	38	39	0,7	22,3	Beugnies 1963
Microgranite sodique de la Grande Commune	477	47,5	10,7	2,1	39,7	de Lapparent 1909
Microgranite sodique des Dames de Meuse	484	46,5	14,4	4	35,1	de Lapparent 1909
Microgranite sodique de Mairupt	580	45,5	7,5	3,9	43	Beugnies 1963
Silexite de Willerzie	580	41,5	36,1	0,8	21,6	Beugnies 1963
Silexite de Willerzie	848	38,6	40,9	1,5	19	Beugnies 1963
Silexite de Naux	707	27,3	47,2	11,7	13,8	Beugnies 1963

Les courbes magmatiques reproduites à la fig. 5 permettent de définir un point d'isofalie :

$$al = fm = 32$$

$$si = 254.$$

Elles correspondent à un magma dont le chimisme est comparable à celui du Brabant. Les courbes fm et al accusent une tendance plus ferromagnésienne et moins alumineuse qu'à Stavelot. Mais comme à Stavelot, nous distinguons une lacune correspondant aux types pétrographiques compris entre les valeurs $si = 178$ et $si = 319$.

Comme à Stavelot, la différenciation magmatique a permis la genèse de mélanges granitiques tant potassiques que sodiques et même de solutions résiduelles très siliceuses (silexites).

e) Le magma de la zone anticlinale de Givonne.

Pour la région de Givonne, nous ne connaissons que la kersantite de Muno dont les paramètres magmatiques sont précisés page 184.

On remarquera que la roche de Muno, intrusive dans le Dévonien inférieur, se place sur les courbes magmatiques des roches éruptives de Rocroi.

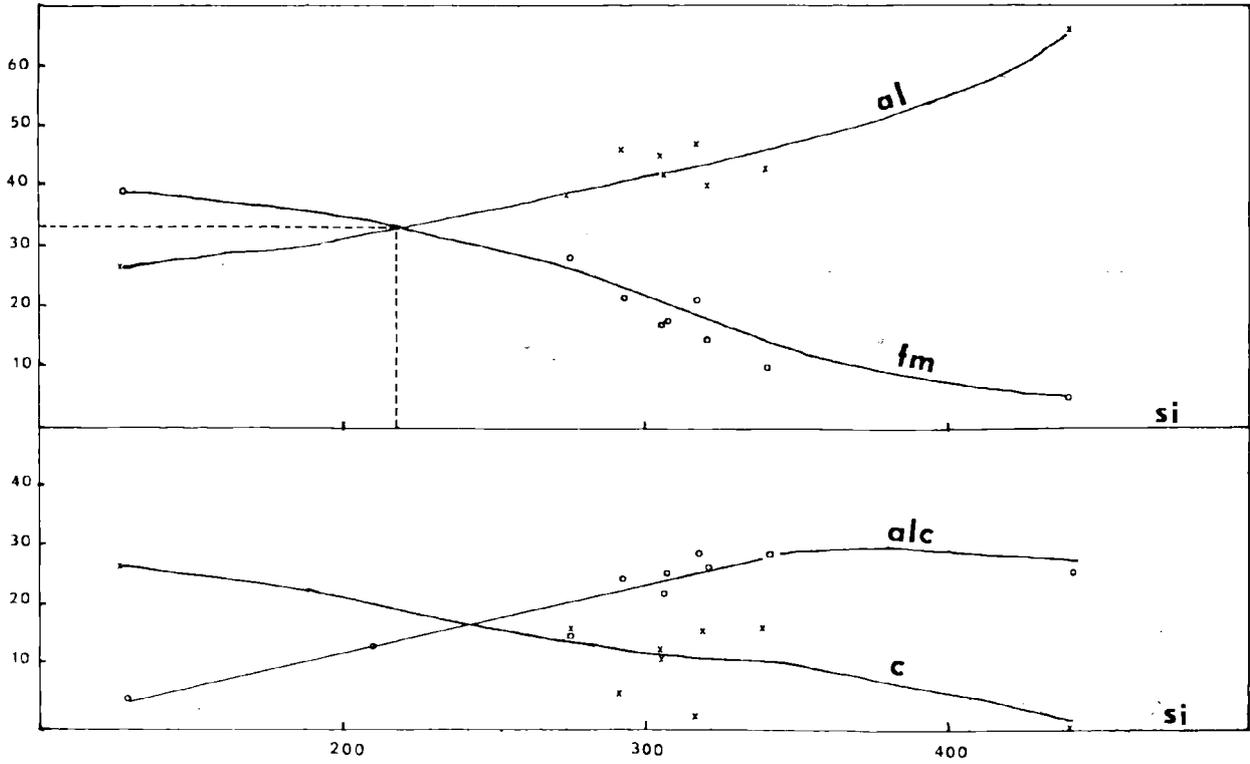


FIG. 4

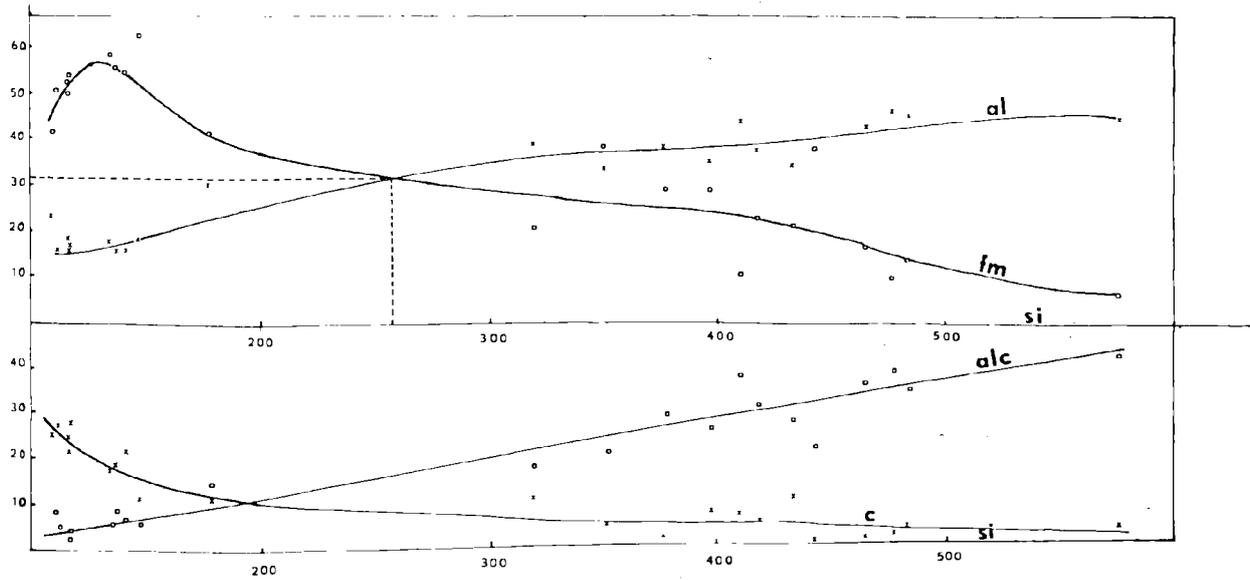


FIG. 5

Type de roche	si	al	fm	c	alc	Référence bibliographique
Kersantite du dyke occidental	118	23,5	47,5	18,8	10,2	Hacquaert 1928
Kersantite du dyke de Parensart	140	31,5	52,8	3,5	12,2	Hacquaert 1928
Kersantite du dyke oriental	119	26,2	55,7	17,8	—	Hacquaert 1936
Kersantite du dyke occidental	111	20,1	45,4	26,5	7,9	Beugnies 1960

V. - Etude comparative du chimisme magmatique de l'Ardenne

1) COMPARAISON AVEC LES MAGMAS D'AUTRES RÉGIONS.

Le chimisme des magmas ardennais est, en tous points, comparable au chimisme des magmas qui ont donné naissance soit aux émissions basaltiques et aux intrusions gabbroïques des aires continentales non plissées, soit aux intrusions diabasiques syntectoniques des orogènes (Turner et Verhogen 1951, Barth 1952).

Il s'agit typiquement d'un magma tholéitique plus acide que les magmas ultrabasiques qui se manifestent dans les aires synclinales actuelles (comme les basaltes à olivine du Pacifique) ou anciennes (comme les intrusions ophiolitiques du Pinde septentrional).

La nature tholéitique des magmas ardennais est d'autre part confirmée par l'existence de solutions résiduelles granitiques alors que la différenciation des magmas ultrabasiques aboutit toujours à des mélanges syénitiques.

Cette constatation est importante car elle implique l'existence, en Ardenne, d'un socle sialique épais qui reste l'apanage des aires continentales ou périocinentales.

En conséquence, qu'il soit calédonien ou hercynien, le magmatisme de l'Ardenne n'acquiert jamais les caractères d'un magmatisme du type « géosynclinal ».

2) LES MAGMAS CALÉDONIENS COMPARÉS AUX MAGMAS HERCINIENS.

Si les magmas ardennais sont d'origine tholéitique, ils accusent cependant entre eux des différences d'ordre secondaire dont nous allons tenter de dégager la signification.

Les courbes magmatiques de Niggli mettent déjà en évidence les faits suivants :

1) Les courbes si-alc se superposent pratiquement. En conséquence, les seules différences ne peuvent se marquer que sur les tendances calciques, ferromagnésiennes ou alumineuses.

2) Une tendance ferromagnésienne croissante se manifeste lorsqu'on examine successivement :

le magma hercynien de l'anticlinal de Stavelot, le magma hercynien de l'anticlinal de Rocroi, le magma calédonien du Brabant.

3) Le magma hercynien de l'anticlinal de Stavelot apparaît en outre comme le plus alumineux et le plus calcique des trois.

Ces tendances chimiques particulières se traduisent par l'acidité régulièrement décroissante des roches principales relatives successivement au magma du Brabant (si = 276), de Rocroi (si = 254) et de Stavelot (si = 216).

Pour tenter de préciser les causes des variations chimiques des divers magmas ardennais, nous avons eu recours à une représentation graphique ternaire. Nous avons choisi les paramètres al, fm, c, puisque le paramètre alc obéit à une loi commune.

En fait, nous avons multiplié chaque triplet de valeurs al, fm, c, par une constante, de telle sorte que $al + fm + c = 100$. Chaque roche est alors représentée dans un diagramme ternaire tel qu'il est reproduit à la fig. 6. On remarque que les roches magmatiques de Stavelot, de Rocroi et du Brabant sont distribuées dans trois aires distinctes, dont celle relative au Brabant appartient au domaine le plus ferromagnésien et le moins calcique.

Pour faciliter l'interprétation du diagramme ternaire, nous avons remplacé chacun des domaines magmatiques par une courbe moyenne le long de laquelle on peut mieux suivre l'allure de la différenciation (fig. 7).

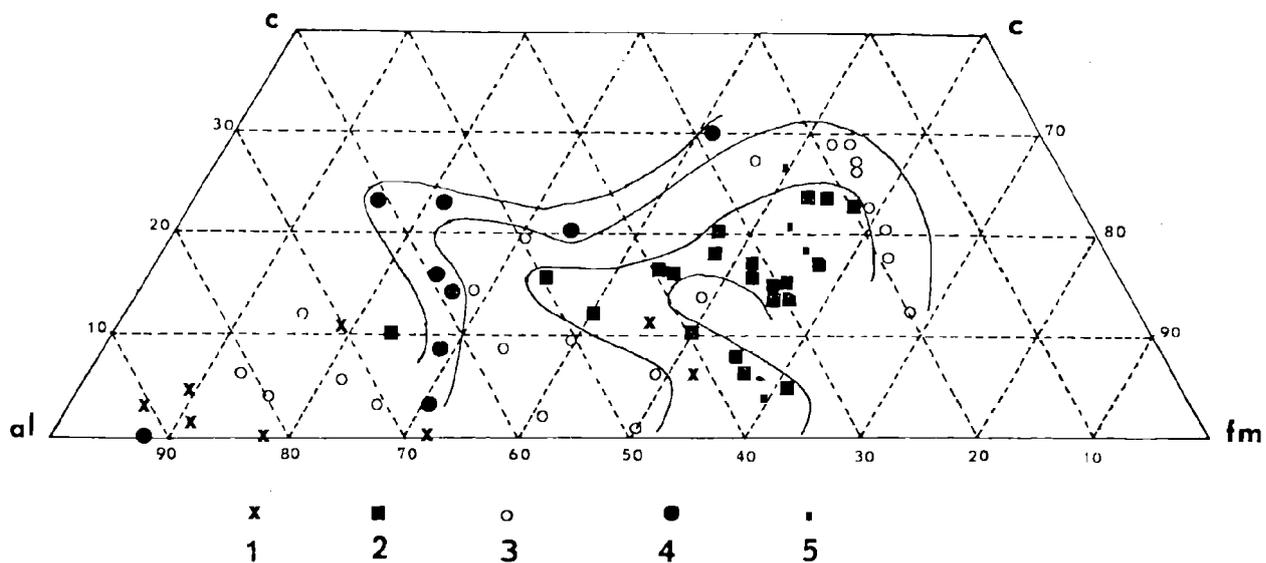


FIG. 6. — 1. - Rhyolites gotlandiennes. — 2. - roches magmatiques intrusives du Brabant et du Condroz. — 3. - roches magmatiques de l'anticlinal Rocroi-Serpont. — 4. - roches magmatiques du massif Cambrien de Stavelot. — 5. - kersantite de Muno.

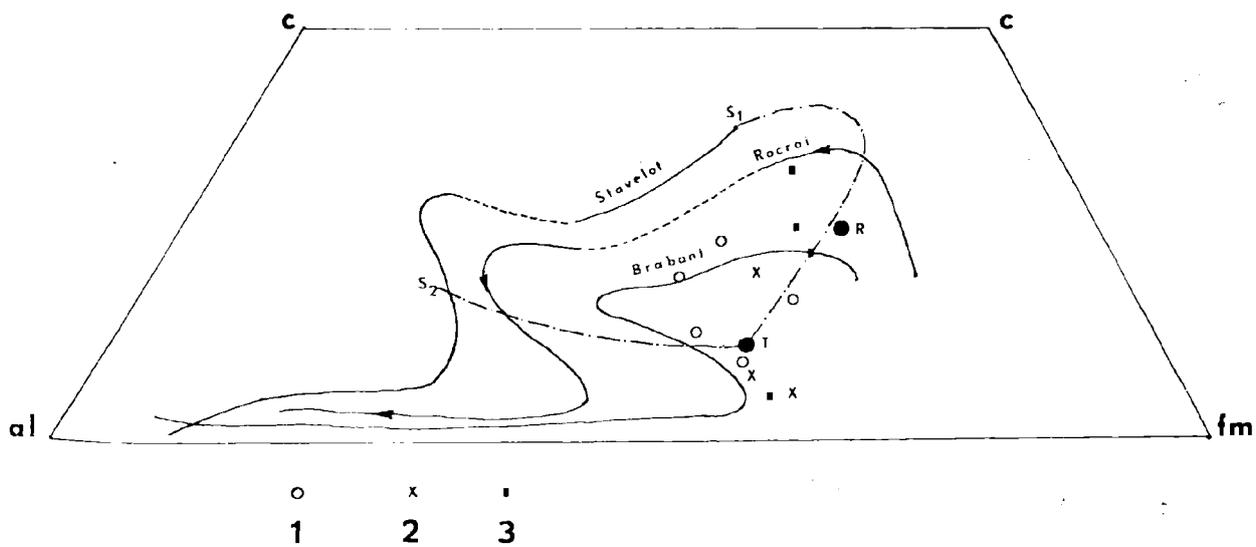


FIG. 7. — 1. - Diorite quartzifère de Grammont. — 2. - Diorite quartzifère de Quenast. — 3. kersantite de Muno.

Celle-ci est particulièrement nette pour le magma du massif de Rocroi. Les premières fractions cristallisantes sont représentées par les diabases dans la partie la plus calco-ferromagnésienne du domaine des concentrations puis, après un hiatus, on atteint des mélanges plus alumineux correspondant aux granites potassiques et en fin de différenciation, on aboutit aux solutions résiduelles très alumineuses pratiquement dépourvues de chaux qui cristallisent sous forme de granites sodiques.

Nous retrouvons la même allure de la courbe d'évolution magmatique dans l'anticlinal de Stavelot et dans le Brabant. Cependant, pour ces deux dernières régions, nous ignorons la succession des phases magmatiques, mais les types pétrographiques s'ordonnent de la même manière, soit pour le massif de Stavelot : diabases, tonalites, microgranites, et pour le massif de Brabant : diabases diorites quartziques, porphyre granitique de Deftingue. En outre, les roches rhyolitiques de la phase taconique s'alignent normalement sur le prolongement de la courbe de différenciation du magma brabançon.

La position des trois courbes souligne d'une manière très suggestive la tendance calco-alumineuse croissante des magmas appartenant successivement au Brabant, à l'anticlinal de Rocroi et à l'anticlinal de Stavelot.

3) LA COMMUNAUTÉ D'ORIGINE DES MAGMAS ARDENNAIS.

Nous avons déjà souligné la nature tholéitique des magmas ardennais, mais la représentation des courbes magmatiques dans le diagramme ternaire al - fm - c nous permet de préciser la nature chimique de la tholéite originelle.

Les courbes magmatiques de la figure 7 ont des allures comparables et contournent une aire restreinte autour du point T de coordonnées moyennes

$$\text{al} = 36 \quad \text{fm} = 53 \quad \text{c} = 11$$

A notre avis, ce point matérialise la composition chimique du mélange tholéitique commun aux magmas ardennais.

Cette interprétation est étayée par les faits et arguments ci-après :

1° Des types pétrographiques identiques, mais appartenant aux diverses régions magmatiques de l'Ardenne, sont représentés par des points qui s'alignent sur des courbes convergeant au point T.

C'est notamment le cas pour les diabases de Stavelot, de Rocroi et du Brabant (courbe S₁ T).

C'est encore le cas pour les microgranites les plus basiques : tonalites du massif de Stavelot, microgranites potassiques du massif de Rocroi, microdiorites potassiques de Deftingue, rhyolites de Mareq et de Fauquez (courbe S₂ T).

2° Parmi les diorites du Brabant, il n'est pas rare qu'une même intrusion réalise divers faciès pétrographiques, chimiquement peu différents et dont les points représentatifs s'ordonnent tout autour du point T.

C'est le cas pour la diorite de Grammont et pour la diorite de Bierghes (voir fig. 7).

3° De la même manière, les points représentatifs de la kersantite de Muno sont eux aussi distribués autour du point T.

4° Nous avons, par une autre méthode, reconstitué la composition chimique du magma tholéitique responsable des intrusions dans le massif de Rocroi (Beugnies 1963).

Le point représentatif R se place lui aussi sur la courbe de migration des diabases, avec comme coordonnées

$$\text{al} = 23 \quad \text{fm} = 56 \quad \text{c} = 71$$

accusant une tendance nettement plus calco-ferromagnésienne que celle de la tholéite brabançonne.

4) LA CONTAMINATION DE LA THOLÉITE ORIGINELLE.

Le point T représentant la composition chimique de la tholéite originelle, nous en concluons que le magma brabançon, dont les produits de cristallisation sont représentés par des points confinés au voisinage de T, est le plus pur des magmas ardennais.

Par contre, les courbes représentatives des magmas hereyniens des anticlinaux de Rocroi et de Stavelot, s'écartant davantage du point T, traduisent une contamination plus accusée du mélange tholéitique originel.

La cause d'une telle contamination peut être recherchée dans une assimilation plus importante de la croûte sialique, constituant le bâti de l'orogène hereynien. A l'appui de cette hypothèse, on peut montrer que l'assimilation d'enclaves schisteuses par les intrusions calédoniennes ou hereyniennes,

fait évoluer le chimisme du magma dans le sens d'une augmentation des teneurs en chaux ou en alumine.

C'est notamment le cas pour la diorite de Deftingue qui, au contact des enclaves schisteuses, devient nettement plus calcique (Corin 1963) et pour la diorite de Quenast plus calcique au contact de l'éponte (Mortelmans 1937).

Au cours de la digestion des enclaves schisteuses par les microgranites du massif de Rocroi, on assiste, là aussi, à la contamination de la porphyroïde qui devient plus alumineuse (Beugnies 1963).

VI. - La différenciation magmatique

1) LA DIFFÉRENCIATION DU MAGMA DE LA ZONE ANTICLINALE ROCROI-BASTOGNE.

a) *La succession dans le temps et dans l'espace des fractions magmatiques.*

La répartition zonaire des roches magmatiques enclavées dans la zone anticlinale de Rocroi-Serpont est soulignée par les faits suivants :

La région orientale de Serpont à Bastogne est surtout caractérisée par ses filons pegmatitiques et hydrothermaux recoupant les formations du Dévonien inférieur (du Gedinnien au Siegenien inférieur).

A la bordure orientale du massif cambrien de Rocroi, les intrusions magmatiques, au voisinage de la discordance de l'Ardenne, sont exclusivement faites de silexite. Dans la partie du massif de Rocroi située à l'Est de la Meuse, les sills de microgranites sont les plus nombreux tandis qu'à l'Ouest les diabases sont largement prédominantes. Une telle disposition faisant correspondre les types les plus basiques aux zones les plus profondes de l'anticlinal et les produits hydrothermaux, enrichis en matières volatiles, aux niveaux stratigraphiquement les plus élevés, implique une différenciation verticale des produits magmatiques dans l'aire anticlinale : les liquides de composition gabbroïque, plus visqueux, ont cristallisé dans les niveaux les plus bas ; les liquides granitiques plus siliceux, et alumino-alkalins, étant moins visqueux, ont pu gagner des niveaux plus élevés ; enfin, les solutions pegmatitiques et hydrothermales résiduelles beaucoup plus volatiles ont cheminé à travers la couverture dévonienne avant de se figer en filons.

La différenciation dans l'espace se double d'une différenciation dans le temps. On peut montrer en effet (Beugnies 1963) que l'ordre de cristallisation est le suivant : diabase, microgranite potassique, microgranite sodique, silexite, pneumatolyte, hydrothermolite.

De nombreux faits d'observations sont probants à cet égard : métamorphisme des diabases au contact des sills granitiques, enclaves de diabases dans les microgranites, contamination des microgranites potassiques par les solutions albitiques plus tardives (Lapparent 1909), passages latéraux des diabases aux silexites, hydrothermolyse des roches magmatiques, phases successives de cristallisation dans les filons pegmatitiques de Bastogne (Corin 1930 a).

b) *L'absence de types intermédiaires entre les diabases et les microgranites.*

L'étude des roches magmatiques du massif de Rocroi conduit à voir dans la diabase et le microgranite issus d'un même centre émissif, des produits comagmatiques, différenciés à même température et quasi simultanément (Beugnies 1962-1963).

Le facteur d'équilibre thermodynamique ayant permis une différence aussi marquée dans le chimisme des fractions cristallisantes ne peut être qu'une chute brusque de pression. Plus grande sera la chute de pression et plus importante sera la lacune entre les types différenciés.

Comme le magmatisme de la haute Ardenne est syntectonique, la chute de pression nous paraît liée à la rupture des chambres magmatiques profondes, conséquence des pressions orogéniques. La montée magmatique dans la zone anticlinale Rocroi-Serpont-Bastogne est donc étroitement liée aux distensions les plus précoces du pli de fond.

2) LA DIFFÉRENCIATION DU MAGMA DANS LA ZONE ANTICLINALE DE STAVELOT.

On retrouve, dans la zone anticlinale de Stavelot, des faits comparables à ceux observés dans l'anticlinal de Rocroi.

Comme à Rocroi, la répartition des roches magmatiques est zonaire : les diabases de Grand Coq et de Challes sont enclavées dans les parties centrales du massif Cambrien ; les tonalites de Lamersdorf et de la Helle occupent une position plus bordière ; les microgranites sont presque tous distribués à l'extrémité orientale du massif à proximité de la discordance gedinnienne tandis que la plupart

des filons quartzo-albitiques recourent la couverture dévonienne au Sud du massif de Stavelot.

Il faut voir, là encore, l'effet d'une différenciation spatiale du magma concentré dans le pli de fond de Stavelot et conduisant à la montée de solutions magmatiques graduellement enrichies en silice, alumine, alcalis et matières volatiles des niveaux les plus bas aux niveaux les plus élevés.

Une brusque chute de pression a encore provoqué, dans l'anticlinal de Stavelot, et pour les mêmes raisons qu'à Rocroi, une lacune comparable entre les types basiques (diabases) et les types plus acides (tonalites et microgranites). Cependant, à Stavelot, la lacune est moins étendue et les tonalites apparaissent en terme de transition, entre les granites et les diabases : nous y voyons l'effet d'une chute de pression plus réduite à Stavelot.

3) LA DIFFÉRENCIATION DU MAGMA DANS LA ZONE ANTICLINALE DE GIVONNE.

Il n'est pas possible de procéder à la synthèse des phénomènes magmatiques de la zone anticlinale de Givonne, vu la rareté des intrusions où l'on ne connaît que les dykes de kersantite de Muno et quelques filons de quartz à biotite chloritisée.

Du seul point de vue chimique, les kersantites de Muno ne diffèrent guère des diabases de Rocroi ou de Stavelot si ce n'est par une teneur plus élevée en potasse.

L'analyse pétrographique y décèle cependant une richesse particulière en produits volatils (H_2O , H_2S , CO_2) qui s'est exprimée dans des minéraux comme la calcite, la biotite, les sulfures (Hacquart 1928). On retrouve d'ailleurs les mêmes matières volatiles dans les phases hydrothermales de différenciation magmatique tant à Rocroi (Beugnies 1963) qu'à Stavelot (V. Wambeke 1955 c). La particularité des kersantites de Muno réside dans la concentration de ces produits volatils dans le magma diabasique.

4) LA DIFFÉRENCIATION DU MAGMA BRABANÇON.

La répartition des roches magmatiques intrusives dans les formations cambro-siluriennes du Condroz et du Brabant est, elle aussi, zonaire, si l'on en juge par les faits actuellement connus.

Les diabases sont localisées dans le Condroz et son voisinage immédiat (Grand'Pré et Hozémont). Vers l'Ouest-Nord-Ouest, les types pétrographi-

ques deviennent de plus en plus acides, d'abord avec la diorite de Lembeeq puis avec les diorites quartziques de Grammont, de Bierghes, de Quenast et de Deftingue pour aboutir, plus loin encore vers l'Ouest, aux porphyres rhyolitiques de Lichtervelde.

Comme à Rocroi, la différenciation magmatique spatiale se double d'une différenciation dans le temps : on retrouve dans la diorite quartzique de Lessines des enclaves de dolérite.

Contrairement à Rocroi et à Stavelot, les roches brabançonnaises n'accusent qu'une très faible lacune entre la diorite de Lembeeq (si = 148) et les diorites quartziques (si > 183).

Nous en concluons que la chute de pression, concomitante de la montée du magma dans la couverture cambro-silurienne, a été négligeable dans le Brabant.

VII. - Le magmatisme dans ses rapports avec le géodynamisme interne

1) LA NATURE DU MAGMA.

a) *Le magma rhyolitique calédonien (phase tucanique).*

Depuis le début du Cambrien jusqu'à l'Ordovicien supérieur, le Condroz a toujours joué un rôle d'un haut fond ou d'une aire cratonique séparant deux bassins de subsidence : le bassin ardennais au Sud et le bassin brabançon au Nord. En conséquence, pendant la même période, la croûte cristalline sialique, formant le soubassement des aires de sédimentation, s'est enfoncée sous le Brabant et sous la haute Ardenne dessinant un large bombement sous le Condroz. Dans les zones subsidentes, l'effet géothermique provoque la montée des isothermes qui favorise la fusion des racines sialiques par le magma tholéitique du manteau sous-jacent (Sima).

C'est le début d'une pollution du magma dont le chimisme évolue vers une composition tholéitique de plus en plus accusée.

Les fractions les plus volatiles de ce mélange silicaté, représentées par un liquide siliceux, aluminé et alcalin, migrent vers les parties hautes du manteau et du socle cristallin correspondant à la zone apicale du pli de fond du Condroz. Il se forme ainsi, dans les zones profondes du bâti condrusien, depuis le Cambrien jusqu'à l'Ordovicien, un véritable réservoir de magma granitique. Dès la régres-

sion du pli de fond du Condroz, depuis le Caradocien supérieur jusqu'au Wenlockien, le magma granitique se manifeste au cours du volcanisme rhyolitique.

b) *Le magma tholéitique calédonien (phase brabantonne).*

Durant le Gothlandien, le Condroz et le Brabant appartiennent à une aire subsidente adossée au continent ardennais au Sud.

Cette disposition implique une montée des isothermes sous le Condroz et sous le Brabant et, au contraire, une descente des isothermes sous le continent ardennais soumis à l'érosion.

Par voie de conséquence, la fusion de la croûte sialique se poursuit sous le Brabant et s'étend sous le Condroz où elle aboutit à la genèse d'un magma tholéitique. Au contraire, sous le continent ardennais, le magmatisme tholéitique est figé.

Après le paroxysme tectonique calédonien, le Condroz septentrional et le Brabant méridional forment un bloc affaissé entre deux voussours surélevés : au Nord, le Brabant septentrional séparé du bloc méridional par la zone failleuse de l'Orne, et au Sud le continent ardennais.

Dans le bloc affaissé, la couverture sédimentaire va en s'épaississant du Condroz (où le Cambrien est absent et l'Ordovicien réduit) vers les parties centrales du Brabant (où le Cambrien est présent et l'Ordovicien plus épais).

Au cours de la période de distension qui suit le paroxysme orogénique, la zone affaissée apparaît comme étant la plus favorable aux montées magmatiques.

Au moment de son intrusion dans la couverture sédimentaire, le magma est soumis à une différenciation magmatique normalement commandée par la température ambiante et la concentration en matières volatiles. Dans les niveaux les plus profonds, on assiste à la mise en place des mélanges gabbroïques (région condrusienne actuelle) tandis que les parties plus éloignées du socle cristallin sont atteintes par des mélanges aluminosiliceux (régions occidentales du Brabant).

c) *Le magma tholéitique hercynien (phase asturienne).*

Contrairement au magmatisme calédonien, le magmatisme hercynien se manifeste au début du

paroxysme tectonique et il est localisé dans un orogène issu d'un bassin nettement plus subsident.

Depuis le Gedinnien inférieur jusqu'à la fin du Namurien, le bassin de Dinant est continuellement subsident. Pour le tréfond sialique, la subsidence conditionne la montée des isothermes, la fusion de la croûte granitique et la formation d'un mélange tholéitique.

Au moment du plissement, l'enfoncement de la croûte sialique est encore acéré dans la zone axiale du synclinorium de Dinant où le magma tholéitique comprimé a tendance à migrer vers les dômes anticlinaux (Stavelot, Rocroi-Bastogne, Givonne) qui constitueront autant de réservoirs magmatiques profonds.

La subsidence et le plissement déterminent encore le chimisme de la tholéite. Dans les zones profondes proches de l'axe du synclinorium de Dinant, le magma est plus contaminé, tendance qui va en s'atténuant vers les flanes.

C'est ainsi que le magma de Stavelot accumulé dans un anticlinal plus central du bassin de Dinant est plus calco-alumineux que le magma de la zone anticlinale de Rocroi-Bastogne, lui-même plus contaminé que le magma des kersantites de Munro (voir fig. 7).

La subsidence du bassin de Dinant (hercynien) nettement plus accusée que celle du bassin brabantonne (calédonien) explique la tendance calco-alumineuse du magma hercynien. En effet, dans le Brabant, à la fin du Gothlandien, l'épaisseur de la charge sédimentaire peut être estimée à 4.000 m, tandis qu'à la fin du Namurien, le socle cristallin du bassin de Dinant était enfoui sous une couverture sédimentaire de plus de 11.000 m.

d) *Le magma basaltique hercynien (phase tardive).*

Pendant la période qui va du Westphalien A au Permien, l'Ardenne méridionale est exondée et soumise à une érosion intensive. De telles conditions imposent, dans le socle cristallin, la descente des isothermes et l'arrêt du magmatisme tholéitique.

Aussi, au cours de la fracturation permienne, seul un magma basaltique provenant du manteau simique pourra faire irruption le long des cassures et donner les coulées de basalte à olivine de Doullens.

2) LES MODALITÉS DES MONTÉES MAGMATIQUES.

Toutes les montées magmatiques sont conditionnées par des phases de distension de l'écorce terrestre elles-mêmes liées aux phases orogéniques.

Pour les phases calédoniennes taconique et brabançonne comme pour la phase hereynienne tardive, la montée magmatique a pu se réaliser grâce à la fracturation qui affecte l'orogène au cours de la distension qui suit le paroxysme orogénique.

Pour la phase taconique, c'est la régression du pli de fond du Condroz depuis le Caradozien supérieur jusqu'au Wenlockien qui conditionne la montée magmatique dans l'axe du Condroz.

Le magmatisme de la phase brabançonne est localisé dans le bloc effondré constitué par le Brabant méridional et le Condroz, où la zone failleuse de l'Orne semble bien avoir joué un rôle important.

Le magmatisme basaltique lié à la phase de fissuration permienne est localisé au bord nord du bassin de Dinant, où il est permis de penser que la grande faille du Midi a facilité la montée magmatique. Le grand accident de l'orogène hereynien semble bien prendre en profondeur des allures subverticales et correspondre à une rupture du bâti cristallin à la suite du soulèvement de l'Ardenne (Bouroz-Chalard 1961).

Au contraire, le magmatisme lié à la phase asturienne date du début du paroxysme orogénique. Il est intimement associé aux phénomènes de plissement et de schistosité et il est contemporain du métamorphisme régional. Le magmatisme syntectonique se localise dans les anticlinaux de premier ordre jouant le rôle de zones d'appel pour le magma. Quant à la montée magmatique, elle n'a pu se réaliser, en phase de tension de l'écorce, qu'à travers les flancs normaux des anticlinaux seuls soumis à un étirement suivi de rupture.

3) LA CHUTE DE PRESSION CONTEMPORAINE DU MAGMATISME DE LA PHASE ASTURIENNE.

Nous avons précédemment noté l'existence d'une chute brusque de la pression au cours de

la montée magmatique syntectonique de Stavelot et de Rocroi.

Elle a provoqué une dispersion du chimisme des solutions cristallisantes avec un pôle basique, séparé d'un pôle acide, par une lacune plus importante à Rocroi qu'à Stavelot.

Cependant, pour provoquer une telle différenciation, la chute de pression doit atteindre des valeurs de plusieurs milliers d'atmosphères. On pourrait penser à une variation brutale de la pression statique due à la charge de la couverture. Mais pour les roches enclavées en sills ou en laccolites dans le socle cambrien, toute la couverture dévonodinantienne a maintenu sa charge, de sorte que la seule fissuration du socle n'a pu provoquer une chute de pression suffisante. Nous pensons plutôt que la pression s'exerçant sur les réservoirs magmatiques est de nature dynamique et conditionnée, en majeure partie, par l'effort orogénique.

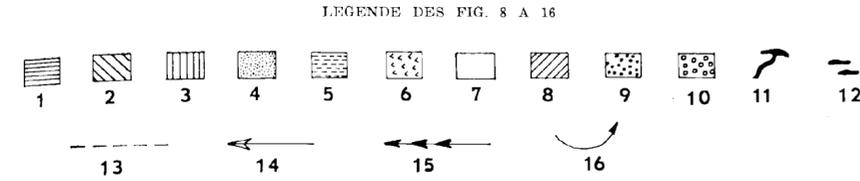
Elle a pu atteindre de très grandes intensités dans les dômes anticlinaux où la rupture des flancs méridionaux, même sous la charge d'une couverture sédimentaire, en supprimant la compression a provoqué une distension suffisante pour permettre une différenciation en diabases et microgranites.

La dispersion moins accusée à Stavelot serait la conséquence d'une pression orogénique moins intense.

Le mécanisme de compression suivie de rupture a pu jouer à plusieurs reprises au cours de la mise en place du magma, prenant un caractère pulsatoire qui permettrait d'expliquer le zonage récurrent des cristaux de plagioclase de la tonalite de la Helle (Corin 1930 b ; Michot 1930 a) et des pegmatites de Bastogne (Corin 1930 a).

L'absence d'une telle différenciation parmi les roches magmatiques de la phase calédonienne brabançonne serait due au fait que le magmatisme du Brabant se manifeste exclusivement pendant la phase de distension.

*
**



1. - Namurien-Westphalien. — 2. - Dévonien moyen. Dévonien supérieur Dinantien. — 3. - Dévonien inférieur. — 4. - Gothlandien. — 5. - Cambrien-Ordovicien. — 6. - Précambrien hypothétique. — 7. - Bâti sialique. — 8. - Manteau (Sima). — 9. - Magma tholéitique. — 10. - Magma granitique issu de la tholéite. — 11. - Montée magmatique. — 12. - Roches magmatiques. — 13. - Niveau de la mer. — 14. - Sens des transgressions. — 15. - Sens des pressions orogéniques. — 16. - Sens de migration du magma.

FIG. 8. — Au cours du Cambrien, le continent condrusien sépare le bassin ardennais au Sud, du bassin brabançon au Nord. La subsidence des bassins de sédimentation déclenche la montée des isothermes et la formation d'un magma tholéitique par fusion du bâti sialique, sous le Brabant et sous l'Ardenne.

FIG. 9. — Vers la fin de l'Ordovicien, l'Ardenne méridionale se soulève au cours de la phase taconique dont le contre-coup, dans le Condroz et le Brabant méridional, se traduit par un pli de fond (rides du Condroz et de Lessines). Le magma tholéitique, dont la formation s'est poursuivie durant l'Ordovicien, a tendance à migrer vers la zone apicale du pli de fond, occupée par les mélanges rhyolitiques issus de la différenciation de la tholéite. Avec la régression du pli de fond, dès le Caradocien supérieur, le magma rhyolitique monte dans la couverture et s'épanche en coulées sous-marines ou aériennes.

FIG. 10. — Au cours du Gothlandien, la sédimentation marine se poursuit dans le Brabant et le Condroz tandis que l'Ardenne méridionale est soumise à l'érosion continentale. Par voie de conséquence, le magmatisme tholéitique se fige sous le socle ardennais tandis qu'il se poursuit sous le Brabant et le Condroz.

FIG. 11. — A la fin du Gothlandien, la poussée calédonienne soulève et plisse le Brabant et le Condroz. L'anticlinal du Brabant chevauche le Brabant méridional le long des failles de l'Orne et de Fauquez. Au Sud, le continent ardennais pénéplané est envahi par la mer dans les zones les plus méridionales (arkose d'Haybes d'âge Ludlow supérieur). Au cours de la phase de distension qui suit le paroxysme orogénique, le magma tholéitique étalé sous le Brabant et le Condroz fait intrusion dans l'aire affaissée, au Sud de la zone failleuse principale.

FIG. 12. — Au cours du Dévonien inférieur, l'Ardenne méridionale complètement pénéplanée est envahie par la mer qui atteint le rivage du Condroz au Gedinien supérieur. Le continent brabançon et condrusien est soumis à une érosion intense qui amène rapidement à l'affleurement le socle granitique du Condroz qui alimente les dépôts dévoniens en sédiments arkosiques. La subsidence de l'Ardenne méridionale conditionne la formation d'un magma tholéitique. Au contraire, sous le continent brabançon et condrusien, la descente des isothermes, conséquence de l'érosion continentale, met fin au magmatisme tholéitique.

FIG. 13. — Au cours du Dévonien moyen, la subsidence de l'Ardenne méridionale s'accroît et la mer franchit le socle granitique du Condroz, ce qui provoque l'arrêt des dépôts arkosiques. Au Nord, la pénéplanation du continent brabançon se poursuit. Par voie de conséquence, le magma tholéitique s'accumule sous le bâti ardennais tandis qu'il est absent sous le continent brabançon.

FIG. 14. — Au cours du Namurien, les couches dévono-dinantiennes accumulées dans les bassins ardennais, commencent à se plisser sous l'effort hercynien (phase asturienne) et dès le Westphalien A, le bassin de Dinant sera en majeure partie exondé. Le magma tholéitique migre vers les parties apicales des anticlinaux de premier ordre. A partir de ces réservoirs profonds, il monte dans les flancs méridionaux et distendus des anticlinaux. En bordure du continent brabançon, la subsidence plus accentuée ébauche le bassin de Namur.

FIG. 15. — Vers la fin du Westphalien, le paroxysme tectonique hercynien gagne le bassin de Namur. La rupture du socle sialique, à la limite méridionale du Condroz, entraîne le chevauchement du synclinal de Dinant sur celui de Namur le long de la grande faille du Midi. Le soulèvement de l'Ardenne et l'érosion de la chaîne hercynienne mettent fin au magmatisme tholéitique.

FIG. 16. — Au Permien inférieur, l'orogène hercynien de l'Ardenne, presque totalement pénéplané, subit une fracturation, caractérisée par de multiples décrochements, au cours d'une phase de distension hercynienne. Les failles les plus importantes affectent le socle sialique et permettent la montée du magma simique provenant du manteau et responsable des coulées basaltiques de Doullens.

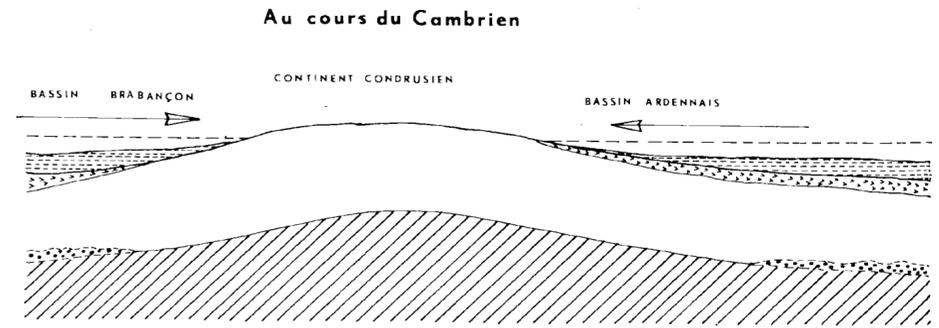


FIG. 8

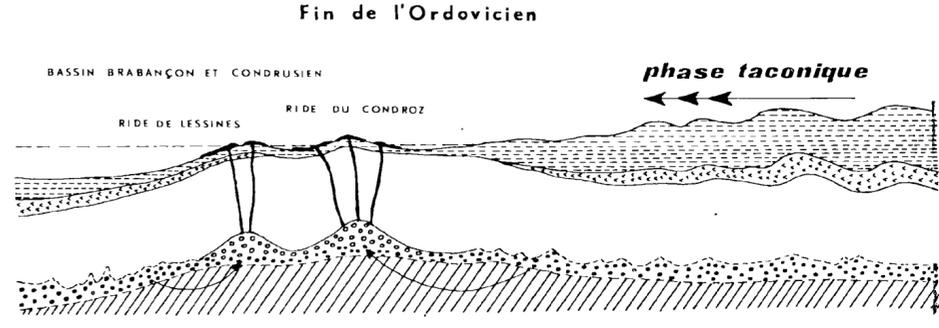


FIG. 9

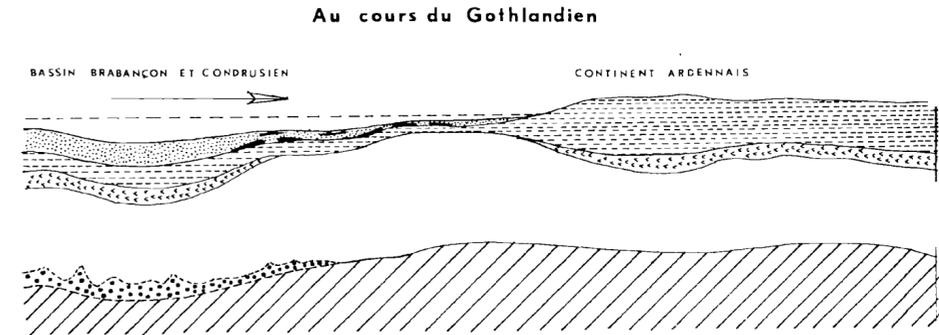


FIG. 10

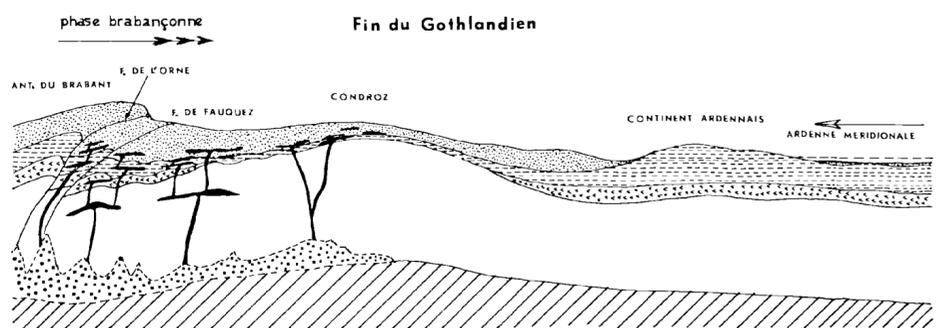


FIG. 11

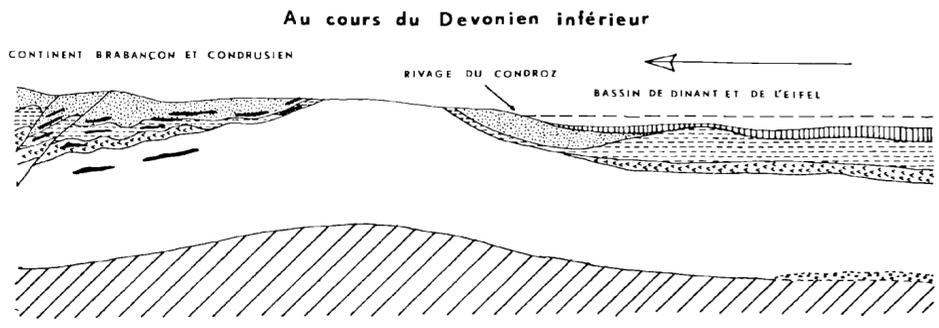


FIG. 12

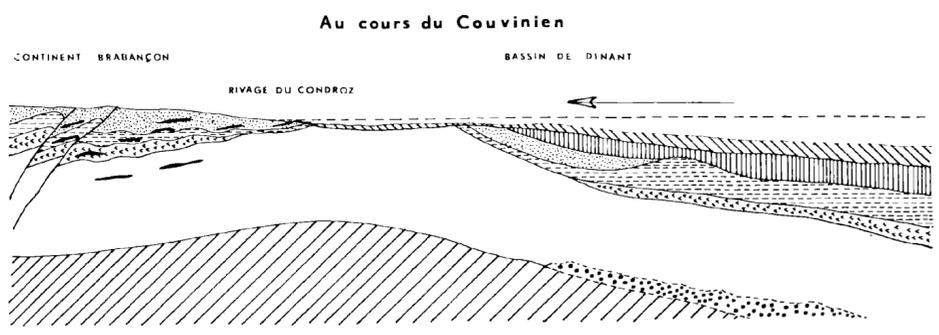


FIG. 13

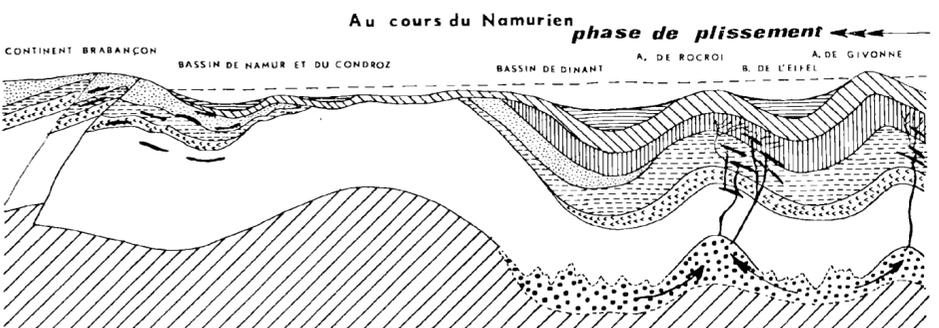


FIG. 14

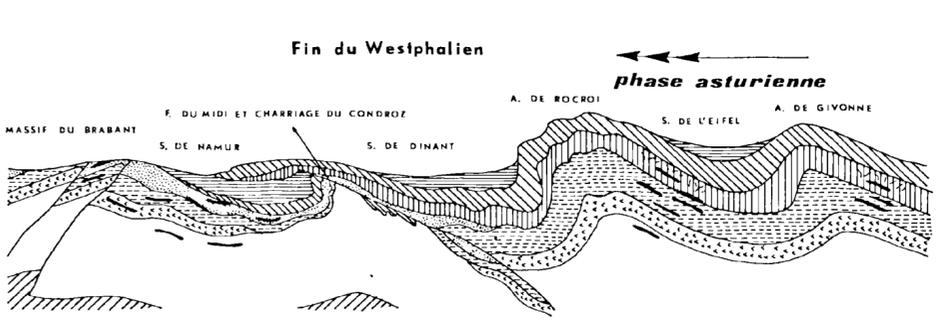


FIG. 15

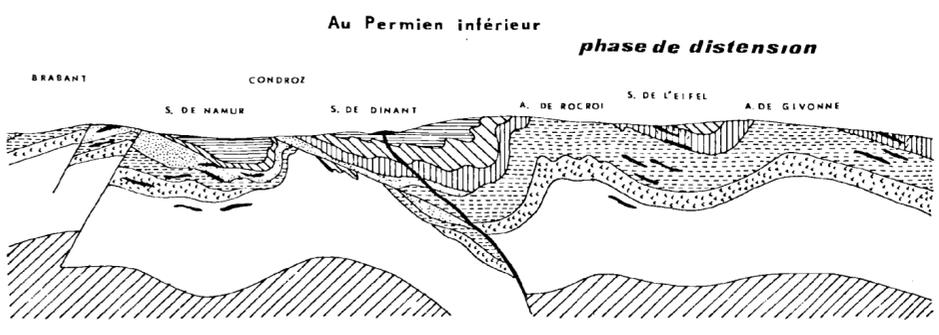


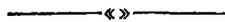
FIG. 16

BIBLIOGRAPHIE

- ANTEN J. (1914). — Sur l'âge de la kersantite de la ferme de Parensart près de Muno. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, Liège, T. 41, pp. 250-251.
- ANTHOINE R. et P. (1943). — Les assises de Mousty et de Villers-la-Ville, dans le bassin de la Dyle. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, Liège, T. 66, Mém.
- ASSELBERGHS E. (1946). — L'Eodévouien de l'Ardenne et des régions voisines. *Mem. Inst. Géol. Univ.*, Louvain, T. 14.
- BAILLY R. (1936). — Etude des roches dites arkoses métamorphiques du Franc-Bois de Willerzie. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, Liège, T. 59, Mém., pp. 31-49.
- BARROIS Ch. (1907). — Etude des galets du charbon d'Aniche. *Ann. Soc. Géol. Nord*, Lille, T. 36, p. 248.
- BARROIS Ch., PRUVOST P., DUBOIS G. (1920). — Description de la faune silurodévouienne de Liévin. *Mém. Soc. Géol. Nord*, Lille, T. 6, n° 2.
- BARROIS Ch., BERTRAND P., PRUVOST P. et CORSIN P. (1930). — Le conglomérat houiller de Roucourt. *C.R. Cong. int. Mines* (6^e Sess.), Liège, sect. géol., pp. 147-158.
- BARTH T. (1952). — *Theoretical Petrology*. John Wiley and Sons, New-York.
- DE BÉTHUNE P. (1944). — Sur l'origine effusive de la rhyolite du Piroy. *Bull. Soc. b. Géol.*, Bruxelles, T. 53, pp. 108-113.
- BEUGNIES A. (1958). — La pipe de Naux et son site géologique. *Ann. Soc. Géol. Nord*, Lille, T. 78, pp. 45-57.
- (1960). — Le massif cambrien de Givonne. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, Liège, T. 73, Mém. pp. 1-40.
- (1960 a). — Les grands traits de la géologie du massif cambrien de Rocroi. *Bull. Soc. Belge Géol.*, Bruxelles, T. 69, pp. 84-91.
- (1960 b). — Stratigraphie comparée du Cambrien des massifs ardennais. *Bull. Soc. Belge Géol.*, Bruxelles, T. 69, pp. 91-106.
- (1962). — Compte rendu de la session extraordinaire de la Société géologique de Belgique et de la Société belge de Géologie, du 15 au 18 septembre 1961. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, Liège, T. 85, sess., pp. 1-84.
- (1963). — Le massif cambrien de Rocroi. *Bull. Serv. C. Géol. France*, Paris (à paraître).
- BOUROZ A. (1959). — Découverte de roches volcaniques dans le socle paléozoïque du Nord de la France. *C.R. S. Ac. Sc. Paris*, T. 348, pp. 2611-2613.
- BOUROZ A., CHALARD J., DALINVAL A. et STIÉVENARD M. (1961). — La structure du bassin houiller du Nord de la région de Douai à la frontière belge. *Ann. Soc. Géol. Nord*, Lille, T. 81, pp. 175-220.
- CORIN F. (1928). — Sur le métamorphisme d'un poudingue gedinnien entre Banneux et Malempré. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, Liège, T. 51, pp. 100-104.
- (1930). — La métamorphisme de l'Ardenne. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, Liège, T. 54.
- (1930 a). — Contribution à l'étude pétrographique des filons de la région de Bastogne. *Bull. Ac. R. Sc. Belg.*, Bruxelles, 5^e sess., T. 16, p. 30.
- (1930 b). — A propos de la note de P. Michot sur les plagioclases de la roche éruptive de la Helle. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, T. 54.
- (1931). — Compte rendu de la Session extraordinaire des Sociétés belges de Géologie dans la région de Bastogne. *Bull. Soc. Belge Géol.*, Bruxelles, T. 41, pp. 339-381. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, Liège, T. 54, pp. 413-456.
- (1931 a). — Sur la présence de Xénotime et d'autres minéraux contenant des terres rares, dans les veines à bastonite de Bastogne. *Bull. Soc. Belg. Géol.*, Bruxelles, T. 41, p. 109.
- (1932). — Les roches aplitiques de Mohret. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, Liège, T. 55, pp. 119-121.
- (1933). — Données nouvelles sur les roches éruptives du sous-sol de Roulers. *Bull. Soc. B. Géol.*, Bruxelles, T. 43, pp. 153-154.
- (1933 a). — Le filon d'eurite de Spa sur la rive méridionale du Wayai. *Bull. Soc. B. Géol.*, Bruxelles, T. 43, pp. 151-153.
- (1935). — Note sur l'extension du poudingue otré-litifère au Sud-Est du Massif de Rocroi. *Bull. Soc. B. Géol.*, Bruxelles, T. 45, pp. 115-116.
- (1935 a). — Découverte d'une « série spilitique » et de « laves en coussins » (pillow-lavas) en Hesbaye. *Bull. Ac. r. Belg.*, Bruxelles, pp. 667-668.
- (1963). — La diorite de Deftingue. *Bull. Soc. B. Géol.* Bruxelles (à paraître).
- CORIN F. et RONCHESNE P. (1935). — Contribution à l'étude du gisement de roches éruptives de Bierghes (Brabant). *Ann. Soc. Géol. Belg.*, Liège, T. 59, pp. 61-66.
- (1938). — Note sur la roche éruptive du Champ Saint-Véron à Lembecq. *Bull. Soc. B. Géol.*, Bruxelles, T. 48, pp. 441-444.
- (1938 a). — La roche éruptive de Grammont. *Bull. Soc. B. Géol.*, Bruxelles, T. 48, pp. 444-451.
- COSYNS G. (1908). — Contribution à l'étude de la roche de Quenast. *Bull. Soc. B. Géol.*, Bruxelles, T. 22, pp. 171-219.
- DANNENBERG A. et HOLZAPFEL E. (1897). — Die Granite der Gegend von Aachen. *Jah. des Kon. Preuss. Géol., Landesamt.*
- DE DYCKER R. (1938). — Recherches sur la nature et les causes du métamorphisme des terrains manganésifères du Cambrien supérieur dans la partie Sud occidentale du Massif de Stavelot. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, Liège. Mém., T. 62.

- DENAEYER M. et MORTELMANS G. (1954). — Les roches éruptives in « Prodrôme d'une description de la Géologie de la Belgique ». *Soc. Géol. Belg.*, Liège, pp. 747-792.
- FLICK L. (1935). — Contribution à l'étude de la roche éruptive de la Méhaigne. *Bull. Soc. B. Géol.*, Brux. T. 45, pp. 105-115.
- FOURMARIER P. (1907). — La tectonique de l'Ardenne. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, Liège, T. 34, Mém., pp. 15-123.
- (1919). — Les relations de la roche éruptive de Pitet avec les schistes siluriens. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, Liège, T. 43, pp. 217-222.
- (1919 a). — La poussée calédonienne dans le massif siluro-cambrien du Brabant. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, Liège, T. 41, p. 300.
- (1920). — La tectonique du Brabant et des régions voisines. *Mém. Ac. r. Belg.*, Bruxelles, T. 4, 2^e s.
- (1922). — L'évaluation de l'importance des phénomènes de charriage en Belgique et dans les régions voisines. C.R. XIII^e sess. cong. Géol. intern. Bruxelles.
- (1931). — Les plissements calédoniens et les plissements hercyniens en Belgique. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, Liège, T. 54, p. 364.
- (1932). — Observations sur l'estimation de l'importance du transport suivant le charriage du Condroz. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, Liège, T. 56, p. 249.
- (1954). — La tectonique in « Prodrôme d'une description géologique de la Belgique ». *Soc. Géol. Belg.*, Liège, pp. 609-744.
- GEUKENS F. (1957). — Les failles bordières du graben de Malmédy. *Bull. Soc. Belg. Géol.*, Bruxelles, T. 56, fasc. 1, pp. 71-81.
- GRAULICH J.M. (1954). — Le Cambrien - Trémadocien in « Prodrôme d'une description géologique de la Belgique ». *Soc. Géol. Belg.*, Liège.
- (1961). — Le sondage de Wépion. *Serv. Géol. Belg.* Mém. n° 2.
- HACQUAERT A. (1928). — Over het Eruptiefgesteente van Muno (Prov. Luxemburg) en over het metamorphisme er door veroorzaakt. *Nat. tijd.* Gent 10^e j., pp. 73-89.
- (1936). — Nieuwe gegevens over de magmatische gesteenten uit de streek van Muno (Prov. Luxemburg). *Nat. tijd.* Gent, T. 18, pp. 75-76.
- JÉRÔME A., FOURMARIER P., DONDELINGER V. (1911). — Compte rendu de la session extraordinaire tenue à Arion et Florenville du 16 au 20 septembre 1911. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, Liège, T. 38, p. 353.
- DE LAPPARENT J. (1909). — Etude comparative de quelques porphyroïdes françaises. Paris, Gauthier-Villars.
- LECOMTE M. (1950). — L'Ordovicien de la carrière de la Dendre. *Bull. Soc. B. Géol.*, Bruxelles, T. 59, pp. 47-52.
- LEGRAND R. et MORTELMANS G. (1948). — Un contact de la diorite quartzifère de Lessines et de l'Ordovicien. *Bull. Soc. B. Géol.*, Bruxelles, T. 57, pp. 642-674.
- LEPERSONNE J. (1932). — Découverte de filons d'albite dans le Dévonien du Canton de Saint-Vith. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, Liège, T. 55, pp. 144-146.
- (1933). — Contribution à l'étude des filons de l'Ardenne. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, Liège, T. 57, p. 74.
- (1933 a). — La répartition des filons d'origine profonde du canton de Saint-Vith (note préliminaire). *Ann. Soc. Géol. Belg.*, Liège, T. 56, p. 278.
- (1934). — Découverte de filons de quartz tourmalinifère dans le Gedinnien du bord Sud et Est du Massif de Stavelot. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, Liège, T. 57, pp. 27-30.
- LERICHE M. (1912). — La faune du Gedinnien inférieur de l'Ardenne. *Mém. Mus. R. Hist. Nat.*, Bruxelles, T. 6.
- LHOEST M. (1907). — Les roches tourmalinifères des poudingues dévoniens. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, Liège, T. 35, pp. 266-267.
- (1911). — Sur la roche éruptive de Voroux-Goreux. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, Liège T. 38, pp. 314-317.
- MACAR P. (1948). — Nombreux cailloux de tourmalinite dans un banc d'arkose du Gedinnien à Ovifat (Sourbrodt). *Ann. Soc. Géol. Belg.*, Liège, t. 71, p. 247.
- DE MAGNÉE I. (1963). — L'âge permien des conglomérats de Malmédy. *Bull. Soc. B. Géol.*, Bruxelles (à paraître).
- MAILLIEUX E. (1930). — Observations nouvelles sur le Silurien de la Belgique. *Bull. Mus. R. Hist. Nat. Belg.* Bruxelles, T. 6, n° 15.
- MATHIEU E. (1903). — Note complémentaire sur la roche cristalline de Grand Coq. *Bull. Soc. B. Géol.*, Brux. T. 17, pp. 565-568.
- MATHIEU E. (1905). — La tuffoïde kératephyrique de Grand Manil. *Bull. Soc. B. Géol.*, Bruxelles, T. 19, pp. 499-525.
- MICHOT P. (1930). — Une discordance à la base du Caradocien dans la bande silurienne de Sambre-Meuse. *Bull. Ac. R. Belg. Cl. Sc.*, Bruxelles, pp. 823-826.
- (1930 a). — Les plagioclases de la roche éruptive de la Helle. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, Liège, T. 54.
- (1932). — La tectonique de la bande silurienne de Sambre-Meuse entre Dave et le Samson. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, Liège, T. 55, pp. 129-144.
- (1934). — La stratigraphie du Silurien de la bande de Sambre-Meuse. *Mém. Ac. R. Belg. Cl. Sc.*, Bruxelles, 2^e s., T. 13, pp. 1-108.
- (1938). — Les arkoses et cinérites du Tarannonien de la Neuville-sous-Huy. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, Liège, T. 62, pp. 141-148.

- (1954). — Le Silurien in « Prodrôme d'une description géologique de la Belgique ». *Soc. Géol. Belg.*, Liège, pp. 39-82.
- MICROT P. et DE MAGNÉE I. (1937). — Le sondage de Lichtervelde. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, Liège, T. 60, pp. 261-264.
- MORTELMANS G. (1937). — Le métamorphisme de contact à Quenast. *Bull. Soc. B. Géol.*, Bruxelles, T. 47, pp. 164-207.
- (1952). — Observations nouvelles sur les « porphyroïdes » caradociens de la zone d'Hennuyères. *Bull. Soc. B. Géol.*, Bruxelles, T. 61, pp. 176-197.
- (1955). — Considérations sur la structure tectonique et la stratigraphie du Massif du Brabant. *Bull. Soc. B. Géol.*, Bruxelles, T. 64, pp. 179-218.
- RODAL M. (1941). — Etude pétrographique et géologique de la roche éruptive du Piroy. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, Liège, T. 64, Mém. pp. 41-79.
- RONCHESNE P. (1931). — Contribution à l'étude de la roche éruptive de Lammersdorf (Hautes-Fagnes) *Ann. Soc. scient. Belg.* série B, mars.
- (1931 a). — Contribution à l'étude de la roche éruptive de la Helle (Hautes-Fagnes). *Ann. Soc. Géol. Belg.*, Liège, T. 54, p. 35.
- (1934). — Contribution à l'étude de la roche éruptive de Grand'Pré (Mozet). *Ann. Soc. Géol. Belg.*, Liège, T. 58, p. 83.
- (1934 a). — Contribution à l'étude de la roche éruptive de Challes (Stavelot). *Bull. Soc. B. Géol.*, Bruxelles, T. 44.
- (1934 b). — Contribution à l'étude de la roche éruptive de Hozémont. *Bull. Soc. B. Géol.*, Bruxelles, T. 44, p. 275.
- STAINIER X. (1889). — La diabase de Grand'Pré (Mozet). *Ann. Soc. Géol. Belg.*, Liège, T. 17, Mém. pp. 3-23.
- (1929). — La rhyolite de Maulenne (Florefe). *Bull. Soc. b. Géol.*, Bruxelles, T. 39, pp. 88-94.
- TURNER F. et VERHOGEN J. (1951). — *Igneous and metamorphic Petrology*. Mac Graw Hill, New-York.
- UBAGHS G. (1940). — Sur l'existence du Ludlovien inférieur à Tihange près de Huy. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, Liège, T. 63, pp. 385-387.
- DE LA VALLÉE-POUSSIN Ch. (1875). — Note sur les porphyroïdes de Pitet et de la Chapelle Saint-Sauveur. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, Liège, T. 2, p. 130.
- (1885). — Les anciennes rhyolites dites eurites de Grand Manil. *Bull. Ac. R. Sc. Belg.*, Bruxelles, 3^e s., T. 10, pp. 253-315.
- (1887). — Les eurites quartzeuses (rhyolites anciennes) de Nivelles et des environs. *Bull. Ac. R. Sc. Belg.*, Bruxelles, 3^e s., T. 13, pp. 498-536.
- DE LA VALLÉE-POUSSIN C. et RENARD (1876). — Mémoire sur les caractères minéralogiques et stratigraphiques des roches dites plutoniennes de la Belgique et de l'Ardenne française. *Ac. R. Sc. Belg.*, p. 129.
- VANDENDRIESCHE A. (1941). — Bijdrage tot de petrographie der metamorphe gesteenten van de streek van Pastogne-Libramont. *Na. Tijd.*, Gent.
- VAN WAMBEKE L. (1955). — Compositions minéralogiques et chimiques des tonalites de la Helle et de Lammersdorf (Hautes-Fagnes). *Bull. Soc. b. Géol.*, Bruxelles, T. 64, p. 477.
- (1955 a). — Contribution à l'étude de l'auréole métamorphique des massifs tonalites de la Helle et de Lammersdorf. *Bull. Soc. b. Géol.*, Bruxelles, T. 64, p. 21.
- (1955 b). — Note sur les Venn Porphyres des Hautes Fagnes allemandes. *Bull. Soc. b. Géol.*, Bruxelles, T. 64, p. 510.
- (1955 c). — La minéralisation des tonalites de la Helle et de Lammersdorf et leurs relations avec les autres minéralisations. *Bull. Soc. b. Géol.*, Bruxelles, T. 64, pp. 534-581.
- WATERLOT G. (1937). — Sur l'âge des plis et accidents du Massif Cambrien de Rocroi. *C.R. s. Ac. Sc. Paris*, T. 204, p. 271.
- (1945). — L'évolution de l'Ardenne au cours des diverses phases de plissements calédoniens et hercyniens. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, Paris, 5^e s., T. 15, pp. 3-44.
- (1956). — Le Cambrien de l'Ardenne. *Cong. Géol. intern. Mexico*, T. 1, part. 1, pp. 161-183.
- WONG WEN HAO (1913). — Contribution à l'étude de la porphyrite quartzifère de Lessines. *Mém. Inst. Géol. Louvain*, T. 1, pp. 297-325.



Observations sur le Bathonien de Bucilly (Aisne)

par A. BONTE, P. BROQUET et P. CELET (1)

Sommaire. — Après avoir confirmé l'attribution stratigraphique des calcaires de Bucilly, les auteurs proposent à nouveau une limite pratique Bathonien moyen-Bathonien supérieur.

Le Bathonien de l'Aisne et des Ardennes a fait l'objet, au siècle dernier, de belles études de paléontologie stratigraphique de la part de A. d'Archiac et E. Piette, qui ont défini, à la limite du Bathonien supérieur et du Bathonien moyen, des zones relativement faciles à reconnaître sur le terrain.

Suivant Piette, la partie supérieure du Bathonien comporte, de haut en bas : des *calcaires marneux* dans lesquels il distingue une partie supérieure et une partie inférieure ; puis des *calcaires blancs*, eux-mêmes divisés en calcaires blancs supérieurs et en calcaires blancs inférieurs ; les *calcaires blancs supérieurs* se subdivisent à leur tour en calcaire à *N. patella* au sommet, et calcaire à *T. decorata* à la base.

Dans la stratigraphie locale, les calcaires blancs constituent le Bathonien moyen et les calcaires marneux, toujours oolithiques, le Bathonien supérieur. Toutefois, la région de Bucilly paraissait un peu aberrante à la suite d'une étude de J. Gosselet qui distinguait, au-dessus des calcaires oolithiques, une zone marneuse à *Pholadomya ovulum*.

A l'occasion d'une étude sur le Jurassique du Nord de la France, l'un de nous (Bonte, 1941) tenta de faire la synthèse des travaux antérieurs à l'aide des affleurements réduits qui subsistaient en 1937-1938, et proposa des équivalences entre les carrières de Bucilly et d'Éparcy ; mais une erreur d'interprétation conduisit à des conclusions analogues à celles de Gosselet. Cette erreur n'avait d'excuse que dans la difficulté de raccorder entre eux des faciès aussi variables que ceux des calcaires blancs. En fait, elle aurait pu être évitée si, à l'époque, la localisation des éléments figurés (pseudoolithes dans le Bathonien moyen, oolithes vraies dans le Bathonien supérieur) avait été reconnue. Par ailleurs, à moins d'admettre un accident notable, il fallait

raccorder toutes les coupes situées le long de la vallée du Thon, puisqu'elles se suivent en direction.

En 1960, cette mauvaise interprétation a été corrigée par M. J.C. Fischer qui, à la suite d'une patiente étude paléontologique et morphologique, a parfaitement rétabli les équivalences stratigraphiques.

Récemment, au cours de l'école de terrain du Laboratoire de Géologie appliquée, des observations nouvelles ont été réalisées à Bucilly, qui confirment les conclusions de J.C. Fischer. Celui-ci, en effet, n'avait pas pu analyser le talus inaccessible de Bucilly W ; mais, grâce à des coupes de bois, il nous a été possible d'escalader la falaise latéralement et de vérifier, suivant deux coupes parallèles, une succession qui peut se résumer de la façon suivante, de haut en bas :

- 5 - Dalle en surplomb se débitant en plaquettes de calcaire graveleux.
- 4 - Calcaire crayeux et marnes crayeuses à *Pholadomya ovulum* et *Rhynchonella elegantula*.
- 3 - Banc à *Rhynchonella decorata* (à 5 ou 6 m au-dessus de la route).
- 2 - Calcaire crayeux à *Pholadomya ovulum*.
- 1 - Calcaire à pseudoolithes très fines.

Les deux niveaux de marne et calcaire crayeux à *P. ovulum* de Gosselet encadrent le banc à *R. decorata* et sont encore surmontés par des calcaires pseudoolithiques. Ils sont donc à rattacher au sommet du Bathonien moyen dont ils constituent un faciès particulier. Au-dessus viennent les calcaires marneux oolithiques observés, immédiatement sous les sables albiens, au sommet de la carrière du four à chaux d'Éparcy et signalés par J.C. Fischer à l'E de Bucilly (1960, p. 897, niveau G).

Le même calcaire crayeux à *Pholades* a été exploité à 1200 m de l'Abbaye, dans le vallon qui s'amorce vers le NNE. Il renferme en ce point un lit presque continu de grands silex gris et il est

(1) Faculté des Sciences de Lille.

surmonté directement par les sables verts albiens (Hirson 727.80-243.80).

Le banc à *R. decorata*, qui peut être considéré comme un repère majeur dans toute la région, de la Hérie à Poix-Terron, soit plus de 50 km en direction, semble discontinu ; mais il est surmonté par un autre banc aussi caractéristique. Il s'agit d'un calcaire marneux jaunâtre, à débit irrégulier, parcouru de tubulures ou de traînées nuageuses de calcaire pseudoolithique roussâtre et qui renferme à côté de nombreuses Rhynchonelles du groupe d'*elegantula*, des Polypiers recristallisés, des *Anabucia* et un Foraminifère de grande taille, *Orbitamina alliptica*.

Ce Foraminifère, dont plusieurs gisements nouveaux ont été découverts cette année (1), semble être limité à un seul banc où il est relativement abondant ; alors qu'on ne le trouve ni au-dessus ni au-dessous. En fait, il est peut-être localisé dans plusieurs lits différents, puisque Piette le cite aussi bien dans sa zone à *N. patella* (*Orbicula elliptica*, p. 1113) que dans sa zone à *T. decorata* (*Anomia elliptica*, p. 1109). De toute façon, il est situé dans l'un des derniers horizons pseudoolithiques ; il caractérise donc le sommet du Bathonien moyen, comme dans toutes les localités où il a été rencontré au cours des dernières années (Maync 1961), en particulier aux environs de Besançon où il a été récolté au sommet des calcaires blancs (Bonte 1945-1946, p. 124), dans une région où la limite

Bathonien moyen-Bathonien supérieur est bien tranchée.

En résumé, entre les calcaires marneux de Piette, qui sont en réalité des calcaires oolithiques à pâte marneuse et qui sont rapportés au Bathonien supérieur, et les calcaires blancs, à faciès très variés mais non oolithiques du Bathonien moyen, il existe dans la région d'Hirson une série marno-crayeuse avec banes durs, épaisse de quelques mètres, représentant les calcaires à *N. patella* et *T. decorata* de Piette. Cette série marno-crayeuse, qui apparaît également dans toutes les coupes relevées à l'W (Boulonnais et sondages du Nord du Bassin de Paris, Bonte 1960) est caractérisée par *R. decorata* à la partie inférieure et *R. elegantula* au sommet, et surtout par *Orbitamina elliptica*.

Suivant les lieux, cette zone de passage se rapproche davantage des couches qui la surmontent ou de celles qui la précèdent. Par son caractère marneux, elle fait penser au calcaire marneux oolithique du Bathonien supérieur (Bonte 1941 et 1960 ; Bonte, Collin, Godfriaux, Leroux, 1958). Par son caractère pseudoolithique, elle se rattache aux calcaires blancs du Bathonien moyen ; la présence d'*O. elliptica* et de *R. decorata* milite dans le même sens et c'est peut-être la solution qu'il faudrait adopter. Cependant, pour le moment, dans l'impossibilité de trancher entre les caractères sédimentologiques et les caractères paléontologiques, nous proposons de conserver la limite pratique Bathonien moyen-Bathonien supérieur à la base de la série marno-crayeuse à *R. decorata* et *O. elliptica* qui, de toute façon, correspond à une modification importante dans les conditions de dépôt. Cette option a le mérite de fournir aux stratigraphes un repère facile à reconnaître aussi bien sur le terrain qu'en sondage.

(1) 1° Eparcy, ancienne carrière du Four à Chaux, parc des Ponts et Chaussées, Hirson 724.75-243.45.

2° Aubenton, sortie NW, dernière maison, Rozoy 734.00-239.64.

3° Rumigny, ancienne carrière au N, Rozoy 738 95-237.40 (Coord. Lambert, zone I).

BIBLIOGRAPHIE

- ARCHIAC d' A. (1843). — Description géologique du Département de l'Aisne. *Mém. Soc. Géol. France*, (1), V-3, p. 129-420, 4 tabl., Pl. XXI-XXXI.
- BONTE A. (1941). — Contribution à l'étude du Jurassique de la bordure septentrionale du Bassin de Paris. Thèse Montpellier. *Bull. Serv. Carte Géol. France*, n° 205, XLII, 439 p., 67 fig., 4 tabl., 12 pl.
- BONTE A. (1945-1946). — La faille de Thisy et le fossé d'effondrement de Palente. *Bull. Serv. Carte Géol. France, C.R. Coll. Camp. 1944-1945*, p. 123-129, 5 fig.
- BONTE A. (1960). — Sur la composition du Bathonien dans le Nord et l'Est de la France. *Ann. Soc. Géol. Nord*, LXXX, p. 161-167, 1 fig.
- BONTE A., COLLIN J.J., GODFRIAUX I. et LEROUX B. (1958). — Le Bathonien de la région de Marquise. Le Wealdien du Boulonnais. *Bull. Serv. Carte Géol. France, C.R. Coll. Camp. 1957*, n° 255, t. LVI, p. 9-28, 6 fig.
- FISCHER J.C. (1960). — Observations stratigraphiques et tectoniques sur le Bathonien supérieur de l'Aisne. *Bull. Soc. Géol. France*, (7), II, p. 895-905, 1 fig., 1 tabl.
- GOSSELET J. (1881-1882). — Etude sur la partie supérieure du Bathonien dans le département de l'Aisne. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. IX, p. 132-138.
- MAYNC W. (1961). — Note sur le genre *Orbitamina* (Foraminifère) et sa répartition stratigraphique. *Rev. Micropal.*, IV, p. 7-16, 1 fig., 2 pl.
- PIETTE E. (1854-1855). — Observations sur les étages inférieurs du terrain jurassique dans les départements de l'Aisne et des Ardennes. *Bull. Soc. Géol. France*, (2), XII, p. 1083-1122, 5 fig.

Quelques données sur les couches tertiaires et crétacées de la feuille " Le Quesnoy " au 50 000^e

par Gérard WATERLOT

(1 fig.)

Sommaire. La partie occidentale de la feuille est essentiellement occupée par des plateaux dont le sous-sol direct est constitué par une couverture de limons qui empêche toute observation des couches sous-jacentes. L'examen de 46 coupes de puits et forages permet de donner des indications plus précises sur la nature et l'épaisseur des sédiments du Tertiaire et du Crétacé supérieur.

La feuille du Quesnoy au 50.000^e, dans sa partie occidentale, est occupée par des plateaux, très largement recouverts de limons superficiels, qui recourent trois petites vallées : celles de l'Aunelle, de la Rhonelle et de l'Ecaillon. Sur les flancs de ces vallées, les couches crétacées affleurent plus ou moins bien sous la forme de petits liserés rapidement recouverts par des éboulis de pente ou des alluvions. Sauf aux abords du Quesnoy, les couches tertiaires n'affleurent pas, à cause de l'épais manteau de limons qui empêche toute observation.

Cette situation aurait pour conséquence une méconnaissance de la nature et du comportement des couches géologiques sous-jacentes aux limons si l'étude des sondages qui sont pratiqués dans la région n'était pas poursuivie de façon lente mais régulière. Depuis les observations de J. Ladrière (1901 et 1903) qui a donné les coupes de 12 forages et de J. Gosselet (1913) qui en fait connaître 8 autres, on a continué à prospecter le sous-sol de la région du Quesnoy et c'est ainsi que j'ai pu examiner 26 autres coupes de puits et forages dont 6 ont été creusés avant 1945 (G. Waterlot 1945) et les 20 derniers depuis cette date.

L'examen de l'ensemble de ces 46 ouvrages permet de préciser la nature et l'épaisseur des différentes couches du Tertiaire et du Crétacé supérieur de la région ainsi que l'allure du toit des marnes crayeuses à *Terebratulina rigida* du Turonien moyen.

Les 46 coupes sont résumées sur le tableau de la page 198. Elles portent un numéro d'ordre qui est reporté sur la carte (fig. 1) dont les bords N, W et S sont exactement ceux des limites de la feuille du Quesnoy au 50.000^e. Le tableau donne, pour chaque ouvrage, la cote (N.G.F.) du sol et celle du sommet des étages rencontrés. L'écart existant entre la cote au sol et celle du premier étage géologique sous-jacent correspond à l'épaisseur des limons superficiels qui est toujours importante. Ces limons sont jaunes ou roux, argilo-sableux et renferment dans la partie inférieure des silex de la craie brisés, bruns ou rougis.

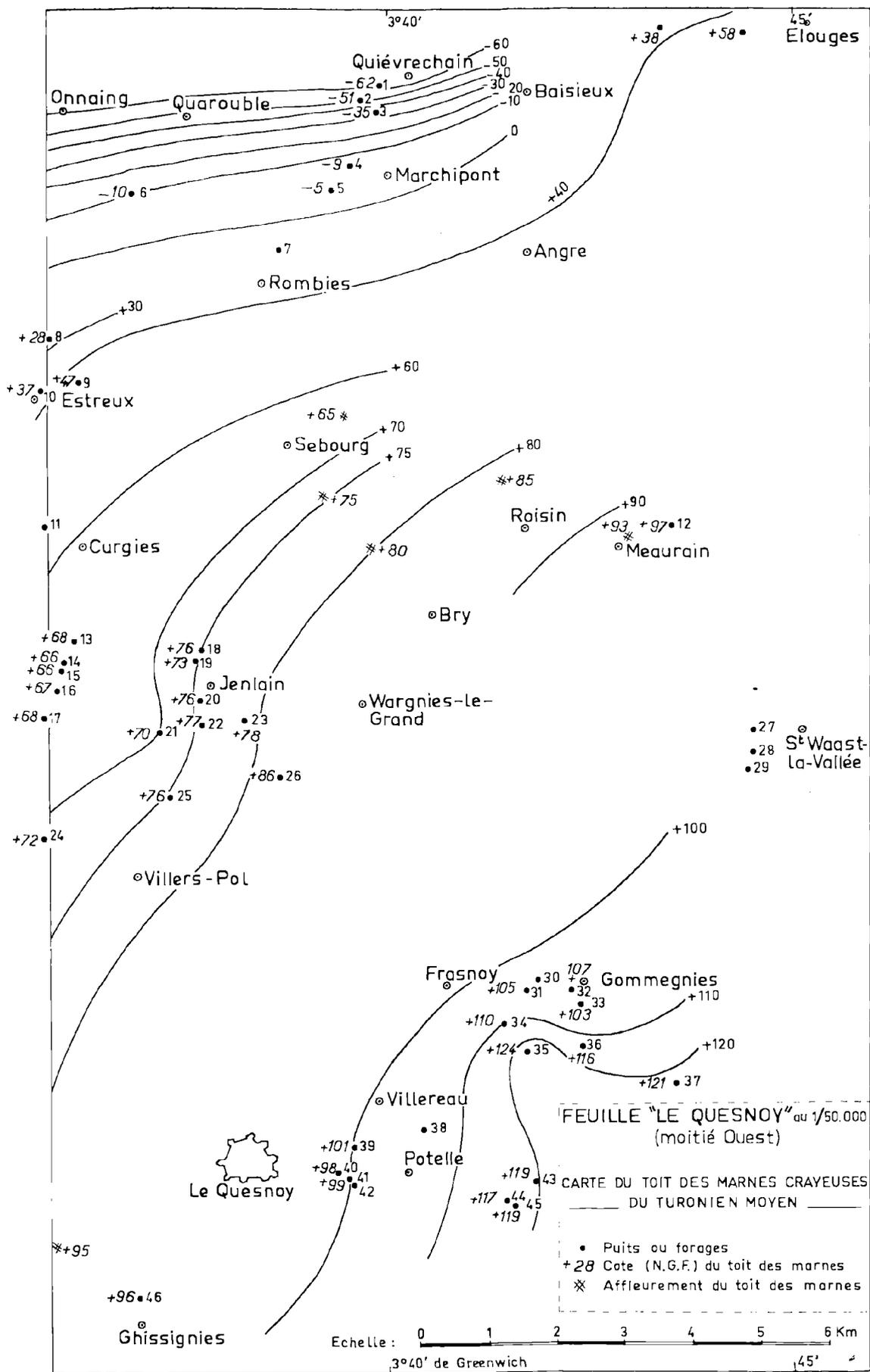
Les indices des étages géologiques sont ceux utilisés par la Carte Géologique de la France à l'échelle du 50.000^e. Ce sont les suivantes :

2a. - *Landénien* : sables verts, glauconieux, à grain fin ; parfois argileux ; superposés à une argile sableuse

	FORAGES	sol	e ^{2a}	C ⁴	C ^{3c}	C ^{3b}
1	Quiévrechain (G) (1)	+ 42		+ 29		— 62
2	ib. (G)	+ 45		+ 37	— 41	— 51
3	ib. (G)	+ 45	+ 39	+ 25	— 24	— 35
4	Marchipont (G)	+ 52	+ 42	+ 26	+ 7	— 9
5	ib. (G)	+ 50	+ 39	+ 34	+ 11	— 5
6	Onnaing (G)	+ 43	+ 40	+ 33	+ 2	— 10
7	Rombies (G)	+ 55	+ 51	+ 42	— 3	
8	Estreux (G) (sondage de 1896)	+ 65	+ 62		+ 42	+ 28
9	ib. (puits communal)	+ 75,7	+ 72,1		+ 60,6	+ 47
10	ib.	+ 67	+ 63,5		+ 57	+ 37
11	Curgies	+ 84			+ 80	
12	Meaurain (Belgique)	+ 100				+ 97
13	Curgies (L)	+ 104,4	+ 78,8		+ 72,8	+ 68,2
14	ib. (Patte d'Oie) (L)	+ 90,2	+ 84,1		+ 81,5	+ 66,2
15	ib. (puits communal)	+ 91	+ 87,2		+ 81,2	+ 66,4
16	Préseau (L)	+ 98,1	+ 84,5		+ 80,6	+ 66,6
17	Jenlain (Le Wult) (L)	+ 88,5	+ 83,5		+ 82	+ 67,8
18	ib. (Gare) (L)	+ 90			+ 84,5	+ 75,5
19	ib. (Brasserie)	+ 96			+ 84,7	+ 73,3
20	ib. (L)	+ 95	+ 88		+ 85	+ 75,5
21	ib. (L)	+ 101,5	+ 88,5		+ 85,5	+ 69,5
22	ib. (L)	+ 98	+ 89,5		+ 87	+ 77
23	ib. (L)	+ 89			+ 80,5	+ 78
24	Villers-Pol (fossé Clarinez)	+ 85			+ 81,5	+ 72
25	ib. (L)	+ 109			+ 88,5	+ 76
26	Wargnies-le-Grand (L)	+ 102	+ 99,3		+ 96,3	+ 85,6
27	St-Waast-la-Vallée (brasserie) (2) ...	+ 124			+ 107 ?	
28	ib.	+ 118			+ 112	
29	ib. (le May)	+ 115			+ 111	
30	Gommegnies (Sablîère)	+ 127	+ 124			
31	ib. (puits communal)	+ 123	+ 119,5		+ 115,8	+ 105,4
32	ib. (brasserie)	+ 118			+ 113,5	+ 106,5
33	ib. (gare) (L)	+ 130			+ 116,5	+ 103
34	Frasnoy (Petit Marais)	+ 115			+ 112,5	+ 110,2
35	Gommegnies (P.N. du Tour)	+ 130	+ 125,5			+ 124
36	ib. (Hitonsart)	+ 125			+ 121,5	+ 115,9
37	ib. (Sarloton)	+ 140	+ 130		+ 126,6	+ 121
38	Villereau (puits communal)	+ 131	+ 121		+ 114	
39	Potelle	+ 124	+ 116,8		+ 114,2	+ 101
40	Le Quesnoy (forage communal)	+ 130	+ 114,5		+ 112,3	+ 98
41	ib. ib.	+ 130	+ 115		+ 111,2	+ 98,5
42	ib. (puits communal)	+ 136,1	+ 117,1		+ 113,9	
43	Herbignies	+ 130			+ 128,2	+ 118,5
44	ib.	+ 127			+ 125,4	+ 117,2
45	ib.	+ 128			+ 126	+ 119
46	Ghissignies (puits communal)	+ 115			+ 110,5	+ 96

(1) La lettre (G) indique les sondages cités par J. Gosselet (1913) ; la lettre (L) ceux cités par Ladrière (1901 et 1903).

(2) Le puits a traversé les limons, les sables landéniens et s'est arrêté à 16 mètres de profondeur dans l'argile à silex.



de teinte gris verdâtre ou noirâtre (argile de Louvil) ou à un tuffeau verdâtre, glauconieux. Le tout repose sur une argile brune ou vert foncé à silex brisés et verdis.

c^a. - *Sénonien* : craie blanche, généralement sans silex, n'existant que dans le secteur nord de la région étudiée.

c^{3c}. - *Turonien supérieur* : craie gris blanchâtre à gros silex cornus (assise à *Micraster leskei*) ; épaisse de 15 m environ et comportant souvent deux parties approximativement d'égale épaisseur, la partie supérieure comportant de gros silex et la partie inférieure n'en comportant pas et étant composée de bancs alternativement plus ou moins durs.

c^{3b}. - *Turonien moyen* : Marnes argileuses, compactes, gris bleuté (dièves bleues de l'assise à *Terebratulina rigida*) pouvant comporter, vers 5 m en dessous du

sommet de l'assise, un banc de craie marneuse gris blanchâtre épais de 1,50 m environ. Ces marnes sont épaisses et passent en profondeur aux marnes verdâtres à *Inoceramus labiatus* du Turonien inférieur rarement atteintes par les forages qui s'arrêtent dans la partie supérieure du Turonien moyen et parfois juste en dessous du banc de craie marneuse inclus dans les marnes bleues.

Du fait que les puits et forages ont, pour la plupart, atteint les dièves bleues, il est possible de tracer la carte en courbes hypsométriques du toit des marnes du Turonien moyen (fig. 1). Cette carte indique une pente douce et régulière du Crétacé en direction du N-NW, devenant plus rapide dans les environs de Quiévrechain et Onnaing, en bordure du bassin de Mons (Belgique).

BIBLIOGRAPHIE

- LADRIÈRE J. (1901). — Etude géologique et hydrogéologique des environs de Jenlain. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. 30, p. 41-78.
- LADRIÈRE J. (1903). — Etude géologique et hydrogéologique des environs de la ferme du Wult. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. 32, p. 61-82.
- GOSSELET J. (1913). — Les assises crétaciques et tertiaires dans les fosses et sondages du Nord de la France. *Gîtes minéraux de la France*, fasc. 4, région de Valenciennes. Impr. Nation. Paris.
- WATERLOT G. (1945). — Hydrogéologie de la région sud-est de Valenciennes. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. 65, p. 65-73.
- WATERLOT G. (1945). — Résultats géologiques et hydrogéologiques des puits et forages communaux de Le Quesnoy (Nord). *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. 65, p. 137-146.

————— « » —————

Ammonites et Poissons dans la partie moyenne du Portlandien du Pays de Bray

par Albert F. DE LAPPARENT et Jacques BLOT

Le Portlandien du Pays de Bray comprend une série de couches aux faciès littoraux très variables, qui annoncent le retrait général de la mer à la fin des temps jurassiques. On convient habituellement d'y reconnaître trois subdivisions :

— une supérieure :

6. Sables et grès à *Trigonia gibbosa*.

— une moyenne :

5. Marnes bleues.

4. Grès et sables glauconieux à *Anomia laevigata*.

3. Marnes blanchâtres.

— une inférieure :

2. Argiles et lumachelles à *Exogyra virgula*.

1. Calcaire lithographique.

Au-dessous, viennent les argiles kimméridgiennes.

Des Ammonites sont connues, soit dans la division inférieure : grands *Holcostephanus*, *Gravesia portlandica* (= *Pachyceras gigas*) et *Perisphinctes rotundus* (Lemoine 1904), soit dans les grès supérieurs n° 6 : *Perisphinctes gorei*, *P. lapideus* (Lafitte 1939). On ne semblait pas en avoir signalé jusqu'à ce jour dans les couches moyennes.

Or on en trouve assez abondamment, ainsi que de nombreuses dents de Poissons et d'autres fossiles intéressants, dans une vaste carrière qui entame les couches 4 et 5, au Nord-Ouest de Hodenc-en-Bray (Oise). Les bancs, affectés d'un pendage de 4° vers le Sud-Sud-Ouest, présentent des surfaces décapées favorables à la récolte des fossiles.

Les grès glauconieux à *Anomia*, épais de 7 m et objet principal de l'exploitation, se terminent par une surface où les éléments sont plus grossiers, avec des galets roulés de quartz, de quartzites, de morceaux ferrugineux ; il y a des Oursins : *Pseudodiadema glasvillei* Cotteau (détermination de M. J. Roman), et beaucoup d'Huîtres : *Ostrea bruntrutana* Thurmann, *Exogyra dubiensis* Contejean, *E. matronensis* Loriol, *Anomia laevigata* Fitton.

C'est à ce niveau que l'on rencontre de nombreuses dents de Poissons. Sans doute, il serait téméraire de vouloir rapporter à des genres précis et encore plus à des espèces bien déterminées des dents isolées. Cependant, l'examen de plus de deux cents dents provenant de ce point et la comparaison avec les mâchoires d'espèces connues rendent possible l'indication au moins des genres suivants :

ELASMOBRANCHES :

Famille des *Hybodontidae* : *Hybodus* Ag., *Asteracanthus* Ag. (= *Strophodus*).

ACTINOPTERIGYENS :

Famille des *Semionotidae* : *Lepidotes* Ag. (= *Sphaerodus*), sans doute l'espèce *L. maximus* Wagner, représentée par des dents vomériennes et palatines et des écailles.

Famille des *Pycnodontidae* : plusieurs genres, représentés par des dents préhensiles des prémaxillaires et des dentaires, ainsi que par des dents vomériennes et palatines. On a pu reconnaître : *Eomesodon* Woodward (= *Mesodon*), *Gyrodus* Ag., *Caelodus* Heckel.

Dans le même gisement, nous avons trouvé encore des pièces dignes d'être mentionnées : d'une part, une vertèbre et un fragment de dent striée, d'un Reptile marin probablement ; d'autre part, un propode de Crustacé décapode pouvant appartenir à la famille des Erymaidæ (détermination de Mme S. Secrétan).

Le niveau à Ammonites vient juste au-dessus. C'est un banc de 0,50 m de calcaire tendre, de couleur crème, à nombreux grains de quartz, situé immédiatement sous les marnes n° 5. Il contient beaucoup de moules de Lamellibranches (*Thracia depressa* Morris, Trigones, etc.) et de nombreuses très petites dents de Poissons, au point qu'on peut en observer une dizaine dans la surface d'une plaque mince. Les Ammonites y sont fréquentes, mais souvent déformées. Après comparaison avec les Ammonites du Portlandien du Boulonnais (collection

P. Pruvost) conservées au Musée Gosselet de Lille, nous pouvons reconnaître :

— quelques exemplaires se rapportant à *Persisphinctes boidini* Loriol ;

— tous les autres étant attribuables à des *Pseudovirgatites* variés : il y a sans doute plusieurs espèces, certaines de grande taille, mais la nomenclature de ces formes est très embrouillée.

Nous avons vérifié, par comparaison avec les exemplaires du Boulonnais conservés à Lille, qu'aucun de nos échantillons ne se rapporte à *Perisphinctes gorei* Salf. (= *P. biplex* Loriol), ni à *P. lapideus* Buckm., qui sont des espèces caractéristiques du Portlandien supérieur du Boulonnais.

De notre dernière visite à la carrière de Hodene, nous avons rapporté un grand *Pseudovirgatites*, semblable à l'un de ceux récoltés antérieurement dans le calcaire crème, mais provenant cette fois du grès dur à *Anomia laevigata*. C'est l'unique exemplaire d'Ammonites que nous ayons vu dans le grès lui-même.

Une autre carrière des Ponts et Chaussées, située au Sud d'Hannaches (Oise) et plus ancienne que celle de Hodene, offre une coupe intéressante dans les mêmes niveaux. Le dernier banc de grès rubéfiés, où abonde *Serpula gordialis* Schlotheim, contient des dents de Poissons : *Lepidotus maximus* et plusieurs genres de Pyenodontidae. Nous y avons récolté aussi une dent haplodonte striée, longue de 3 cm, vraisemblablement d'un Reptile marin, et un fragment d'une deuxième dent du même type.

Juste au-dessus, le calcaire crème à grains de quartz, contenant des Trigonies et d'autres Lamellibranches, fournit également des Ammonites, en particulier d'assez bons exemplaires de *Pseudovirgatites* sp. Notons d'ailleurs que le Musée Gosselet à Lille renferme une Ammonite récoltée en

1938 dans cette carrière, lors d'une excursion dirigée par M. E. Leroux ; la pièce porte l'indication *Pseudovirgatites* sp.

Rappelons que l'on avait trouvé en 1944, dans la carrière d'Hannaches, des restes intéressants d'un Crustacé décapode (Roger et Lapparent). Le niveau exact est bien le calcaire crème à grains de quartz, et nous y avons revu des traces d'appendices de Crustacé lors d'une récente visite à Hannaches.

De tout cela, on retiendra quelques brèves conclusions.

D'abord, que les deux grandes carrières de Hodene-en-Bray et d'Hannaches offrent la même coupe de détail et contiennent dans les deux cas, outre les Oursins, les Huîtres et les Trigonies classiques, des fossiles plus rares : Ammonites, Crustacés, Poissons, Reptiles.

Ensuite, que la présence, non clairement signalée jusqu'ici, d'Ammonites dans la partie moyenne du Portlandien du Pays de Bray, permet un parallélisme plus étroit avec le Portlandien moyen du Boulonnais, lui aussi caractérisé par *Perisphinctes boidini* et des *Pseudovirgatites* (Pruvost 1924).

Enfin, on notera que les Poissons révèlent des affinités avec les genres kimmeridgiens et portlandiens du Boulonnais et avec ceux du Purbeckien et du Wealdien anglais. Priem (1908) avait déjà signalé, à la suite de Graves (1847), le genre *Lepidotus* (= *Sphaerodus*) dans le Portlandien précisément de cette région entre Villebray et Hodene-en-Bray. Par contre, les Pyenodontidae semblaient très peu nombreux et les Elasmobranches étaient inconnus dans le Jurassique supérieur du Bassin de Paris. Du fait de nos récoltes, les couches portlandiennes du Pays de Bray s'avèrent donc beaucoup plus riches ichthyologiquement qu'on ne l'avait pensé jusqu'ici.

BIBLIOGRAPHIE

GRAVES L. (1847). — Essai sur la topographie géognostique du département de l'Oise.

LAFFITTE R. (1939). — Sur l'âge des sables à Trigonies dans le Portlandien supérieur du Pays de Bray *C.R. somm. Soc. Géol. France*, p. 155.

LEMOINE P. (1904). — Révision de la feuille de Neufchâtel. *Bull. Carte géol. France*, XVI, C.R. collab., p. 18.

LORTOL P. DE (1868-1876). — Monographie de l'étage portlandien de Boulogne-sur-Mer. *Mém. Soc. Phys. Genève*, t. 19, 23, 24.

PRIEM F. (1908). — Etude des Poissons fossiles du Bassin parisien. *Publicat. Ann. Paléont.*

PRUVOST P. (1924). — Les subdivisions du Portlandien boulonnais d'après les Ammonites. *Ann. Soc. Géol. Nord*, XLIX, p. 187.

ROGER J. et LAPPARENT A.F. DE (1944). — Une nouvelle espèce de Crustacé décapode *Palaeophoborus portlandicus* découverte dans le Portlandien du Pays de Bray. *Bull. Soc. Géol. France*, (5), XIV, p. 365.

SAUVAGE H.E. (1867). — Catalogue des Poissons des formations secondaires du Boulonnais. Etudes palé-ichthyologiques.

WOODWARD A.S. (1916). — The fossil fishes of the english Wealden and Purbeck formations. *Palaeontogr. Soc.*

L'Éocène supérieur et l'Oligocène de la Butte de Villers-Cotterets (Aisne)

par C. CAVELIER (1)

Sommaire. — Description à partir des affleurements et surtout des sondages, de la série stratigraphique de la Butte de Villers-Cotterets, supérieure au Calcaire de St-Ouen, mal connue antérieurement.

Mise en évidence, en particulier, de l'absence du Calcaire de Brie, de l'Argile verte (s.s.) et probablement de la Haute Masse de Gypse ; au contraire sont représentées les argiles de base des Sables de Fontainebleau à faciès Fontenay, les Couches de St-Christophe-en-Halatte, les Marnes supragypseuses blanches et bleues, la série du Gypse avec vraisemblablement la Seconde Masse, les Marnes à Lucines et la Troisième Masse ; plus bas, on note l'existence d'un calcaire marin fossilifère, dernier témoin septentrional connu des Marnes à Pholadomyes, d'une série argileuse pouvant représenter la Quatrième Masse du Gypse, du Calcaire de St-Ouen, et enfin de l'Argile de Villeneuve-sur-Verberie, intercalée dans les Sables auversiens.

HISTORIQUE

La stratigraphie détaillée des couches qui surmontent le Calcaire de St-Ouen dans la Butte de Villers-Cotterets, est très mal connue, malgré l'intérêt qu'elle présente en raison de la position isolée de cette butte, dernier témoin des couches de l'Éocène supérieur et de l'Oligocène vers le Nord.

Raulin (1838) signale rapidement la présence des « Sables supérieurs » auxquels il assigne 20 m d'épaisseur, couronnés par les « Meulrières de Montmorency », à la Croix de Bellevue.

Le travail de d'Archiac (1843) permet de reconstituer sommairement la stratigraphie de la Butte au-dessus des Sables de Beauchamp qui auraient 52 à 53 m environ d'épaisseur :

— Calcaire lacustre « moyen » jaunâtre, marneux, celluleux avec *Cyclostoma mumia* et *Lymnaea longiscata*, dont l'épaisseur est de 3 à 4 m au plus.

— Glaises et marnes variées.

— Glaises grises, jaunâtres, grumeleuses, de 1,50 à 2 m au plus d'épaisseur.

— Sables « supérieurs » sans fossile, avec grès plus ou moins ferrugineux, n'ayant pas plus de 12 à 13 m d'épaisseur.

— Calcaire lacustre « supérieur » sous forme de meulrières cavernueuses et compactes très fossilifères [*Chara medicaginula* Brongn., *Helix* sp., *Lymnaea cornea* Brongn., *L. cylindrica* Brard, *Paludina* sp. (cf. *similis* Drap.)], dont l'épaisseur est de 2 à 2,50 m au plus.

H. Thomas (1897) révisant la Feuille de Soissons, décrit rapidement la succession des couches :

— Sables de Beauchamp avec grès tabulaires (1 m environ) au sommet.

— Calcaire de St-Ouen, Marnes du Gypse et Glaises vertes, masqués ordinairement par la végétation.

— Sables de Fontainebleau.

— Calcaire de Beauce.

G. Denizot (1927) étudie rapidement les Sables de Fontainebleau auxquels il attribue une douzaine de mètres d'épaisseur.

Mlle H. Alimen (1936) étudiant la même série, note la ressemblance frappante des meulrières supérieures avec les Meulrières de Brie et précise qu'il est permis d'attribuer au Stampien inférieur les sables sous-jacents.

R. Soyer (1947) note que la présence du Calcaire de Brie dans la Butte de Villers-Cotterets est douteuse.

(1) Bureau de Recherches Géologiques et Minières.

L. et J. Morellet (1948) signalent une intercalation marine dans le Calcaire de St-Ouen, entre Haramont et la route du Faîte, avec Cérithes et Pélécy-podes (? *Corbula angulata* Lmk.) qu'ils considèrent comme « sans doute le vestige le plus septentrional de l'Horizon de Mortefontaine ».

Mlle M. Girard d'Albissin (1955) donne une coupe de la carrière Lefèvre à Bonneuil-en-Valois, sur laquelle je reviendrai plus loin, y signalant en particulier la présence d'un calcaire oolithique dont elle donne de bonnes photographies.

J. Polvéche (1961) note rapidement l'existence de l'Argile verte, des Sables de Fontainebleau et du Calcaire de Beauce ; ce dernier sous forme de couches calcaires, siliceuses et souvent décalcifiées (meulières) dont l'épaisseur ne dépasse pas 3 m.

OBSERVATIONS DE SURFACE

La série comprise entre les Sables de Beauchamp et les Sables de Fontainebleau est difficile à étudier en raison de sa nature principalement argileuse.

Cependant, les affleurements et les anciennes exploitations permettent quelques observations au N d'Haramont. En se dirigeant de ce village vers Taillefontaine, on rencontre à l'O de la route, 200 m environ avant le croisement de la « Route du Faîte » entre les cotes 187 et 192, le Calcaire de St-Ouen, visible en affleurement et dans de vieilles exploitations (2).

Plus haut, en particulier immédiatement au N du carrefour de Vauquebert, on note de nombreux affleurements de marnes crèmes et jaunâtres (Marnes du Gypse et Marnes bleues d'Argenteuil) (3).

En continuant à monter, dans la fourche constituée par la « Route du Faîte » et la R.N. 373, on rencontre entre les cotes 207 et 210, d'anciens « trous à glaise » ouverts vers 1910 (4) montrant sous une argile verte sableuse (base des Sables de Fontainebleau), des argiles vertes et brunes feuilletées à oolithes nombreuses et à débris fossilifères

(Couches de St-Christophe-en-Halatte), surmontant des marnes calcaires blanchâtres (Marnes blanches de Pantin). Ces couches sont également visibles vers les cotes 208-210 en bordure S de la Route du Faîte, 250 m à l'W du carrefour des Quatre Gardes (5).

Cependant, c'est dans les anciennes carrières Lefèvre que les meilleures observations peuvent être faites. Ces exploitations ouvertes dans la Forêt domaniale, sur le territoire d'Haramont, au Sud de la Route du Faîte, de part et d'autre de la Laie de la Tranchée, sensiblement entre les cotes 205 et 215, alimentaient en glaise les Briqueteries Lefèvre et Toussaint (6) sises à Bonneuil-en-Valois (Oise) auxquelles elles étaient reliées anciennement par « une voie étroite ».

Mlle M. Girard d'Albissin (1955, p. 25-26) a donné une coupe de la partie haute de la dernière carrière en exploitation (E de la Laie de la tranchée) (7) que je reproduirai en raison de son importance, complétée par les épaisseurs relevées sur la figure jointe :

8 - Terre végétale	0,20 m
7 - Meulière de Montmorency	0,50 m
6 - Sable de Fontainebleau	1,75 m
5 - Argile verte passant au sommet, sur environ 0,20 m, à une argile riche en fer. Le passage au Sable de Fontainebleau se fait par une couche d'argile jaune, rosée par endroits, renfermant quelques filets de sable très blanc, à petits grains esquilleux et gros grains	0,45 m
4 - Argile très verte avec par endroits un dépôt ocre	0,25 m
3 - Calcaire oolithique, très friable, à grains bien individualisés (Photos). Il se présente sous forme de lentille, entourée à son sommet par une carapace ferrugineuse atteignant par endroits 10 cm. Au sein de cette lentille, se trouve une intercalation de marne vert jaunâtre avec lits de sable jaune. L'ensemble est visible sur environ 50 cm mais la base de la formation disparaît dans les éboulis ..	0,50 m
2 - Eboulis	1,00 m
1 - Marnes blanches supragypseuses.	

Mlle M. Girard d'Albissin n'interprète pas clairement cette coupe, notant seulement qu'elle a

(2) $x = 652,8$; $y = 176,97$; c'est probablement dans cette zone que L. et J. Morellet (1948) ont rencontré leur « intercalation marine », qu'ils rapportent avec doute à l'Horizon de Mortefontaine.

(3) $x = 653,16$; $y = 177,1$.

(4) $x = 652,4$; $y = 177,2$; renseignement de Monsieur Lefèvre, de Bonneuil-en-Valois.

(5) $x = 653,48$; $y = 176,64$.

(6) M. Lefèvre, Directeur des Briqueteries, m'a fréquemment accompagné sur le terrain, me faisant profiter de ses observations et de sa documentation personnelle ; qu'il trouve ici l'expression de ma profonde gratitude.

(7) $x = 649,7$; $y = 177,45$.

observé les Marnes vertes « au voisinage desquelles se trouve un banc de calcaire oolithique » et que « les éboulis masquant la base des Marnes vertes, il est difficile de dater ce calcaire oolithique... » qu'elle rapproche cependant (p. 107 et 113) de ceux de St-Christophe-en-Halatte, et de Villejuif, en précisant sa pensée (p. 113) : « J'ai trouvé à Bonneuil-en-Valois, un important niveau oolithique situé au contact des Marnes vertes. L'état actuel de la carrière ne permet pas de savoir si ce banc est situé à la base des Marnes vertes ou en leur milieu ».

Il semble donc que pour cet auteur, l'Argile verte de Romainville soit représentée par des argiles vertes (couches 5 et 4) et comprenne le niveau de calcaire oolithique (couche 3).

Personnellement, malgré l'état d'abandon des carrières et les difficultés dues à l'état de bouleversement des couches (glissements), j'ai pu lever des coupes partielles complétant celle déjà décrite :

de haut en bas :

0 - Terre végétale très sableuse	0,20 à 0,50 m
1 - Sable jaune avec nombreux blocs de meuliers, ravinant fortement la couche suivante	4 m env.
2 - Sable jaune fin, micacé devenant verdâtre à la base	s. 1 m.
3 - Lacune de visibilité correspondant (8) à des argiles sableuses vertes, jaunâtres et rouilles, dites « terre à mitron » surmontant des marnes argileuses grises et jaunâtres..	1 à 2 m
4 - Marne argileuse feuilletée brun verdâtre à débris coquilliers indéterminables, Ostracodes et à lits irréguliers d'oolithes calcaires rousses ou blanchâtres formant parfois des lentilles dont l'épaisseur atteint 0,50 m .. s.	0,60 m
5 - Marne calcaire crème, jaunâtre et verdâtre compacte à débit prismatique	0,33 m
6 - Marne calcaire crème et blanchâtre tachée d'ocre, litée	0,70 m
7 - Filet de sable blanc pulvérulent	0,01 m
8 - Marne argileuse verte et brune feuilletée, à lits brunâtres	0,30 m
9 - Marne calcaire beige	0,05 m
10 - Calcaire dur crème clair, sublithographique, en blocs dans marne calcaire crème grumeleuse	0,18 m
11 - Marne calcaire jaunâtre grumeleuse	0,07 m
12 - Marne argileuse gris beige	0,10 m
13 - Marne argileuse brun verdâtre foncé	0,05 m
14 - Marne argileuse brun jaunâtre et grise ..	0,15 m

(8) Renseignement oral de M. Lefèvre de Bonneuil-en-Valois.

15 - Marne argileuse grise	0,80 m
Palier.	
Marne argileuse gris bleu dite « Terre de Bonneuil »	s. 1 m

Interprétation :

0 - 1	- Terre végétale et éboulis de pente..	4,50 m
2	- Sable de Fontainebleau, faciès Fontenay (base)	s. 1 m
3 scmmet	- Base argileuse des Sables de Fontainebleau	env. 0,50 à 1 m
3 base et 4	- Couches de St-Christophe-en-Halatte	0,60 m
5 - 14	- Marnes blanches de Pantin	1,95 m
15 à 16	- Marnes bleues d'Argenteuil	s. 1,80 m

SONDAGES

En vue de la recherche de « terres » utilisables pour la confection des briques, les Briqueteries Lefèvre et Toussaint, de Bonneuil-en-Valois (Oise) ont fait exécuter à différentes reprises des sondages de reconnaissance dans la Butte de Villers-Cotterets. La dernière campagne a eu lieu en octobre 1961, par la Société Sondage Pierre, sous ma surveillance; devant l'intérêt géologique de ces sondages, le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (B.R.G.M.) n'a pas hésité à payer l'approfondissement de l'un d'eux (n° 3). Par ailleurs, j'ai eu l'occasion d'étudier les échantillons recueillis par C. Bricon et L. Feugueur lors du creusement du puits d'alimentation en eau du relais hertzien de Vivières (Aisne). Ces résultats joints aux observations de surface permettent de lever le voile sur la série comprise entre les Marnes blanches de Pantin et le Calcaire de St-Ouen.

Coupe d'un ancien sondage de recherche (9)

situé au N de la dernière exploitation

$$x = 649,78 ; y = 177,55$$

sol + 216 environ.

1 - 0	- 0,80 - Décombres.
2 - 0,80	- 1,80 - Argile jaune et verte dite à « mitron ».
3 - 1,80	- 2,20 - Argile grise.
4 - 2,20	- 2,70 - Argile jaune-blanchâtre.
5 - 2,70	- 2,80 - Sable roux fossilifère.
6 - 2,80	- 3,00 - Argile brune et verte.
7 - 3,00	- 4,80 - Marne blanche.
8 - 4,80	- 5,90 - Argile marneuse blanchâtre.
9 - 5,90	- 14,70 - Argile bleue.

(9) Coupe communiquée par M. Lefèvre.

Interprétation :

- 1 - Remblais ;
- 2 - Base argileuse des Sables de Fontainebleau ;
- 3 à 6 - Couches de St-Christophe-en-Halatte ;
- 7 et 8 - Marnes blanches de Pantin ;
- 9 - Marnes bleues d'Argenteuil.

**Coupes des sondages
de la campagne de recherche 1961**

SONDAGE N° 1

x = 648,31 ; y = 178,29

Bordure N de la Route du Faîte,
sensiblement face à la Laie de Montaigu

Sol + 219.

- 1 - 0 à 0,30 - Limons.
- 2 - 0,30 à 1,20 - Sable jaune un peu argileux.
- 3 - 1,20 à 1,60 - Sable roux argileux avec débris de meulrières.
- 4 - 1,60 à 2,40 - Sable roux.
- 5 - 2,40 à 3,90 - Sable jaune clair.
- 6 - 3,90 à 6,40 - Sable jaune roux.
- 7 - 6,40 à 8,70 - Sable jaune clair très humide à partir de 7 m ; eau rencontrée à 7,80.
- 8 - 8,70 à 9,05 - Argile bleuâtre et jaunâtre, un peu feuilletée au sommet, avec filets de sable quartzeux, devenant brunâtre à la base.
- 9 - 9,05 à 9,65 - Marne argileuse jaunâtre à oolites calcaires blanches et débris coquilliers au sommet (Cyrènes écrasées ?), devenant rapidement blanchâtre. Vers 9,35-9,40, plaquettes calcaires (ép. 5 cm). A 9,40, intercalation peu épaisse d'argile feuilletée, brunâtre et verte à lits d'oolithes blanches.
- 10 - 9,65 à 10,05 - Argile feuilletée brunâtre et verte à lits d'oolithes blanches.
- 11 - 10,05 à 10,25 - Argile feuilletée brunâtre et verte.
- 12 - 10,25 à 10,45 - Marne argileuse gris-bleu avec sable fin calcaro-quartzeux.
- 13 - 10,45 à 14,50 - Marne argileuse gris-bleu foncé, plastique.
- 14 - 14,50 à 14,85 - Marne calcaire blanchâtre, sèche.
- 15 - 14,85 à 15,45 - Marne argileuse gris-bleu, plastique.
- 16 - 15,45 à 16,85 - Marne argileuse jaune, un peu feuilletée, plastique.
- 17 - 16,85 à 17,55 - Marne calcaire jaunâtre grumeleuse.
- 18 - 17,55 à 18,95 - Marnes jaunes et blanchâtres.

Interprétation :

- 1 - Limons.
- 2 et 3 - Eboulis de pente.
- 3 à 7 - Sables de Fontainebleau.
- 8 - Base argileuse des Sables de Fontainebleau.
- 9 à 11 - Couches de St-Christophe-en-Halatte et Marnes blanches de Pantin.
- 12 à 16 - Marnes bleues d'Argenteuil.
- 17 et 18 - Marnes du « Gypse ».

SONDAGE N° 2

x = 652,30 ; y = 177,23

A l'E du Carrefour de la Croix Morel à l'intérieur du triangle formé par la Route du Faîte, la R.N. 36 et la Laie de Vauquebert.

Sol + 215,10.

- 1 - 0 à 0,20 - Terre végétale.
- 2 - 0,20 à 1,10 - Sable jaune un peu argileux.
- 3 - 1,10 à 2,70 - Argile sableuse jaune et verte feuilletée avec débris de meulrières.
- 4 - 2,70 à 5,45 - Sable jaune, aquifère à partir de 4 m.
- 5 - 5,45 à 5,75 - Argile sableuse vert-bleu et jaune.
- 6 - 5,75 à 6,85 - Argile sableuse bleu-noir chargée en matières organiques.
- 7 - 6,85 à 7,75 - Marne argileuse bleue et jaune avec passée oolithique fossilifère à 7,35 m (*Melanoides nysti* Duch.).
- 8 - 7,75 à 8,65 - Marne blanchâtre avec plaquettes calcaires et granules calcaires.
- 9 - 8,65 à 9,45 - Marne argileuse gris-bleu, avec passée de sable fin calcaro-quartzeux à 9,45.
- 10 - 9,45 à 11,25 - Marne argileuse gris-bleu foncé.
- 11 - 11,25 à 11,55 - Marne argileuse bleu-noir.
- 12 - 11,55 à 11,95 - Marne argileuse gris-bleu.
- 13 - 11,95 à 16,55 - Marne argileuse bleu-noir à gris-bleu.
- 14 - 16,55 à 17,45 - Marne argileuse jaune et gris-bleu.

Interprétation :

- 1 - Terre végétale.
- 2 et 3 - Eboulis de pente.
- 4 - Sable de Fontainebleau.
- 5 et 6 - Base argileuse des Sables de Fontainebleau.
- 7 - Couches de St-Christophe-en-Halatte.
- 8 - Marnes blanches de Pantin.
- 9 à 14 - Marnes bleues d'Argenteuil.

SONDAGE N° 3

x = 652,36 ; y = 177,36

Situation voisine du sondage n° 2.

Sol + 214,90.

- 1 - 0,00 à 0,30 - Humus.
- 2 - 0,30 à 0,90 - Sable fin jaune ocracé, un peu micacé.
- 3 - 0,90 à 1,10 - Sable gris-jaunâtre rubéfié, un peu micacé.
- 4 - 1,10 à 2,00 - Sable blanc et jaune pâle.
- 5 - 2,00 à 3,40 - Sable rougeâtre.
- 6 - 3,40 à 4,00 - Sable grisâtre un peu rubéfié, aquifère.
- 7 - 4,00 à 4,90 - Argile feuilletée gris-bleu et ocre.
- 8 - 4,90 à 5,30 - Argile gris-bleu sombre, plastique.
- 9 - 5,30 à 6,20 - Marne jaunâtre et sable oolithique calcaire jaune.
- 10 - 6,20 à 6,90 - Marne calcaire blanche.
- 11 - 6,90 à 13,80 - Marnes plus ou moins argileuses, de teinte oscillant entre le gris clair et le noirâtre, avec un fond bleu constant, à filets de sable blanc fin pulvérulent ;
à 7 m, marne assez calcaire gris-bleuté clair ;
à 11 m, marne assez calcaire gris clair et argile très peu calcaire bleu-noirâtre.
- 12 - 13,80 à 14,10 - Marne argileuse jaunâtre et gris-bleu sombre.
- 13 - 14,10 à 14,40 - Marne très calcaire gris pâle et jaunâtre.
- 14 - 14,40 à 14,50 - Marne jaunâtre à cassure conchoïde.
- 15 - 14,50 à 15,80 - Argile très peu calcaire brun-verdâtre et jaunâtre, feuilletée.
- 16 - 15,80 à 17,70 - Marne calcaire jaunâtre grumeleuse avec rognons ou plaquettes de calcaire gypseux grisâtre d'aspect saccharoïde, taché de dendrites de manganèse ; filets de sable calcitique (pseudomorphose de gypse saccharoïde sableux), filets d'argile brun-verdâtre feuilletée.
- 17 - 17,70 à 18,60 - Argile brune et verte feuilletée à filets de sable quartzeux jaune ocre et surtout blanchâtre et concrétions calcédonieuses « tuffacées ». Les filets sableux blanchâtres sont fréquemment calcaro-quartzeux et contiennent des traces de gypse ; ils sont surtout développés entre 17,90 et 18,20, puis entre 18,40 et 18,60 ; le sable jaune-ocre uniquement siliceux existe entre 17,70 et 17,90, et entre 18,40 et 18,60. Les concrétions calcédonieuses « tuffacées » ont été rencontrées essentiellement entre 18,40 et 18,60.

- 18 - 18,60 à 20,20 - Marne calcaire compacte jaunâtre, ou crème, à cassure conchoïdale, avec quelques rognons de calcaire gypseux grisâtre d'aspect saccharoïde, principalement entre 18,90 et 19,00.
- 19 - 20,20 à 20,21 - Filet de sable blanc calcaro-quartzeux.
- 20 - 20,21 à 20,50 - Banc de calcaire dur blanchâtre à grain fin, cassure esquilleuse et débit conchoïde fossilifère par place (Mollusques marins dont *Venericardia* cf *sulcata* Sol).
- 22 - 20,60 à 21,00 - Marne argileuse vert kaki à rognons nombreux de calcaire très siliceux, brunâtre, dur, esquilleux d'aspect cristallin.
- 23 - 21,00 à 21,50 - Argile verdâtre et brune feuilletée, un peu grumeleuse avec rognons de calcaire très siliceux d'aspect cristallin comme ci-dessus.
- 24 - 21,50 à 22,00 - Roche dure (?). Pas d'échantillon.

Interprétation :

- 1 - Terre végétale.
- 2 à 6 - Sables de Fontainebleau.
- 7 et 8 - Base argileuse des Sables de Fontainebleau.
- 9 - Couches de St-Christophe-en-Halatte.
- 10 - Marnes blanches de Pantin.
- 11 et 12 - Marnes bleues d'Argenteuil.
- 13 à 17 - Marnes du « Gypse » (2^e masse).
- 18 - Marnes à Lucines.
- 19 - 3^e masse.
- 20 - Calcaire à Pholadomyes.
- 20 à 22 - 4^e masse.
- 23 - Calcaire de St-Ouen.

SONDAGE N° 4

x = 652,20 ; y = 177,32

Situation voisine du sondage n° 2.

Sol + 220 environ.

- 1 - 0 à 0,20 - Terre végétale.
- 2 - 0,20 à 2,90 - Sable jaune ou roux avec blocs de meulière.
- 3 - 2,90 à 3,20 - Sable jaune et vert légèrement humide.
- 4 - 3,20 à 7,40 - Sable jaune verdâtre aquifère à 4 m.
- 5 - 7,40 à 7,70 - Argile sableuse verte et jaune à plages ocreuses.
- 6 - 7,70 à 8,00 - Argile bleue sableuse avec débris coquilliers à la base.
- 7 - 8,00 à 8,20 - Marne argileuse brun-verdâtre à oolithes calcaires et débris coquilliers.

- 8 - 8,20 à 9,30 - Marne blanche et plaquettes calcaires.
- 9 - 9,30 à 16,50 - Marne argileuse gris-bleu de tons variés avec intercalation de calcaire argileux blanchâtre entre 15,40 m et 15,70 m.
- 10 - 16,50 à 16,70 - Marne argileuse jaunâtre compacte.

Interprétation :

- 1 - Terre végétale.
- 2 - Eboulis de pente.
- 3 et 4 - Sables de Fontainebleau.
- 5 et 6 - Base argileuse des Sables de Fontainebleau.
- 7 - Couches de St-Christophe-en-Halatte.
- 8 - Marnes blanches de Pantin.
- 9 et 10 - Marnes bleues d'Argenteuil.

Puits du relais hertzien de Vivières

x = 655,10 ; y = 176,16

Sur l'Allée Royale, entre la Route du Faîte (cote 221,9) et les bâtiments (cote 225).

Sol + 223,50 environ.

- 1 - 0 à 3 - Sable argileux brun-rouge avec débris de meulières.
- 2 - 3 à 4 - Sable fin verdâtre.
- 3 - 4 à 5 - Sable fin roux.
- 4 - 5 à 6 - Sable fin roux et verdâtre.
- 5 - 6 à 7,50 - Sable roux aquifère à partir de 6,20 m.
- 6 - 7,50 à 8,10 - Sable argileux et fin, roux, alternant avec des lits d'argile rousse.
- 7 - 8,10 à 8,30 - Marne ocre et grise « poudreuse ».
- 8 - 8,30 à 8,80 - Marne argileuse kaki et marne calcaire blanchâtre avec passées sableuses et rares oolithes.
- 9 - 8,80 à 14,30 - Marne argileuse, gris-bleuâtre, plastique.

Interprétation :

- 1 - Eboulis de pente.
- 2 à 5 - Sables de Fontainebleau.
- 6 - Base argileuse des Sables de Fontainebleau.
- 7 et 8 - Couches de St-Christophe-en-Halatte et Marnes blanches de Pantin.
- 9 - Marnes bleues d'Argenteuil.

SUCCESSION DES ASSISES OBSERVEES ET EPAISSEURS NOTEES AUX POINTS ETUDIES

Points étudiés	Sge Lefèvre (1)	Sge 1	Sge 2	Sge 3	Sge 4	Puits de Vivières	Carrière Lefèvre (2)	d'Archiac
Assises sol	216	219	215,10	214,90	220	223,5	215 env.	(1843)
Meulières « supérieures »								2 à 3
Sables de Fontenay		s. 7,10	s. 2,75	s. 3,70	s. 4,50	s. 4,50	s. 1,75	12 à 13
Argile sableuse (base des sables)	1	0,35	1,40	1,30	0,60	0,60	0,70	
Couches de St-Christophe-en-Halatte	1,20		0,90	0,90	0,20		s. 0,60	1,50 à 2
Marnes blanches	2,90	1,20	0,90	0,70	1,10	0,70	1,95	
Marnes bleues	s. 8,80	6,60	s. 8,85	7,20	s. 7,40	s. 5,50	s. 2,10	
Marnes du Gypse		s. 2,10		4,50				
Marnes à Lucines				1,60				
Troisième Masse				mém.				
Calcaires à Pholadomyces				0,30				
Quatrième Masse				1,00				
Calcaire de St-Ouen				s. 0,50				3 à 4

(1) Les épaisseurs données par ce sondage toujours trop fortes, montrent que les couches devaient être fortement inclinées en ce point.

(2) Y compris les épaisseurs notées par Mlle M. Girard d'Albissin (1955).

OBSERVATIONS STRATIGRAPHIQUES

SABLES DE FONTAINEBLEAU.

MEULIÈRES « SUPÉRIEURES ».

C'est à dessein que j'utilise ce terme à l'instar de Mlle H. Alimen (1936), en raison de l'incertitude qui règne sur la position stratigraphique réelle des meulières, bien décrites par d'Archiac (1843), qui couronnent la butte de Villers-Cotterets. Aucune exploitation ne paraît actuellement ouverte à ce niveau que je n'ai pu étudier en place ; en particulier il convient d'interpréter comme « éboulis » les meulières citées par Mlle M. Girard d'Albissin (1955) dans sa coupe de la carrière Lefèvre. Mlle H. Alimen (1936) a signalé que les « meulières supérieures » présentaient le faciès de Brie et que leur faune (*Lymnées*, *Hydrobia helicella*, *Chara medicaginula*) ne présentait aucun caractère (absence de *Potamides lamarcki* en particulier) permettant une attribution aux Meulières de Montmorency. Rapprochant ces observations de la faible épaisseur de sables sous-jacents, cette auteur conclut « qu'il est permis de penser que la totalité des sables appartient ici au Stampien inférieur » ; ce qui, sous une autre forme, revient à admettre que les meulières à faciès de Brie, classiquement rapportées par les auteurs au Sannoisien supérieur, sont ici d'âge Stampien inférieur terminal.

Cette hypothèse fort séduisante et plausible, demande encore à être étayée paléontologiquement (ce qui paraît possible, la faune et surtout la flore (charophytes) étant assez abondantes) ; en tout cas, elle est très vraisemblable paléogéographiquement eu égard aux faciès à caractères nettement régressifs, sinon continentaux, que j'ai décrits bien plus au Sud dans le Stampien supérieur du Parisien (C. Cavellier 1962).

Par ailleurs, mes recherches (inédites) montrent en accord avec les résultats déjà obtenus par Mlle H. Alimen (1936) que le Stampien supérieur marin est pratiquement localisé dans l'Est et le Sud du Bassin Parisien où il transgresse le Stampien inférieur, à la suite d'un mouvement de « baseule » important (contemporain du dépôt des sables à galets d'Etrechy, de Corneilles, etc...), qui entraîne par ailleurs l'émersion progressive de la partie N du Bassin.

J'ai peu d'observations nouvelles à indiquer sur cette assise constituée essentiellement de sables jaunâtres, roux ou verdâtres, fins, micacés, parfois un peu argileux surtout à la base. Le faciès représenté ici est celui des Sables de Fontenay. Mlle H. Alimen (1936) signale avoir rencontré dans la tranchée de la route de Villers-Cotterets à Taillefontaine, à 10 m au-dessus de la Marme verte, un niveau de sables ferrugineux teintés en violet présentant les caractères pétrographiques d'un sable éolisé (« pouvant traduire une émergence »), surmonté par un lit de meulière (faciès de Brie) qu'elle « croit en place », au-dessus il y aurait encore 5 m de sables stampien, puis les Meulières supérieures (voir ante).

Le point exact où Mlle H. Alimen a effectué cette observation de grand intérêt théorique mais qui demande sérieuse confirmation, n'est pas indiqué avec précision ; il est cependant vraisemblable qu'il s'agit de la tranchée précédant la jonction de la route précitée et de la Route du Faîte, immédiatement avant le Carrefour des Quatre Gardes (cote 216,2), en venant de Villers-Cotterets⁽¹⁰⁾ (cette tranchée est, en effet, la seule de la route qui sectionne des Sables de Fontainebleau plus ou moins en place). Cependant en ce point qui n'est situé qu'à 6-8 m au-dessus des Couches de St-Christophe-Halatte (visibles à la cote 210), on n'observe que des sables jaunâtres remaniés, violacés superficiellement au contact du sol sableux très peu épais avec blocs de meulières.

Aucun dépôt sableux ne vient se superposer naturellement aux formations superficielles décrites ci-dessus, cette coupe étant d'ailleurs prise pratiquement au point le plus haut de la route.

Par ailleurs, en admettant qu'il y ait erreur dans les épaisseurs données par Mlle H. Alimen qui estime l'épaisseur du sable dans ce secteur à 10 + 5 = 15 m (alors qu'elle ne dépasse pas 8 m) et que le niveau de meulières soit intercalé vers la base des sables, il n'est pas douteux que les sondages effectués à l'Ouest, ou le puits du relais hertzien de Vivières situé à l'Est, auraient dû rencontrer cette intercalation de roche dure, ce qui n'a pas été le cas.

Il est difficile de conclure sans penser à une confusion possible.

(10) x = 653,85 ; y = 176,5.

ARGILE DE BASE DES SABLES DE FONTAINEBLEAU.

Je n'ai pu examiner ce dépôt très intéressant dans les anciennes carrières Lefèvre où il est actuellement masqué par des éboulis sableux. Cependant, la coupe donnée par Mlle Girard d'Albissin (1955) et les renseignements communiqués par M. Lefèvre montrent qu'il s'agit en ce point d'une argile sableuse verte et jaunâtre, assez ferrugineuse ou ocreuse, à filets de sable blanc fin, dans la partie supérieure.

Une analyse de ce niveau, dit « terre à mitron », communiquée par M. Lefèvre, confirme les observations précédentes :

Analyse de la « terre à mitron » de la carrière Lefèvre :

Si O₂ = 64,33 ; Ti O₂ = 1,32 ; Al₂ O₃ = 17,30 ; Fe₂ O₃ = 6,94 ; Ca O = 1,28 ; Mg O = 0,91 ; SO₃ = 0,78 ; K₂ O = 0,60 ; Na O = 0,39 ; Perte au feu = 6,38.

Dans les sondages où cet horizon a été traversé, il se présente généralement sous forme de 2 couches distinctes d'argile sableuse ; la supérieure, parfois feuilletée, bleuâtre ou verdâtre, tachée de jaunâtre ou d'ocre, finement sableuse avec filets de sable blanc, et l'inférieure généralement bleuâtre, plus plastique, fortement sulfurée, parfois chargée en matières organiques (Sge 2), présentant en un point quelques débris coquilliers à la base (Sge 4) (11). Mlle M. Girard d'Albissin (1955) et les auteurs qui citent l'« Argile verte », sans description, dans la Butte de Villers-Cotterets, lui rapportaient vraisemblablement cet horizon.

Or il n'est pas douteux que ce dépôt argilo-sableux ne possède aucun caractère, en dehors de sa couleur principalement verte à l'affleurement, qui puisse étayer ce rapprochement.

La couche supérieure qui se relie intimement aux Sables de Fontainebleau à faciès Fontenay, ne peut en être détachée ; elle joue ici un rôle identique à celui de la partie supérieure de « l'Argile à Corbules de Frépillon » auprès des « Sables et Grès de Cormeilles », à Cormeilles-en-Parisis (C. Cavelier 1962).

(11) Ces débris peuvent appartenir au niveau sous-jacent.

La couche inférieure, aux caractères voisins de la précédente, peut éventuellement être considérée comme la base du même niveau, par analogie avec la coupe de Cormeilles déjà citée ; cependant l'absence de faune à caractère franchement marin ne permet pas d'affirmer un rapprochement qui pourrait également être fait avec les Marnes à Huîtres ou le Calcaire de Sannois.

COUCHES DE ST-CHRISTOPHE-EN-HALATTE.

Sous les dépôts précédents viennent des couches peu épaisses de marne jaunâtre et de marnes argileuses feuilletées brunâtres et vertes, à débris coquilliers (Cyrènes ?, *Melanoides nysti* Duch.) et Ostracodes, fréquemment interrompues par des lits ou des accumulations d'oolithes calcaires bien décrites par Mlle M. Girard d'Albissin (1955). Il est peu douteux qu'il faille assimiler ces dépôts aux Couches de St-Christophe-en-Halatte, que Mlle M. Girard d'Albissin (1955) a replacées au niveau de l'« Argile verte de Romainville ».

MARNES BLANCHES DE PANTIN.

Mlle M. Girard d'Albissin (1955) ne décrit pas ce niveau reconnu par elle à la carrière Lefèvre. J'ai donné plus haut la coupe que j'ai relevée au même endroit ; on y peut noter l'existence d'un filet de sable blanc pulvérulent et d'un calcaire dur, crême, sublithographique non retrouvé dans les sondages qui ont montré au contraire l'existence de plaquettes calcaires. Le fait le plus intéressant est l'intercalation simple ou multiple de couches d'argile feuilletée brunâtre et verte présentant au sondage 1 des lits d'oolithes calcaires blanches, semblables à celles de l'assise ci-dessus.

MARNES BLEUES D'ARGENTEUIL.

Il est étonnant que cette assise bien développée n'ait pas encore été signalée dans la Butte de Villers-Cotterets où elle présente des caractéristiques très voisines de celles de la région parisienne.

Elle est constituée principalement de marnes argileuses bleuâtres de tons variés, à teneur en Al₂ O₃ variable, mais généralement assez élevée pour permettre son emploi local en briqueterie (« Terre de Bonneuil »).

Voici, à titre indicatif, une analyse de cette terre communiquée par M. Lefèvre :

Analyse de la « Terre de Bonneuil » (Carrière Lefèvre) :

Si O₂ = 44,19 ; Ti O₂ = 0,14 ; Al₂ O₃ = 16,37 ; Fe₂ O₃ = 5,49 ; Ca O = 13,14 ; Mg O = 2,16 ; SO₃ = 0,57 ; K₂ O = 0,33 ; Na O = 0,65 ; Perte au feu = 17,26.

A l'affleurement, la couleur « bleue » disparaît par oxydation et seules des « marnes » jaunâtres sont visibles.

Dans les sondages, il est intéressant de remarquer que la base de la formation est toujours jaune, comme dans la région parisienne où elle repose sur la Haute Masse du Gypse. D'autre part, on peut noter l'existence de filets de sable blanc calcaire-quartzueux, parfois un peu gypseux, toujours très fin et pulvérulent, irrégulièrement répartis dans la masse ; ces sables représentent vraisemblablement des résidus insolubles, de dissolution de petites intercalations gypseuses (« Les chiens »). Enfin, une petite intercalation de marne calcaire blanchâtre a été rencontrée par deux sondages (Sge 1 et Sge 4), vers la base de l'assise.

LE « GYPSE » ET SES MARNES.

Cette série traversée en totalité par le sondage 3, approfondi grâce au B.R.G.M., se montre essentiellement constituée par une alternance de marnes calcaires jaunâtres grumuleuses ou compactes et d'argiles feuilletées brunes et vertes.

L'ensemble est « accidenté » de nombreux témoins laissés par la dissolution du gypse : filets de sable calcitique ou calcaire-quartzueux fin et pulvérulent, concrétions calcédonieuses « tuffacées », rognons ou plaquettes de calcaire gypseux « saccharoïde ».

La « présence » ancienne du gypse est encore attestée par l'état extrême de bouleversement présenté par les terrains de couverture non seulement sur les pentes (abandon de la carrière Lefèvre pour cette raison), mais aussi sur les points hauts où ont été exécutés les sondages. Une campagne complémentaire de sondages à la tarière destinée à déterminer les variations d'épaisseur de la couverture (éboulis et Sables de Fontainebleau) dans le secteur des sondages 2, 3 et 4, a montré d'importantes inégalités dans l'altitude relative du toit des Marnes bleues d'Argenteuil, dès que l'on s'éloignait de la zone axiale de la Butte. Par ailleurs, il est bon de constater que le puits du relais hertzien de

Vivières, qui débute à la cote 223,5, a traversé les Sables de Fontainebleau sous une épaisseur identique (4,50) que le sondage 4 (départ à 220 environ) et à peine supérieure à celle rencontrée par le sondage 3 (départ à 214,90) tandis que le sondage 1 qui démarrait à la cote 219, a rencontré 6,20 m de sable.

Dans ce cas, plutôt qu'à des phénomènes d'ordre tectonique (qui existent peut-être aussi), je pense qu'on peut attribuer les irrégularités de niveau (et d'épaisseur) constatées, à la dissolution en profondeur des masses gypseuses.

Il est possible par ailleurs que cette dissolution ne soit pas complète sous les points les plus hauts (241,3 à l'W, au NE de Bonneuil-en-Valois, 231,2 à l'E à l'observatoire de Reaumont), l'épaisseur maximum des Sables de Fontainebleau (12 à 15 m) et des Meulnières (2 à 3 m) notée par les auteurs laissant la place à 6-8 m de gypse sous la cote 241,3...

L'étude de la répartition des témoins de dissolution du gypse permet de penser que la Haute Masse n'existait pas (ou était très réduite) car aucun « résidu » gypseux n'a été rencontré dans les marnes immédiatement sous-jacentes à la base (jaune) des Marnes bleues d'Argenteuil ; c'est donc la Seconde Masse qui était probablement la mieux représentée.

Il convient par ailleurs de constater l'analogie de faciès des marnes compactes jaunâtres ou crémes rencontrées par le sondage 3 entre 18,60 et 20,20 m de profondeur, avec les « Marnes à Lucines » et de noter qu'un mince filet de sable blanc calcaire-quartzueux pouvant représenter la « Troisième Masse » s'intercale entre cette couche et le niveau de calcaire marin sous-jacent (Calcaire à Pholadomyes).

CALCAIRE A PHOLADOMYES.

Par analogie avec les coupes levées dans la Forêt de Halatte, le calcaire marin à *Venericardia* cf. *sulcata* Sol. traversé par le sondage 3 entre 20,20 et 20,30 m de profondeur, doit très probablement représenter ici les « Marnes à Pholadomyes », dont la découverte à la base du Ludien de cette région septentrionale du Bassin de Paris est particulièrement intéressante en matière de paléogéographie.

QUATRIÈME MASSE.

Un mètre de couches constituées principalement par des argiles vertes et brunes feuilletées avec une intercalation de marne argileuse vert kaki, l'ensemble étant chargé de rognons de calcaire siliceux, sépare le Calcaire à *Venericardia* cf. *sulcata* Sol. d'une roche dure représentant très vraisemblablement la partie supérieure du Calcaire de St-Ouen. Il est difficile de donner une attribution précise à cette série dont le faciès (argiles feuilletées) est analogue à ceux déjà mentionnés au niveau des Marnes blanches de Pantin et surtout dans la série du Gypse, montrant ainsi dans tout cet ensemble indissociable, le retour fréquent à des conditions de sédimentation identique (« dépôt » chimique non perturbé).

Par leur position stratigraphique, on peut considérer que ces couches représentent ici les Sables de Marines (Vexin) ou de Monceau (Parisien) sous un faciès latéral (peut-être de lagune sursaturée, par analogie avec la série du Gypse sus-jacente). En conséquence, je pense que c'est encore avec le faciès de la « Quatrième Masse » de la région parisienne que ces couches ont le plus de rapport, les rognons de calcaire siliceux pouvant n'être en fait que des pseudomorphoses gypseuses.

CALCAIRE DE ST-OUEN.

J'ai peu de chose à ajouter sur cette formation visible en affleurement et déjà décrite par les auteurs précédents. Par analogie avec les altitudes notées aux affleurements, on peut fort vraisemblablement attribuer à ce niveau la « roche » dure dans laquelle a été arrêté le sondage 3 et dont aucun échantillon n'a été remonté. Par ailleurs, L. et J. Morellet (1948), sans donner de coupe précise, signalent une intercalation marine à Cérithes et Pélécy-podes (? *Corbula angulata* Lmk.). Si cette dernière détermination était vérifiée, on pourrait, comme l'ont fait ces auteurs, attribuer avec certitude ce niveau à l'Horizon de Mortefontaine ; mais dans le doute, il convient peut-être de rapprocher cet horizon marin du Calcaire à *Venericardia* cf. *sulcata* Sol., signalé plus haut. De nouvelles recherches pourraient sans doute aisément éclaircir ce petit problème.

SABLES DE BEAUCHAMP.

Bien qu'il ne soit pas dans mon propos d'étudier ici les Sables de Beauchamp (s.l.) auxquels

d'Archiac assigne 52 à 53 m d'épaisseur, je crois utile de signaler qu'on y retrouve la trilogie notée antérieurement dans la Forêt de Halatte (C. Cavalier 1960).

- Grès et sables blancs ou violacés à faciès de Fleurines = Sables de Beauchamp (s.s.).
- Argile de Villeneuve-sur-Verberie (— « Zone d'Ermenonville »).
- Sable « roux » (= Sables d'Auvers-Guépelle).

En particulier, l'Argile de Villeneuve-sur-Verberie est bien visible vers la cote 140 à l'emplacement d'une ancienne carrière qui était ouverte en bordure E de la route de Villers-Cotterets à Taillefontaine, 900 m environ au SE du clocher de ce village (12). D'épaisseur comprise entre 1 et 2 m, elle se présente sous forme d'argile sableuse plastique verte, parfois oxydée en jaunâtre, à filets sableux. M. Lefèvre m'a par ailleurs affirmé la connaître en plusieurs points de la région, en particulier au voisinage de sa briqueterie de Bonneuil-en-Valois.

CONCLUSIONS

Si l'on compare aux connaissances antérieures le résumé stratigraphique présenté plus bas, il est évident que l'étude des carrières, des affleurements et surtout des sondages, a apporté un certain nombre de faits nouveaux. On peut noter spécialement la présence de la base argileuse des Sables de Fontenay et par contre-coup l'absence de l'Argile verte (s.s.) représentée seulement par les Couches de St-Christophe-en-Halatte, l'absence du Calcaire de Brie, la présence de Marnes supragypseuses bien développées, en particulier les Marnes bleues, l'existence d'une série « gypseuse » probablement assez complète originellement en dehors de l'absence vraisemblable de la Haute Masse, la découverte d'un calcaire marin fossilifère au niveau des Marnes à Pholadomyes et enfin celle de l'Argile de Villeneuve-sur-Verberie. Enfin, sans vouloir étudier cette question, je signalerai les nombreux points communs qui existent entre la succession stratigraphique décrite ici et celle que j'ai pu établir en étudiant le Mont Pagnotte, points qui m'ont permis parfois d'asseoir les interprétations proposées dans cette note.

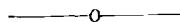
(12) x = 651,8 ; y = 178,35.

RÉSUMÉ DE LA SUCCESSION STRATIGRAPHIQUE ET DES ÉPAISSEURS :			
Meulière « supérieures »	2 à 3 (litt.)	Marnes du Gypse (Seconde Masse)	4,50
Sables de Fontainebleau (faciès Fontenay)	12 à 15 (litt.)	Marnes à Lucines	1,60
Argile sableuse de base	0,35 à 1,40	Troisième Masse	mém.
Couches de St-Christophe-en-Halatte	0,20 à 0,90	Calcaire à Pholadomyes	0,30
Marnes blanches de Pantin	0,70 à 1,95	Quatrième Masse	1,00
Marnes bleues d'Argenteuil	6,60 à 8,85	Calcaire de St-Ouen (avec H. de Mortefontaine ?)	3 à 4 (litt.)
		Sables de Beauchamp (faciès Fleurines)	40 ?
		Argile de Villeneuve-sur-Verberie	1 à 2
		Sables « roux »	10 ?

} 52 à 53 (litt.)

BIBLIOGRAPHIE

- ALIMEN (Mlle H.) (1936). — Etude sur le Stampien du Bassin de Paris. *Mém. S.G.F.*, n° 31, 309 p., 7 pl. (Thèse).
- D'ARCHIAC (1843). — Description géologique du département de l'Aisne. *Mém. S.G.F.*, 1^{re} série, t. V, 2^e partie, p. 129 à 314.
- CAVELIER C. (1960). — L'Argile de Villeneuve-sur-Verberie (Oise). *Bull. Soc. Amic. Géol. Amateurs*, n° 18-19, (fascicule spécial).
- CAVELIER C. (1962). — L'Oligocène marin des Buttes de Cormeilles, Sannois, Argenteuil (S.-et-O.). *Pré-tirages 1^{er} Coll. du Paléogène Bordeaux*.
- DENIZOT G. (1927). — Les formations continentales de la région orléanaise, Vendôme, 582 p., 11 pl. (thèse).
- GIRARD D'ALBESSIN (Mlle M.) (1955). — Etude du Sannoisien de l'Île-de-France. *Ann. du Centre d'Et. et de Doc. Paléontol.*, n° 11, 142 p., 5 cartes (D.F.S.).
- MORELLET L. et J. (1948). — Le Bartonien du Bassin de Paris. *Mém. Serv. Carte Géol. de France*, Paris, 438 p., 1 pl.
- POLVÊCHE J. (1961). — Enquête géologique et hydro-géologique sur le département de l'Aisne. *Bull. hist. nat. d'Hygiène*, t. 16, n° 2, p. 444 à 508.
- RAULIN (1838). — Sur la Forêt de Villers-Cotterets. *B.S.G.F.* (1), t. IX, p. 346.
- SOYER R. (1947). — L'extension du Calcaire de Brie dans le Nord de l'Île-de-France. *Bull. Muséum Hist. Nat.*, 2^e série, t. XIX, n° 1, p. 121 à 124.
- THOMAS H. (1897). — Révision de la feuille de Soissons. *B.S.C.G.F.*, t. IX, C.R. Coll. pour 1897, n° 59, p. 13-16.



SOCIÉTÉ
GÉOLOGIQUE
DU
NORD

ANNALES

Tome LXXXIII

1963

4^{me} trimestre

VOLUME PUBLIÉ AVEC LE CONCOURS DU
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD
23, RUE GOSSELET
LILLE

CONSEIL D'ADMINISTRATION

— 1963 —

<i>Président d'Honneur</i>	M. P. PRUVOST
<i>Président</i>	M. J. POLVÊCHE
<i>Vice-Présidents</i>	M. A. BEUGNIES
	M. J. DANZÉ
	M. C. DELATRE
<i>Secrétaire</i>	M. J. PROUVOST
<i>Secrétaire-adjoint</i>	M. J. PAQUET
<i>Trésorier</i>	M. l'Abbé TIEGHEM
<i>Délégué aux publications</i>	M. P. CELET
<i>Archiviste-bibliothécaire</i>	M. E. MÉRIAUX
<i>Conseillers</i>	M ^{lle} LE MAÎTRE
	M. DUMON
	M. BOUROZ
	M. RICOUR
	M. J. CHALARD
	M. G. WATERLOT

A N N A L E S
DE LA
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD

publiées avec le concours du Centre national de la Recherche scientifique

Société fondée en 1870 et autorisée par arrêtés en date des 3 Juillet 1871 et 28 Juin 1873

23, rue Gosselet, Lille — Tél. 53.05.38 — C.C.P. Lille 5 247

Compte rendu de l'activité de la Société

SEANCE DU 6 NOVEMBRE 1963

PRÉSIDENTIE DE M. BEUGNIES, VICE-PRÉSIDENT

Le Vice-Président proclame membres de la Société :

- M. R. DU DRESNAY, Service géologique du Maroc, Direction des Mines et de la Géologie, Rabat (Chellah), présenté par MM. Polvéche et Waterlot.
- M. H. HOLLARD, Service géologique du Maroc, Direction des Mines et de la Géologie, Rabat (Chellah), présenté par M. G. Waterlot et M^{lle} Le Maître.
- M. G. SUTER, Service géologique du Maroc, Direction des Mines et de la Géologie, Rabat (Chellah), présenté par MM. G. Waterlot et Polvéche.
- M. J. DESTOMBES, Service géologique du Maroc, Direction des Mines et de la Géologie, Rabat (Chellah), présenté par MM. J.P. Destombes et G. Waterlot.
- M^{lle} S. WILLEFERT, Service géologique du Maroc, Direction des Mines et de la Géologie, Rabat (Chellah), présentée par MM. Waterlot et Polvéche.
- M^{me} L. ROUSSELLE, Institut de Géologie, Faculté des Sciences, Rabat (Maroc), présentée par MM. G. Waterlot et Dubar.

Communications orales

- E. MÉRIAUX. — Caractères pétrographiques des houilles du sondage de Loos 5 (Groupe de Lens-Liévin).
- S. LOBOZIAK. — Le genre *Colisporites* POR. et KR. dans le bassin houiller du Nord de la France
- J. CLÉMENT. — Résultats préliminaires des campagnes géophysiques de reconnaissance dans les permis de recherche « Arras et Avesnes » de l'Association Shell Française - P.C.R.B. - SAFREP. Objectifs du forage profond Jeumont-Marpent n° 1.
- J.M. CHARLET. — La thermoluminescence des roches et son utilité en géologie.

SEANCE DU 4 DECEMBRE 1963

PRÉSIDENCE DE M. BEUGNIES, VICE-PRÉSIDENT

M. BEUGNIES, Vice-Président, proclame membres de la Société :

M. WAGNER, 2 Winchester Road, Sheffield (Angleterre), présenté par MM. Beugnies et J. Prouvost.

M. DESREUMAUX Christian, 22, rue Arago à Tourcoing (Nord), présenté par MM. Delattre et Dollé.

LABORATOIRE DE GÉOLOGIE DES GRANDES RÉGIONS DU GLOBE, Paris, présenté par MM. Chalard et Feys.

Conformément aux statuts, la Société procède au tour indicatif pour l'élection du premier vice-président pour l'année 1964.

Les résultats sont les suivants :

M. P. CELET	26 voix
M. J. DANZÉ	5 voix
M. P. DOLLÉ	5 voix
M ^{me} DEFRETIN	1 voix
M ^{gr} DEPAPE	1 voix

Communications orales

D. BRICE et D. LAURENTIAUX. — Une Sauterelle Mio-Pliocène de l'Ardèche.

H.L. et G. MENNESSIER. — Carte structurale des plissements provençaux de la région de Salernes (Var) établie en perspective.

G. WATERLOT. — Le Crétacé de la région N et NE de Maubeuge.

P. CELET. — Extension de la zone du Parnasse en Grèce méridionale (Stratigraphie).

A. BOUROZ. — Présence d'un niveau kaolinique dans le Namurien de Picardie.

D. LIMACHER. — A propos de la formation de minéraux secondaires lors de la combustion des charbons.

Présentation d'ouvrages

Gérard DASSONVILLE. — Contribution à la connaissance géologique de la bordure cévenole de basse Ardèche. Thèse d'Université, Lille.

Jean PROUVOST. — Transformations expérimentales des sulfures métalliques naturels. Thèse de doctorat d'Etat, Paris, *Bulletin de la Société française de Minéralogie*, 1960, p. 265-294.

Paul CELET. — Contribution à l'étude géologique du Parnasse-Kiona et d'une partie des régions méridionales de la Grèce continentale. Thèse, Lille, 1961, *Ann. géol. Pays hellén.*, t. XIII, 1962, 446 p., 130 fig., 6 tab., 37 pl. phototyp., 15 pl. h.-t. dont 1 carte géol. coul. au 200.000^e.

La région du Parnasse était restée à l'écart des travaux géologiques modernes. Le travail présenté est avant tout une monographie géologique régionale s'étendant, en diagonale, du Golfe de Corinthe au Golfe d'Eubée. Dans cet ouvrage, l'auteur s'est efforcé de définir la position de la zone du Parnasse-Kiona, par rapport à l'ensemble des zones isopiques de la Grèce méridionale, et de la situer dans l'édifice tectonique des Hellénides.

L'ouvrage comprend quatre parties :

Dans la première partie (Introduction) sont évoquées les conditions de travail ainsi que les précédentes découvertes géologiques particulières à la région étudiée.

La deuxième partie est consacrée à l'analyse stratigraphique des principales séries lithologiques types. Après une étude critique des travaux récents relatifs aux formations cristallophylliennes et paléozoïques d'Attique et d'Eubée, l'auteur décrit, à l'aide de coupes détaillées, les différentes zones isopiques. Il démontre ainsi l'existence, sur une grande transversale orientée SW-NE, de passages latéraux de faciès entre la zone du Pinde et la zone du Parnasse-Kiona d'une part, entre cette dernière et la zone subpélagonienne d'autre part. L'évolution paléogéographique de la Grèce méridionale du Trias à l'Eocène est esquissée. L'existence d'un domaine occidental à faciès pélagiques et d'un domaine oriental à faciès néritiques jusqu'au Jurassique supérieur fait apparaître la dualité entre les zones externes et internes, dualité qui existait déjà au début de l'ère secondaire. Cette différenciation fondamentale n'a fait que s'affirmer après l'épanchement des ophiolites sur la marge subpélagonienne.

Parmi les résultats essentiels obtenus du point de vue stratigraphique, il y a lieu de souligner la découverte dans le Kallidromon de niveaux fossilifères, qui permettent d'attribuer un âge kimméridgien au soubassement des roches vertes.

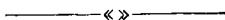
Enfin, fait capital, l'alignement des ophiolites marque nettement l'indépendance de ces roches magmatiques par rapport au sillon du Pinde ; la mise en place de ces roches paraissant surtout liée aux grandes fractures de l'écorce terrestre.

La troisième partie traite essentiellement des accidents tectoniques de la Grèce méridionale. Cette région comprend un domaine occidental autochtone (Klokova et Varassova) caractérisé par un style lourd et cassant et un domaine oriental allochtone (Pinde étolique, Parnasse, Kiona, Iti et Kallidromon) formé de trois nappes superposées, restées dans leur situation paléogéographique relative, se succédant d'ouest en est dans l'ordre suivant : nappe du Pinde étolique, nappe du Parnasse-Kiona et nappe subpélagonienne. D'après les renseignements fournis par l'étude des niveaux fossilifères découverts dans le Flysch des régions orientales, le décollement de la couverture se serait produit postérieurement à l'Eocène supérieur. Enfin, une phase de diastrophisme tardive, indépendante des déformations précédentes, est responsable des dislocations, des effondrements et du style structural propre au secteur oriental étudié.

Tous ces faits sont résumés dans les conclusions qui constituent la quatrième partie de cet ouvrage et synthétisés sur la carte géologique au 1/200.000^e annexée au mémoire. De nombreuses planches photographiques sont consacrées à l'illustration des faciès ou des microfaciès pétrographiques ainsi qu'à la figuration de la faune et de la microfaune.

Ce volume est publié à Athènes dans les *Annales géologiques des Pays helléniques* par le Professeur M.K. MITZOFILOU, Membre de l'Académie d'Athènes, Directeur du Laboratoire de Géologie et Paléontologie de l'Université.

M. Ch. DELATRE présente le lexique international de pétrographie des charbons (voir p. 296).



Caractères pétrographiques des houilles du sondage Loos 5 (Groupe de Lens-Liévin)

par Emile MÉRIAUX (1)

(2 tabl., 1 fig., 1 Pl.)

Sommaire. — Les analyses pétrographiques qualitative et quantitative de houilles provenant du sondage Loos 5 effectué dans le Groupe de Lens-Liévin permettent de préciser la nature de ces combustibles et d'en suivre l'évolution sur une verticale. La corrélation de veines de houille par des analyses macérales quantitatives est envisagée.

Les houilles étudiées proviennent du bassin du Nord et du Pas-de-Calais et plus précisément du sondage Loos 5 effectué récemment dans le Groupe de Lens-Liévin (2) [Coordonnées Lambert (zone I) : $x = 632,56$; $y = 306,95$; $z = 38$]. Ce matériel est constitué de nombreux fragments de carottes de sondages. Les échantillons, bien repérés en profondeur, sont attribués au Westphalien A, B et C. J'ai consigné dans le tableau I quelques-uns des caractères chimiques et techniques de ces combustibles : teneur en matières volatiles (% MV), teneur en cendres (% C) et indice de gonflement (I.G.). Les caractères chimiques de ces charbons m'ont été fournis par le Laboratoire Central du Groupe de Lens-Liévin. Les teneurs en matières volatiles sont comprises entre 12 et 26 %. Par conséquent, ces charbons appartiennent aux houilles maigres anthraciteuses (= 1/gras - échantillons du Westphalien A et B) et aux houilles grasses à courte flamme (= 3/4 gras - échantillons du Westphalien C) de la classification de A. Gruner (1874). Ces houilles correspondent aux classes 2, 3 et 4 du système international établi en 1956.

(1) Assistant à la Faculté des Sciences de Lille.

(2) Si j'ai pu rassembler un matériel d'étude aussi important, c'est grâce à l'accueil bienveillant et à l'aide précieuse de M. A. Bouroz, Chef du Service Géologique des H.B.N.P.C. Qu'il me permette de lui adresser ici mes très vifs remerciements. Que les Ingénieurs, Chefs d'Établissements et les Ingénieurs-Géologues des différents groupes d'exploitation veuillent bien trouver ici l'expression de ma profonde gratitude. Toute ma reconnaissance va encore à M. F. Legrand, Chef-géomètre géologue, qui me guide lors des nombreux échantillonnages que je suis amené à effectuer sur toute l'étendue du Bassin Houiller.

I. — TECHNIQUES D'ÉTUDE

A) PRÉPARATION DES SURFACES POLIES.

Les échantillons, débités à la scie à diamant perpendiculairement à la stratification, sont enrobés dans une résine. Découpés à nouveau en blocs, dont on brise les arêtes à la lime, ils sont alors dégrossis sur des papiers émeri à grains décroissants (papier

SONDAGE LOOS 5 — Groupe de LENS-LIEVIN						
Etage	N° Ech.	Profondeur (m)	% MV	% C	I.G.	
Z L I E V I N	C	17	167,40	26	8	9
		16	174	24,8	6,5	9
		12	309,50	18,5	10	-
		14	326	19,7	8,6	9
		11	346,20	18,2	11,2	-
		15	358,75	20,9	6	9
		13	365	18,8	7,5	-
		465	R i m b e r t			
H I E R S I E	B	7	469,85	16	9,8	5
		9	493	16,9	2	8
		10	509,10	17,10	1,1	5
		8	518 S. sup.	16,7	2,4	4,5
		6	518 S. inf.	15,7	6	4
		4	562	13,4	6,6	2
W E S T P H A L I E N	A	3	718,40	13,4	13,8	-
		2	728,25	12,3	11,4	-
		1	754	12	4	3

Tableau 1. — ORIGINE, CARACTÈRES TECHNIQUES et CHIMIQUES

waterproof 240 A, 400 A et 600 A). A ce stade, les échantillons sont encore finement striés. Le dégrossissage est alors parachévé sur verre dépoli à l'aide de potée d'émeri ultra-fine (auto-usure sélective de A. Duparque 1933).

Quant au polissage, il est réalisé en deux temps : un *polissage préparatoire* sur drap de billard à l'alumine 48 h (Durmax) ou mieux, sur feutre à l'oxyde de chrome dilué, et un *polissage final* sur feutre à l'alumine (Tonerde I, II, et si cela est nécessaire Tonerde III). On procède alors au nettoyage sur feutre à l'eau, au rinçage à l'eau distillée et au séchage. Cette dernière opération se fait par application, sans frottement, de la surface polie sur un papier filtre propre. A l'exception des houilles très pyriteuses ou riches en matières minérales, le poli obtenu est pratiquement sans stries.

B) PRÉPARATION DES ÉCHANTILLONS EN GRAINS.

Les analyses quantitatives des charbons du sondage Loos 5 ont été réalisées sur des échantillons en grains (Pl. XXV, fig. 1). La technique de préparation de tels échantillons est la suivante : les fragments de charbon, représentant ici un pilier plus ou moins complet pour chaque veine, sont broyés mécaniquement puis tamisés. La fraction de granulométrie supérieure à 0,8 mm est broyée à nouveau dans un mortier puis tamisée. Cette opération est répétée jusqu'à ce que tout le charbon présente une granulométrie inférieure à 0,8 mm (AFNOR, module 30). La fraction inférieure à 0,8 mm est alors rendue aussi homogène que possible en la faisant « rouler » sur une feuille de papier. 25 g de ce mélange sont prélevés et inclus dans 50 g de résine d'enrobage. Afin d'éviter une sédimentation de grains, l'ensemble charbon-résine est continuellement mêlé en prenant bien soin de ne pas y emprisonner des bulles d'air. Au bout de 5 à 10 minutes, la résine commence à se polymériser. La pâte est coulée dans un moule. L'échantillon durci est démoulé puis gravé. Coupé en deux, il est alors poli selon la technique décrite précédemment.

C) TECHNIQUES D'OBSERVATION.

Les surfaces polies des échantillons enrobés, massifs ou en grains ont été examinées au microscope métallographique à sec, fond clair et fond noir, ainsi qu'à l'aide d'objectifs à immersion dans l'huile. Les échantillons sont montés à la pâte à modeler sur une plaque de verre de telle sorte que

leur surface polie soit rigoureusement perpendiculaire à l'axe du microscope. Les échantillons en grains sont étudiés à l'aide d'une surplatine à comptage de points. J'ai évidemment suivi les normes définies par la Commission des Analyses du Comité International de Pétrographie Houillère (1963). Au minimum, 500 points sont analysés et j'ai matérialisé les résultats obtenus sur les histogrammes du tableau II. Il ne m'est évidemment pas possible de donner la composition macérale exacte des veines rencontrées en sondage et plus particulièrement des veines 174 m (3), 469,85 m et 644,05 m, car les carottes dont je dispose sont incomplètes et fragmentées. Dans ces conditions, l'analyse qualitative du profil des veines est irréalisable et la description sommaire que je fournis n'est valable que pour les échantillons mis à ma disposition.

II. -- DESCRIPTION PETROGRAPHIQUE

Il est généralement admis que, qualitativement et sauf en de rares exceptions, « les caractères pétrographiques généraux des veines de houille sont constants du toit au mur » (A. Duparque, 1933, p. 353). Il faut néanmoins reconnaître que de manière beaucoup plus rigoureuse, les patientes et minutieuses analyses pétrographiques quantitatives, selon le profil des veines, ont révélé des variations de composition non négligeables [P.A. Hacquebard (1943), C. Abramski, M. Th. Mackowsky, W. Mantel et E. Stach (1951, p. 267), Iniehar (1955), R. Noël (1956), B. Alpern (1959, p. 248), J.G. Prado et V. Hevia Rodriguez (1960), Cl. Diessel (1961)]. Je donnerai tout d'abord une description pétrographique d'ensemble (analyse qualitative) des différents échantillons, puis les résultats de l'analyse quantitative effectuée sur les échantillons en grains.

A) ANALYSE QUALITATIVE.

1) Veine 167,40 m.

Les constituants essentiels de cette veine sont représentés par le groupe de macéraux fusinite-semifusinite, micrinites fine et massive associé à la collinite.

La micrinite fine, certes facilement discernable à l'observation à l'immersion, m'est apparue plus nettement encore à l'observation à sec et à fond

(3) Nous entendons par là : Veine rencontrée en sondage à 174 m de profondeur.

noir. Très finement granulaire, stratifiée, sans relief, très abondante, elle moule parfaitement la micrinite massive. La collinite cimente cette inertinite. L'ensemble constitue des lits de *vitrinertite typique*. De fines bandelettes de vitrinertite et de vitrinite alternent, et des lentilles de fusinite intacte ou partiellement semifusinitisée (tissus ligneux dont les bords sont à l'état de semifusinite alors que la région centrale plus évoluée apparaît à l'état de télinite) ou bien encore de rares lames de fusinite s'intercalent entre ces bandelettes. Il existe aussi des lits de sporinite. Cependant, la faible différence de luminosité entre ce matériel d'une part et la vitrinite et l'inertinite d'autre part est telle que seules les mégaspores sont facilement observables alors que les microspores bien que présentes commencent à s'estomper (Pl. XXV, fig. 2). Ces lits riches en exinite (sporinite), inertinite (micrinite fine et massive seulement) et présentant peu de vitrinite sont évidemment à ranger dans la *durite* typique.

En outre, cette houille contient quelques corpuscules sclérotiformes dont quelques-uns sont encore en connexion avec le mycelium dont ils sont issus. La résinite, bien que rare, apparaît sous deux formes : diffuse dans les lits de vitrinertite, elle est aussi corpusculaire — monocellulaire ou pluricellulaire — et présente alors un fort relief.

Exceptées quelques concrétions pyriteuses syngénétiques incluses dans des lames de fusite ou alignées dans les lits de vitrinertite, les matières minérales sont représentées par de la calcite grisâtre — probablement légèrement ferrifère — de la sidérose et de la pyrite secondaires remplissant les unes et les autres le système de très fines fissures de retrait perpendiculaire à la stratification.

2) Veine 174 m.

Macroscopiquement, ce charbon est caractérisé par l'absence quasi totale d'éléments en relief visibles à la surface des échantillons polis. Cette remarque s'est confirmée lors des observations microscopiques. Mis à part quelques corpuscules de sclérotinite de forme et de taille variées et quelques grains de résinite ou d'appareils résinifères à relief élevé, l'ensemble des surfaces polies s'est révélé presque uniformément plan et de couleur claire. En effet, seuls de minces lits de vitrinite grisâtre se distinguent du reste des composants clairs qui apparaissent, eux, en bandelettes épaisses. Intimement juxtaposés entre eux, ces éléments clairs sont essentiellement constitués par ordre d'abondance décroissante de micrinite massive, de micrinite fine,

de sporinite (mégaspores et microspores), de sclérotinite, de semifusinite et de vitrinite. Sédimentologiquement, il faut noter ici la présence de deux constituants (durite et vitrite) qui, certes, s'opposent par leur composition macérale donc par l'origine de leurs composants et par leur puissance mais qui néanmoins alternent fort régulièrement.

3) Veine 309,50 m.

A l'opposé de la veine précédente, c'est ici la vitrinite qui constitue l'élément essentiel de la substance charbonneuse, tant par sa pureté que par la puissance de ses lits. Dans d'autres lits plus minces de vitrinite flottent de la micrinite, des mégaspores seulement discernables par leur morphologie (contour et lumière centrale) tant leur couleur et leur relief sont voisins de la vitrinite encaissante — et de menues lentilles de fusinite pyritisée ou plus souvent de semifusinite. Selon la présence, l'absence ou le pourcentage trop faible de la sporinite, on a affaire à des lits de duroclarite ou de vitrinertite. Des fentes de retrait dont les plus larges sont colmatées par de la calcite grisâtre sillonnent les échantillons en tout sens (fissures parallèles, perpendiculaires et obliques par rapport à la stratification). La pyrite et la calcite sont responsables de la haute teneur en cendres (10 %) de ce charbon.

4) Veine 326 m.

Schématiquement, ce charbon est constitué par une alternance de lits de vitrinertite — l'inertinite étant représentée par de la micrinite le plus souvent fine, de la semifusinite, de la fusinite et rarement par de la sclérotinite — et de vitrinite pure. Dans certains cas favorables, j'ai pu reconnaître des fantômes de mégaspores sans relief et légèrement plus grisâtres que la vitrinite. Cette sporinite, peu abondante, est toujours localisée dans la vitrinertite. Les fissures de retrait sont rares, mais des actions mécaniques ont provoqué de nombreuses cassures obliques par rapport à la stratification et ont donné naissance à de véritables microécailles et à des microstructures affaissées en escalier. Les lits affectés par ces microphénomènes sont encadrés par d'autres lits qui, eux, n'ont pas subi ces déformations infimes. De plus, il semble bien que les 8,6 % de cendres contenues dans la veine 326 m ont leur origine dans la substance argileuse existant en nombreux lits. L'intime association de minces filets de vitrinite et de matériaux argileux brunâtres constitue un fait remarquable.

5) *Veine 346,20 m.*

La fusinite, la semifusinite, la micrinite fine et massive sont, après la collinite, les macéraux constitutifs les plus abondants rencontrés dans cette veine. L'inertinite associée à la collinite constitue la majorité des lits. Ces bandelettes de vitrinertite sont séparées par de minuscules lits de collinite. Seule la fusinite et, à un degré moindre, la semifusinite, ainsi que quelques corpuscules sclérotiformes, présentent un certain relief. Par contre, la micrinite massive et la sporinite rare (essentiellement des mégaspores) sont sans relief. De nombreux vides de retrait, uniquement perpendiculaires à la stratification sont associés à quelques fissures généralement situées dans le plan du litage.

6) *Veine 358,75 m.*

Si les constituants rencontrés dans cette veine sont les mêmes que ceux décrits dans la veine précédente, leur agencement est toutefois ici différent. En effet, la puissance des lits de vitrite constituée essentiellement de collinite égale celle des lits de vitrinertite.

Les fentes de retrait minuscules, peu nombreuses et colmatées par de la calcite secondaire grisâtre, sont telles que les échantillons présentent une grande cohésion.

7) *Veine 365 m.*

Malgré sa teneur en matières volatiles relativement faible (18,8 %), ce charbon présente néanmoins quelques rares mégaspores pétrographiquement très évoluées. Cette sporinite apparaît dans les lits de vitrinertite (la micrinite fine et quelquefois la semifusinite ou la fusinite constituent la majeure partie de l'inertinite). La vitrinertite alterne avec de minces lits de collinite. En outre, ce charbon est chargé de particules argileuses qui, lorsqu'elles sont diffuses dans la vitrinertite, moulent des globules ovalaires sans relief (représentant vraisemblablement de la résinite très fortement houillifiée) déterminant des figures simulant une structure amygdalaire (Planche XXV, fig. 3 et 4). Quoi qu'il en soit, l'extrême finesse de la stratification, due à la petitesse des éléments sédimentés, caractérise cette veine.

8) *Veine 469,85 m.*

Le peu de place laissé à la collinite est dû au fait que cette veine est presque essentiellement constituée de fusite. En effet, la majeure partie des

surfaces polies examinées ne présente que des lentilles juxtaposées de fusinite et de semifusinite. De plus, la vitrinite apparaît très souvent sous forme de télinite. Cette très grande abondance de tissus ligneux, sous toutes ses formes macérales et sous tous ses aspects morphologiques, semble le critérium spécifique de cette veine.

9) *Veine 493 m.*

Comme le charbon de la veine décrite précédemment, la veine 493 m ne contient plus de sporinite visible. Les lits de vitrinertite prédominent dans ce combustible. Un examen minutieux à fort grossissement ($\times 1200$) révèle qu'il s'agit d'une alternance de très minces filets de collinite et de vitrinertite — l'inertinite souvent dépourvue de tissus ligneux est essentiellement composée de micrinite fine — ou de lits de fusite. Ce dernier microlithotype montre parfois des cellules scléreuses en place dans la semifusinite. De minuscules fissures de retrait dichotomisées constituent un reticulum d'une grande finesse.

10) *Veine 509,10 m.*

Un phénomène particulièrement sensible apparaît dans cette veine. En effet, mis à part la fusinite et la semifusinite qui, elles, présentent encore quelque relief, les autres constituants — micrinite et sclérotinite en particulier — deviennent de moins en moins discernables et se fondent en une substance apparemment amorphe.

11) *Veines 518 m à 754 m.*

J'ai groupé de cette manière les 7 veines rencontrées en sondage car les aspects présentés par ces charbons sont quasi identiques tant au point de vue « faciès macéral » qu'en ce qui concerne la stratification. En effet, qualitativement, toutes ces houilles contiennent, pour ce qui est des éléments les mieux observables, de la collinite, de la fusinite, de la semifusinite et des sclérotites peu abondants, et de la micrinite et de la télinite pour les éléments sans relief et de couleur claire ou très claire. Parfois j'ai cru reconnaître de la sporinite. En ce qui concerne de tels combustibles, une appréciation de ce genre, trop subjective, doit être vérifiée par des mesures de pouvoir réflecteur. La cellule photo-électrique seule — mieux que l'œil de n'importe quel observateur — est capable de permettre d'établir une différence indiscutable entre la sporinite et la vitrinite dans les charbons évolués.

Certes, il existe quelques différences de détail entre ces divers combustibles. C'est ainsi que la veine 518 m (sillons supérieur et inférieur) présente de la fusinite et de la semifusinite abondantes ou très abondantes alors que les mêmes macéraux de la veine 754 m sont estompés. La télinite ou plus souvent la collinite prend la place des tissus ligneux. Cette « gélification » des tissus ligneux des houilles en xylovitrain (A. Duparque, 1933) a été désigné par M. et R. Teichmuller (1950 et 1954) par le terme « *Vergelund* » et par Van Krevelen (1951-1952) par le terme « *collinitisation* » en ce qui concerne les lignites. Il faut encore signaler la présence de sidérose dans la veine 718,40 m, de minces filets argileux très localisés dans la veine 562 m, de lits argileux parfois importants dans la veine 644,05 m et de particules argileuses imprégnant les moindres interstices de certaines lames de semifusinite contenues dans la veine 728,25 m. Ces quelques différences minimales ne constituent évidemment pas des caractères distinctifs qualitativement valables entre ces veines, ni des caractères spécifiques qualitativement définis et permettant d'établir des corrélations stratigraphiques pratiques et sûres.

B) ANALYSE QUANTITATIVE.

En ce qui concerne les veines 174 m, 469,85 m et 644,05 m, je disposais d'un matériel très incomplet. C'est pourquoi je n'ai pu préparer d'échantillons moyens en grains suffisamment représentatifs.

De la simple comparaison des histogrammes (tabl. II) de chacune des veines étudiées, il ressort que :

— le macéral essentiel de toutes ces houilles est la collinite (I). La télinite (II) est rare.

— L'exinite entre dans la composition des houilles du sondage Loos 5 pour une part restreinte. La sporinite (III), en faible quantité dans les charbons situés au-dessus de 365 m (MV > 18 %) tend à disparaître totalement sous cette limite. La résinite (IV) est présente de manière sporadique dans les veines.

— L'inertinite occupe par son abondance la deuxième place. La micrinite fine (V) est toujours plus abondante que la micrinite massive (VI). En général, la fusinite (VIII) dépasse en quantité la semifusinite (VII). La sclérotinite (IX) est rare.

— Le pourcentage de matières minérales (X) obtenu par les procédés chimiques est corroboré par

les analyses macérales quantitatives. L'allure similaire des différents diagrammes prouve que tous ces charbons appartiennent à un même type pétrographique. Cependant, dans le détail, chaque veine présente un histogramme qui lui est propre. Il doit alors être possible d'établir des corrélations de veine à veine à courte distance en se basant sur les analyses macérales quantitatives (de part et d'autre de faille par exemple) et de suivre les variations latérales des veines de houille.

Depuis les travaux de A. Duparque (1933), l'importance de l'exinite sur la teneur en matières volatiles d'un charbon est maintenant bien établie. Disposant d'une gamme de houille pétrographiquement différente de celle étudiée en Belgique par R. Noël (1962) et désirant préciser le rôle de l'exinite dans les charbons du sondage Loos 5, j'ai été amené à établir un diagramme triangulaire V.E.I. (fig. 1). Ce diagramme montre que pour des teneurs en exinite inférieures à 2 % environ, le pourcentage de matières volatiles est inférieur à 18 %. Lorsque la teneur en exinite est comprise entre 2 et 4,7 % (limite définie par R. Noël (op. cité) : 4,6 %) la teneur en matières volatiles oscille entre 18 et 26 %. Il semble que la teneur en matières volatiles soit proportionnelle à la teneur en exinite des échantillons. Cependant, dans le cas particulier des houilles du sondage Loos 5, je pense que c'est à la persistance ou à la disparition de l'exinite plus qu'à sa présence ou à son absence dans le matériel originel qu'il faut rechercher les causes d'une teneur en MV plus ou moins élevée des

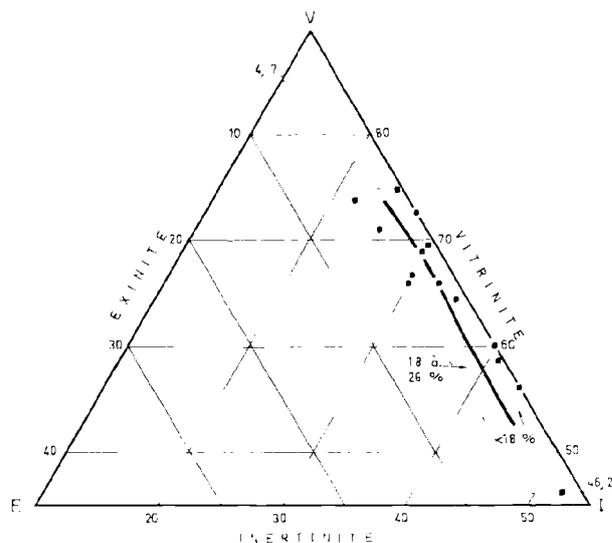
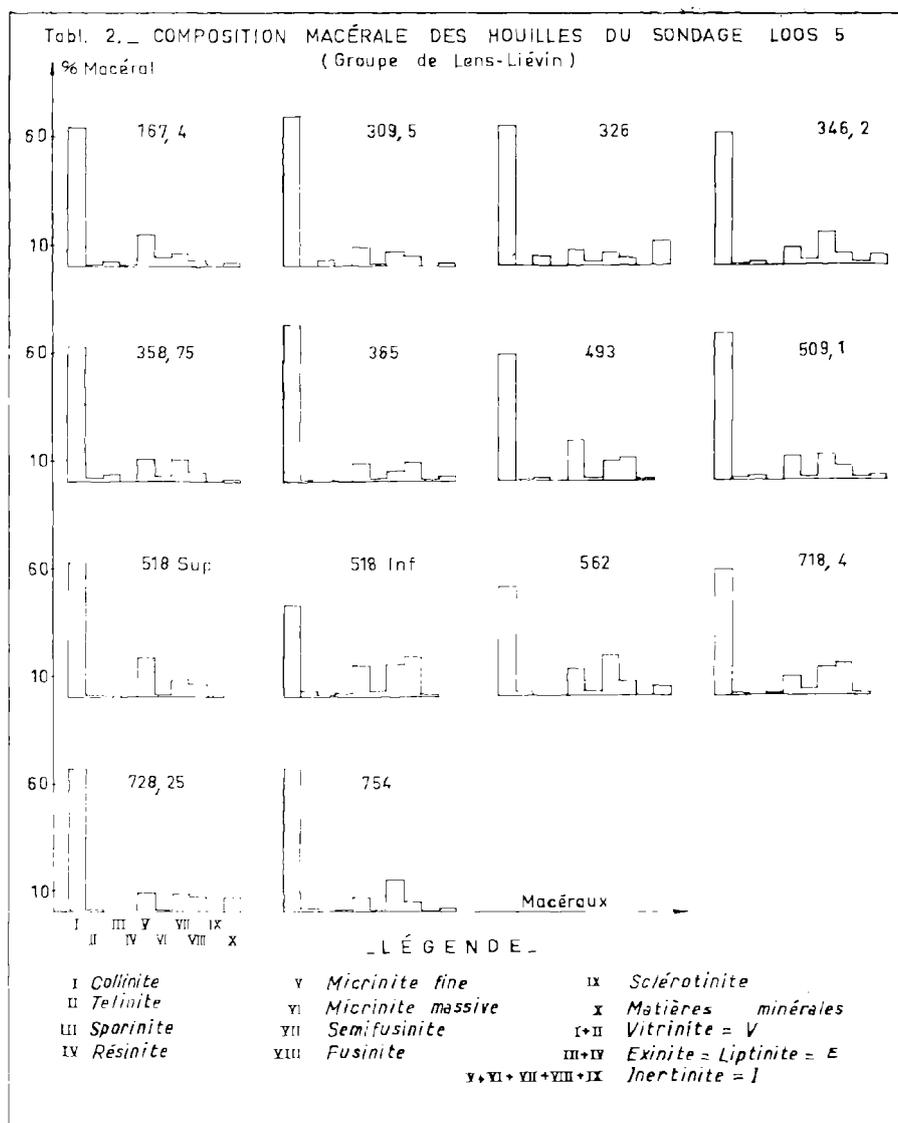


FIG. 1



charbons. Cela n'implique évidemment pas que tous les charbons contiennent de l'exinite.

Les charbons étudiés ne permettent pas de préciser le rôle joué par l'inertinite et la vitrinite sur les caractères technologiques. Cependant, il y a lieu de penser qu'il est le même que dans les houilles belges (R. Noël, op. cité, p. 142).

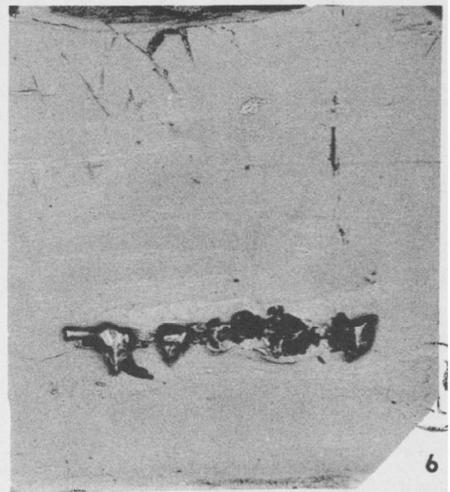
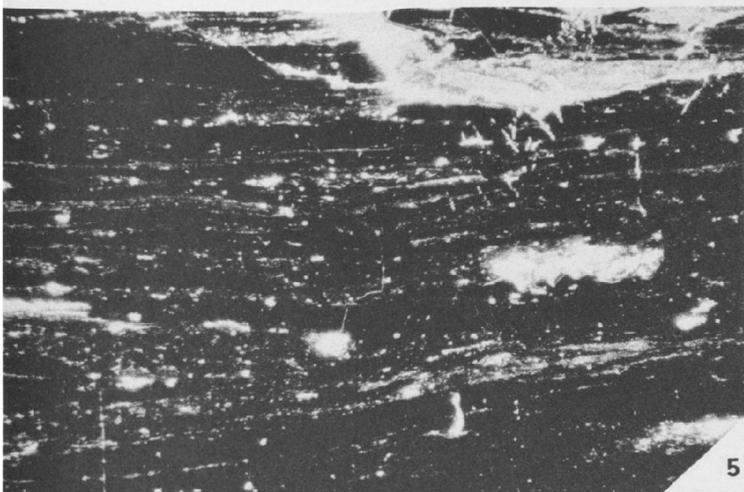
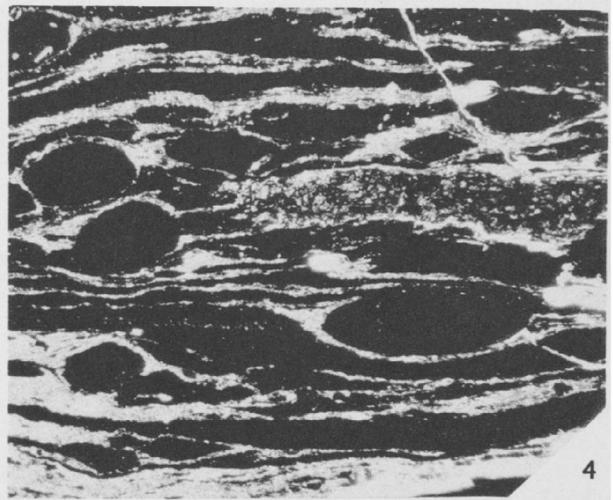
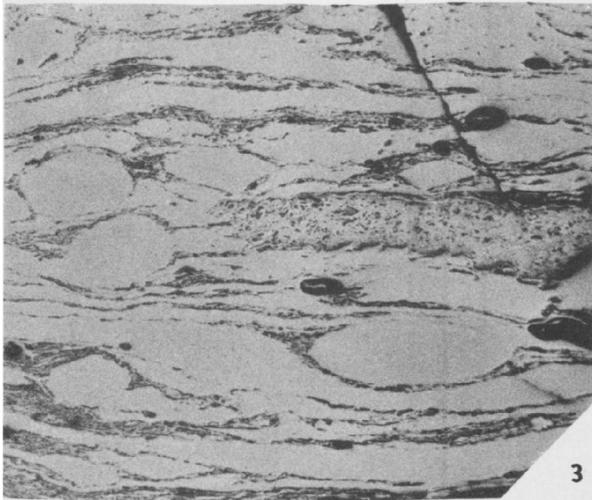
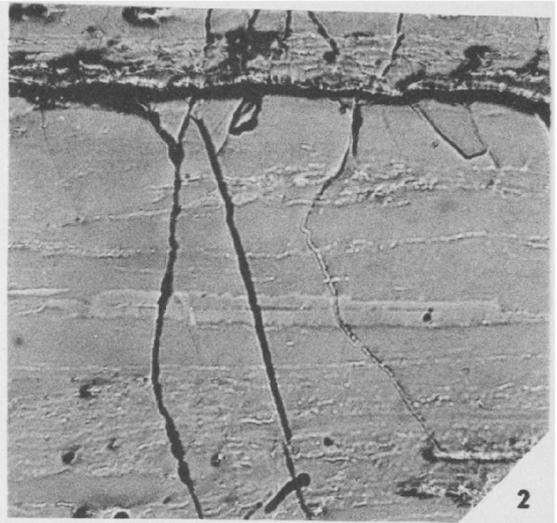
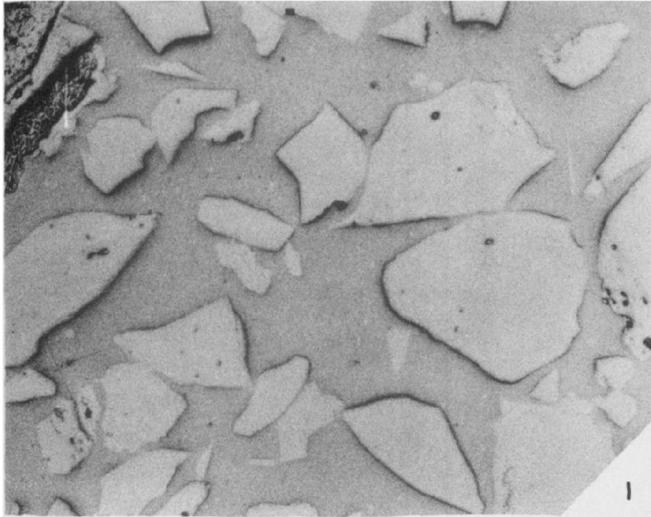
En définitive, l'analyse macérale quantitative précise les résultats pétrographiques qualitatifs. De plus, des applications pratiques sûres et rapides d'une telle méthode sont vraisemblablement possibles.

III. — CONCLUSIONS

Le sondage Loos 5 réalisé dans le Groupe de Lens-Liévin a fourni une gamme de charbons très intéressants à beaucoup d'égards.

Tout d'abord, il permettait de faire des observations en un lieu donné sur une verticale et de préciser les conditions de dépôt de la houille en cet endroit pendant la majeure partie de la période westphalienne (Westphalien A, B et C).

Pétrographiquement, presque tous ces charbons appartiennent au même type désigné par A. Dupar-



que (1933, p. 554) sous le terme de *charbons ligno-cellulosiques*. En effet, dans la majorité des cas, les combustibles étudiés sont constitués d'inertinite et de vitrinite, c'est-à-dire de xylain, corpuscules sclérotiformes, xylovitrain, ciment amorphe, pâte ou gelée ou substance fondamentale, termes définis par A. Duparque dès 1927 et précisés en 1933. Certains charbons, contenant de l'exinite en faible quantité (sporinite et résinite) appartiennent à la catégorie des *charbons mixtes*.

Si l'on accepte le schéma de dépôt d'une veine de houille esquissé par A. Duparque (1926, p. 228), il faudrait admettre que les limites de la lagune houillère lors du dépôt des différentes veines aient peu varié.

En ce qui concerne la carbonification géochimique, j'ai pu suivre l'évolution subie par certains macéraux. Alors que la sporinite est encore visible dans le charbon rencontré à 365 m (18,8 % MV), elle disparaît dans la houille rencontrée à 469,85 m (16 % MV). Cependant, si j'ai pu déceler des mégaspores, c'est bien plus grâce à leur moulage réalisé par d'autres composants (Pl. XXV, fig. 5) (en particulier la micrinite observée à sec et à fond noir) que par leur relief et leur couleur (Pl. XXV, fig. 6). Par conséquent, même dans le charbon à 18,8 % de MV, la sporinite (mégaspores et virtuellement les microspores) et la vitrinite constituent une masse optiquement homogène. Ces résultats qualitatifs du phénomène de « collinitisation » de la sporinite sont tout à fait comparables à ceux établis par M. Teichmüller (1958), F.J. Huntjens, H.N.M. Dormans et D.W. Van Krevelen (1958) et par E. Stach et H.C. Michels (1955). Ces derniers auteurs, ayant entrepris la mesure systématique du pouvoir réflecteur de l'exinite (Technique de mesure

incomparablement plus précise que l'appréciation tout à fait subjective d'un observateur même entraîné) ont démontré que pour les combustibles qu'ils ont étudiés, l'exinite (mégaspores) et la vitrinite ne peuvent être distinguées au-dessous de 19 % de MV. Il semble que cette limite de visibilité exinite-vitrinite fixée par ces auteurs à 19 % soit également valable pour les houilles du sondage Loos 5. Toutefois, cette règle n'est pas générale et R. Noël (1956) a montré que cette limite était variable selon le mode de gisement d'un charbon et que dans quelques cas particuliers elle devient pratiquement indépendante de la teneur en matières volatiles du combustible. A l'opposé de cet effacement de la sporinite, il faut noter, ici, une certaine pérennité du matériel inertinitique originel.

Enfin, chimiquement la règle de Hilt (= règle de Schürmann) est grossièrement respectée.

Vouloir rechercher les causes de l'évolution des charbons et plus particulièrement d'un macéral, c'est se perdre en conjectures. Si l'on s'en tient aux résultats exposés plus haut, on pourrait être tenté d'attribuer l'évolution de ces charbons, de même type pétrographique, à la pression (pression exercée par les sédiments surincombants et probablement pression de plissement). Cependant, cela ne peut être affirmé et d'autres causes ont pu intervenir.

En définitive, les charbons du sondage Loos 5 réalisé dans le Groupe de Lens-Liévin, constituent un matériel de choix justiciable d'études ultérieures par des méthodes quantitatives précises (pouvoir réflecteur-microdureté). Les résultats de telles analyses permettront sans doute de réunir des observations complémentaires relatives au rang de ces houilles.

BIBLIOGRAPHIE

- ABRAMSKI C., MACKOWSKY M. TH., MANTEL W. et STACH E. (1951). — Atlas für angewandte Steinkohlen-petrographie. Verlag *Glückauf* G.M.B.H., Essen.
- ALPERN B. (1959). — Contribution à l'étude palynologique et pétrographique des charbons français. *Thèse*, Paris.
- DIESSEL CL. (1961). — Zur Kenntnis der Bildungsweise des Flözes Katharina im niederrheinisch-westfälischen Steinkohlenbecken. *Bergbau-Archiv*, Jg. 22, H. 3, S. 57/82, Essen.
- DUPARQUE A. (1926). — Remarques sur la nature des quatre constituants macroscopiques de la houille. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. LI, p. 212-232, Lille.
- DUPARQUE A. (1927). — La nomenclature des constituants macroscopiques des charbons. Leur distribution dans les différentes variétés de houille. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. LII, p. 273-279, 3 tabl., Lille.
- DUPARQUE A. (1933). — Structure microscopique des charbons du bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais. *Mém. Soc. géol. Nord*, t. XI, 131 fig., 45 tabl., 66 pl., 716 réf. bibli., Lille.
- GRUNER A. (1874). — Pouvoir calorifique et classification des houilles. *Ann. des Mines*, 7^e série, IV, p. 169-207, Paris.
- HACQUEBART P.A. (1943). — Kohlenpetrographische Studien. *Mededel. Geol. Sticht.*, ser. C-III-2, n° 1.
- HUNTJENS F.J., DORMANS H.N.M. et VAN KREVELEN D.W. (1958). — Vergleichendes Studium einiger physikalischer und chemischer Eigenschaften und der Konstitution der Steinkohlenmazeral. *Brennstoff Chemie*, n° 39, S. 67-71, II abb., Essen, ou *Second. Intern. Conf. on Coal Science*; Symposium on physico-chemical studies of coal macerals, Valkenburg.

- INICHAIR (1955). — Etude pétrologique et ses applications. Méthodes de préparation, d'examen et d'analyse pétrologique des houilles. Application à l'étude d'une veine en exploitation. *Bultec. H.D.*, n° 9, p. 294-308, 2 tabl., 19 fig., Liège.
- International classification of hard coals by type (1956). United Nations, Genève.
- Lexique international de pétrographie des charbons du Comité international de Pétrographie des Charbons (1963), 2^e édition, C.N.R.S., Paris.
- NOEL R. (1956). — Préparation des piliers de charbon en vue de leur étude pétrologique en lumière réfléchie et nouvelle méthode de représentation des profils de veine. *Proceedings of the Intern. Comm. for Coal Petrology*, n° 2, p. 28-30, 9 fig., Bruxelles.
- NOEL R. (1956). — Aspect particulier des constituants pétrographiques dans certains charbons très évolués des bassins de Liège, de Herve et de Campine. *Ann. des Mines Belg.*, 2^e livr., 11 fig., p. 253-257, Bruxelles.
- NOEL R. (1962). — Etude pétrographique des charbons belges du bassin de Campine. Application à la connaissance de quelques propriétés chimiques et technologiques des veines en relation avec leur position stratigraphique. *Ann. des Mines Belg.*, 2^e livr., 10 fig., p. 139-146, Bruxelles.
- PRADO J.G. et HEVIA RODRIGUEZ V. (1960). — Estudio petrografico de una capa de carbon. *Bol. Inform. Inst. Nac. Carbón*, 30 fig., 1 tabl., Oviedo.
- STACH E. et MICHELS H.C. (1955). — Reflexions-mesures an Kohlenanschliffen mit dem Berek-Mikrophotometer, insbesondere am Exinit der Ruhrkohlenflöze. *Geol. Jb.*, Bd 71, S. 113-143, 4 taf., 5 Abb., 1 tabl., Hannover.
- TEICHMULLER M. et R. (1950). — Die Inkohlungs bild des Niedersächsischen Wealden-Bekens. *Zeit. deutsch. Geol. Gesell.*, Bd 100, S. 498-517, 5 Taf., 11 Abb., Stuttgart.
- TEICHMULLER M. et R. (1954). — Die stoffliche und strukturelle Metamorphose des Kohle. *Geol. Rundschau*, Bd 42, S. 265-296, 10 Taf., Stuttgart.
- TEICHMULLER M. (1958). — Métamorphisme du charbon et prospection du pétrole. *Rev. Ind. Minér.*, num. spéc. 15 juillet 1958.
- VAN KREVELEN D.W. (1951-1952). — De chemie van de steenkolen en het inkolings-proces. *Natuurkundige Voordrachten Nieuws Reeks*, No 30, p. 71-88, 15 fig.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XXV

- FIG. 1. — Groupe de Lens-Liévin. Sondage Loos 5. Veine 167,40 m. Echantillon en grains. Surface polie. Observation à sec. L.N., 30 X. Apparemment très hétérométrique, la composition granulométrique de l'échantillon moyen est cependant telle que la taille des grains est comprise entre 50 microns et 0,8 mm.
- FIG. 2. — Groupe de Lens-Liévin. Sondage Loos 5. Veine 167,40 m. Echantillon en bloc. Surface polie. Observation à sec. L.N., 55 X. Au centre, on distingue facilement une mégaspore flottant dans la collinite. Bien que la sporinite présente encore un faible relief, sa teinte s'est toutefois considérablement éclaircie.
- FIG. 3. — Groupe de Lens-Liévin. Sondage Loos 5. Veine 365 m. Surface polie d'échantillon en bloc. Observation à sec. L.N., 55 X. On distingue une lame de semifusinite, des globules ovalaires et sans relief de résinite, et des filonnets de carbargilite à microstratification fine et régulière.
- FIG. 4. — Groupe de Lens-Liévin. Sondage Loos 5. Veine 365 m. Surface polie d'échantillon en bloc. Observation à fond noir. L.N., 55 X. Le champ est le même que celui de la fig. 3. La structure « pseudo-amygdalaire » des globules de résinite est nettement apparente. C'est grâce au moulage réalisé par la carbargilite que la résinite est visible. En effet, exceptée sa morphologie, ce dernier macéral présente les mêmes caractères que la collinite encaissante.
- FIG. 5. — Groupe de Lens-Liévin. Sondage Loos 5. Veine 326 m. Echantillon en bloc. Surface polie. Observation à fond noir. L.N., 55 X. La partie supérieure est constituée par de la carbargilite (très brillante) alors que la partie inférieure montre de la collinite (noire) et de la micrinite abondante (nuage blanchâtre) moulant la sporinite. Au centre, on distingue nettement une mégaspore dont la lumière centrale et la périphérie sont soulignées par la micrinite fine. Il convient de remarquer la différence de luminosité entre la carbargilite et la micrinite fine. Il semble que ce caractère spécifique puisse être utilisé pour différencier ces deux composants à l'observation à fond noir.
- FIG. 6. — Groupe de Lens-Liévin. Sondage Loos 5. Veine 326 m. Echantillon en bloc. Surface polie. Observation à l'immersion dans l'huile. L.N., 115 X. Détail de la fig. 5. En haut, on aperçoit la partie inférieure du lit de carbargilite. La région centrale montre une portion de mégaspore à peine distincte de la collinite voisine. En effet, le relief et la couleur de la sporinite sont très voisins de ceux de la collinite encaissante. Au cours des phénomènes de houillification, il y a, dans le cas particulier des houilles du sondage Loos 5, un effacement de la sporinite.

Le genre *Colisporites* POT. et KR. dans le bassin houiller du Nord de la France

par S. LOBOZIAK

(2 Pl.)

Sommaire : Sept différentes espèces du genre *Colisporites* POT. et KR., ont été recueillies dans les couches du Westphalien B et C inférieur du bassin houiller du Nord de la France. Quatre de ces espèces sont déjà connues, les trois autres sont nouvelles.

Le genre *Colisporites* a été créé en 1955 par Potonié et Kremp pour désigner des « mégaspores » de forme subtriangulaire à exine épaisse, ornées de cônes le plus fréquemment très denses et accolés les uns aux autres. Ces cônes se trouvent en dehors des crêtes arquées lesquelles délimitent des surfaces de contact ornées de grains et de verrues de moindre importance. Les branches de l'Y, bien formées, vont généralement en s'élargissant de l'apex vers la périphérie de la spore. Leur point de rencontre est garni d'un tubercule plus ou moins volumineux.

Les espèces de ce type de spore présentées dans ce travail ont été recueillies au cours de différentes analyses palynologiques de veines et de passées charbonneuses provenant du bassin houiller du Nord de la France et appartenant au Westphalien B (faisceaux de Meunière et de Pouilleuse) et C inférieur (faisceau de Six-Sillons).

I. - Description des espèces

Suivant les dimensions des individus, la forme, la taille et la densité des divers ornements, il nous a semblé pouvoir différencier sept espèces : quatre d'entre elles appartiennent à des types déjà connus, les trois autres justifient la création de nouvelles espèces.

Genre *COLISPORITES* POTONIÉ et KREMP

Génotype : *Colisporites bulbosus* (HORST 1943) POT. et KR. 1955.

Colisporites bulbosus HORST 1943

Pl. XXVI, fig. 1 a, 1 b et 2

1934 : Type 14 ZERNDT (16, Pl. 8, fig. 3, 4, 5, 6, 7 et 9).

1943 : *Triletes (Apiculati) bulbosus* HORST (6, p. 48, fig. 4 et 5).

1955 : *Colisporites bulbosus* POT. et KR. (12, p. 93 et 94).

1955 : *Colisporites bulbosus* HORST (7, p. 164, Pl. 17, fig. 4 et 5).

Holotype : HORST 1943, l. c.

DIAGNOSE : « Contour subtriangulaire, taille comprise entre 800 et 1000 μ . Lames de l'Y égales aux 2/3 du rayon et soulignées par un renflement de 30 à 70 μ de large. Surfaces de contact arquées et garnies de petits grains brillants de 10 μ . Reste du corps de la spore couvert de cônes de 25 à 35 μ de base et 20 à 40 μ de haut, serrés les uns contre les autres ».

DESCRIPTION : Cette spore de taille comprise entre 800 et 1000 μ présente une forme subtriangulaire. Les branches triradiaires égales aux 2/3 du rayon, vont en s'élargissant vers la périphérie où elles peuvent atteindre 60 à 70 μ . A l'apex se trouve une protubérance massive de 80 μ environ. Les surfaces de contact, bien arquées et le plus souvent légèrement bombées, sont ornées de grains brillants de 10 μ , plus importants et plus nombreux vers l'extérieur. L'exine en dehors des surfaces de contact est garnie de cônes un peu plus hauts (20 à 40 μ) que larges (25 à 35 μ), comparables à des quilles émoussées. Ces cônes sont relativement serrés les uns contre les autres et ne laissent jamais

plus de $30\ \mu$ entre eux. On en trouve environ 70 tout autour de l'équateur.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES : Par certains caractères (tels que forme, taille, ornementation des surfaces de contact, tubercule central), *C. bulbosus* ressemble à la plupart des espèces du genre *Colisporites*. Elle constitue une espèce particulière par l'ornementation de la zone équatoriale et des surfaces de contact, différente de celle des autres formes étudiées ici et constituée de cônes de largeur de base voisine de la hauteur.

EXTENSION VERTICALE : Cette spore a été trouvée, par Horst (6, p. 48, fig. 4 et 5), dans le Westphalien A de Haute Silésie et, jusqu'à présent, dans le Westphalien B et C inférieur du bassin houiller du Nord de la France. Zerndt (16, Pl. 8, fig. 3-7 et 9) la mentionne également dans le Namurien C de Haute Silésie, et Kalibova (8, Pl. 5, fig. 1) dans le Westphalien C de Tchécoslovaquie.

Colisporites varispiculus nov. sp.
Pl. XXVI, fig. 3 a, 3 b, 4 a et 4 b

Holotype : Pl. XXVI, fig. 3 a et 3 b.

Localité : veine n° 6, Puits du Midi, groupe de Douai, H.B.N.P.C.

Etage : faisceau de Meunière, Westphalien B.

DIAGNOSE : « Taille de 950 à 1200 μ , contour ovale à subtriangulaire. Marques de l'Y égales aux $2/3$ du rayon et s'épaississant légèrement aux extrémités. Sur les surfaces de contact, ornementation très fournie et très diverse. Sur le reste du corps de la spore, cônes très denses : au niveau des crêtes arquées, menus et peu différents de ceux de la périphérie des faces d'accolement, plus importants sur le contour de la spore et la face distale ».

DESCRIPTION : Cette spore montre un contour ovale à subtriangulaire ; sa taille varie de 950 à 1200 μ . Les arêtes triradiaires égales aux $2/3$ du rayon, s'épaississent légèrement à leur extrémité où elles atteignent environ 40 μ . Une protubérance qui peut être importante (30 à 40 μ) orne leur point de rencontre. Les surfaces de contact présentent une ornementation très fournie et très diverse composée de grains de 5 à 10 μ dans la partie centrale de la spore, de verrues et de cônes très abondants et de taille de plus en plus importante à mesure que l'on s'approche des crêtes arquées d'ailleurs faiblement apparentes. Le reste du corps de la spore est garni de cônes polymorphes, très serrés, disposés en désordre, de taille variée mais ne dépassant pas 50 μ pour la hauteur et 30 à 40 μ pour

la base : les cônes les plus importants (au nombre de 80 environ) se trouvant sur le contour équatorial de la spore, les plus menus au niveau des crêtes arquées. L'exine est chagrinée et présente entre les cônes une infragranulation.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES : Cette spore se distingue de *C. bulbosus* par une taille légèrement supérieure et une ornementation plus forte et plus importante aussi bien sur les surfaces de contact que sur le reste du corps de la spore. De plus, *C. varispiculus* diffère des autres formes du genre *Colisporites* par la grande variabilité de son ornementation qui, de l'apex à la périphérie de la spore, passe graduellement du grain de 5 μ au cône de 50 μ de haut et 40 μ de base.

EXTENSION VERTICALE : Cette spore a jusqu'à présent été recueillie dans le Westphalien B du bassin houiller du Nord de la France, mais en faibles proportions.

Colisporites multiornatus nov. sp.
Pl. XXVII, fig. 3 a et 3 b

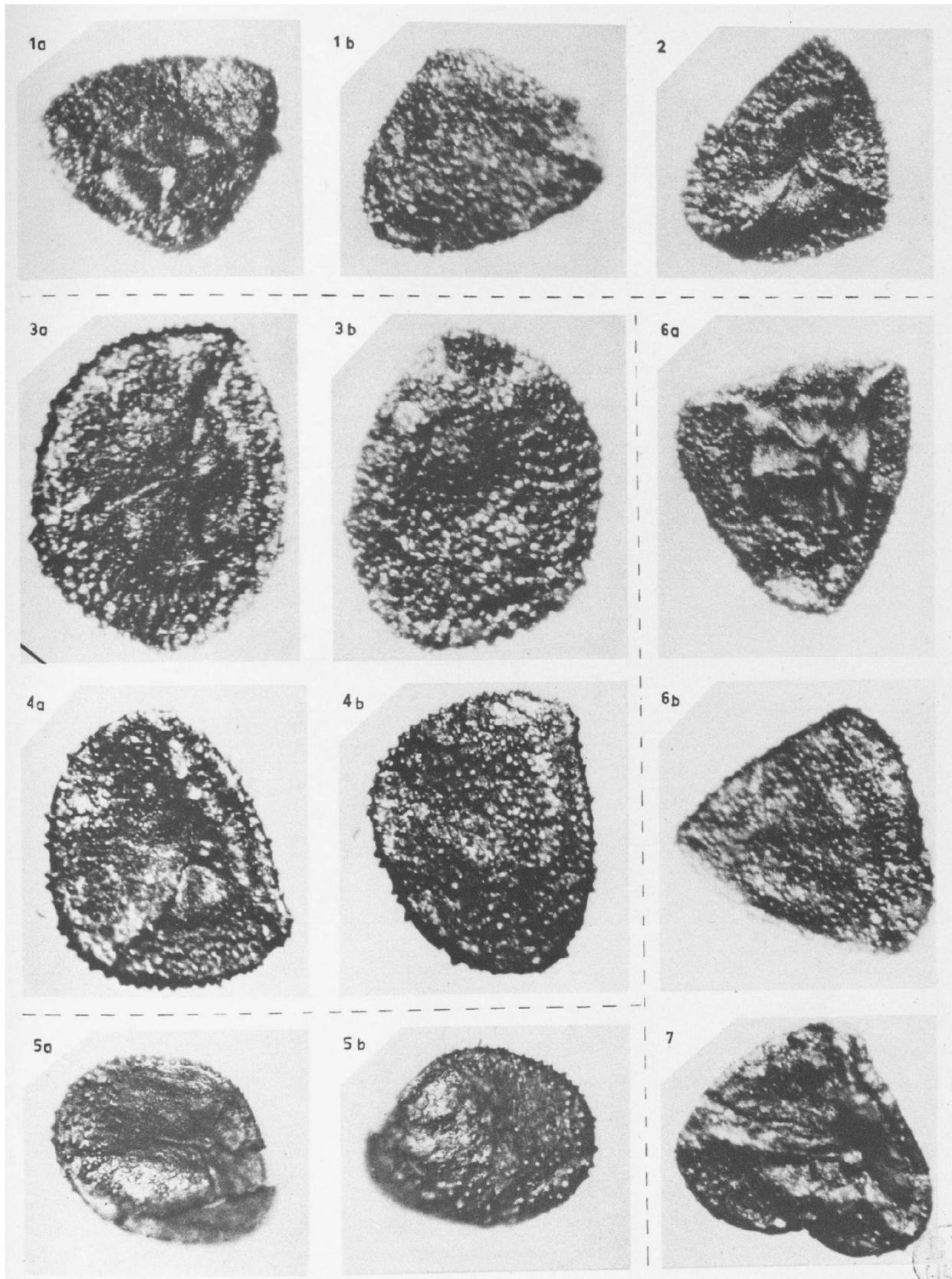
Holotype : Pl. XXVII, fig. 3 a et 3 b.

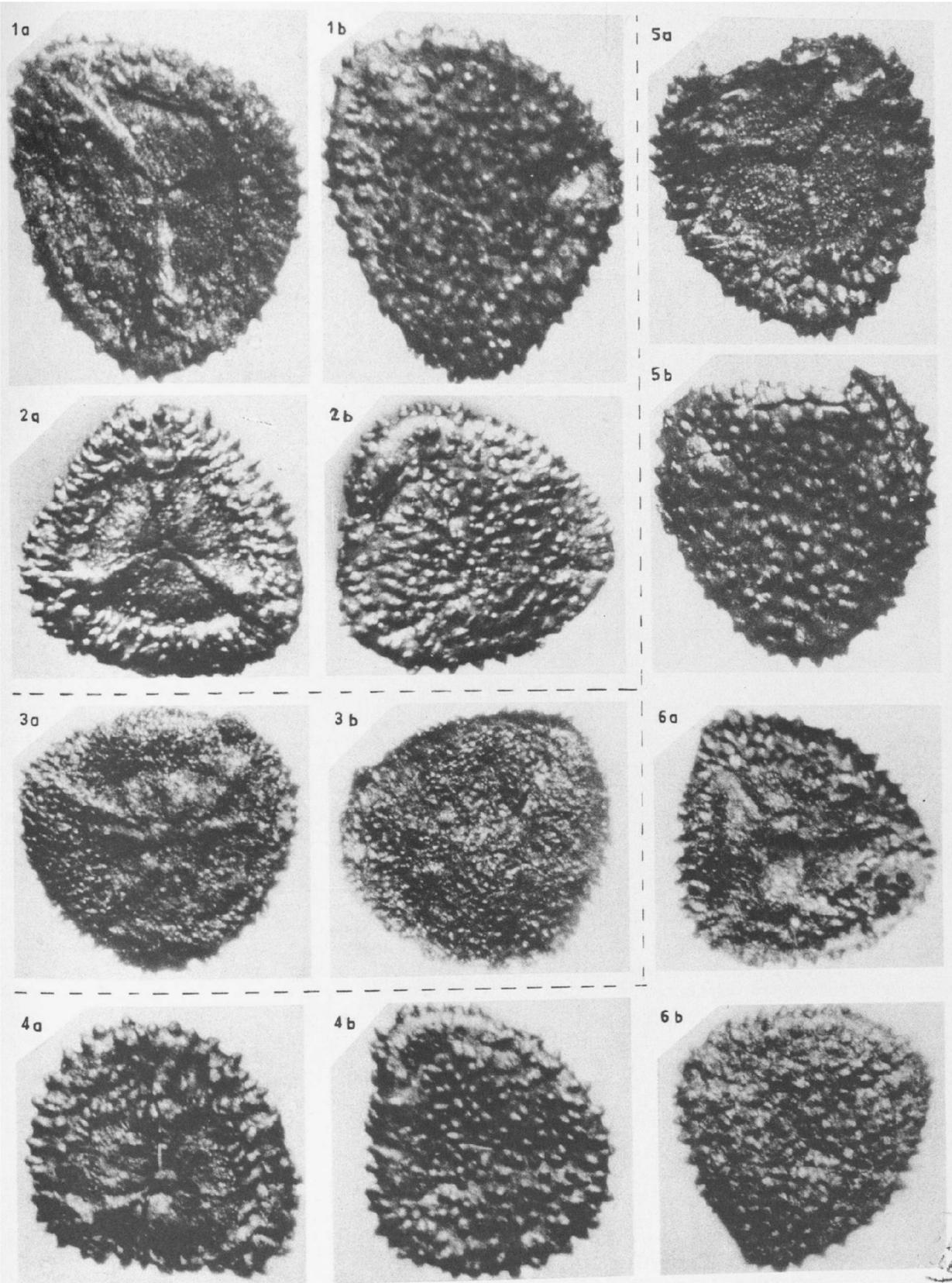
Localité : veine n° 6, Puits du Midi, groupe de Douai, H.B.N.P.C.

Etage : faisceau de Meunière, Westphalien B.

DIAGNOSE : « Taille comprise entre 900 et 1100 μ ; contour triangulaire aux côtés convexes et aux angles arrondis. Branches de l'Y se prolongeant au-delà des surfaces de contact. Petit tubercule central. Surfaces d'accolement lisses ou infragranulées. Contour équatorial et face distale couverts de cônes enchevêtrés les uns dans les autres, uniquement individualisés sur le pourtour de la spore ».

DESCRIPTION : C'est une spore de forme subtriangulaire et mesurant 900 à 1100 μ . Les branches de l'Y, relativement minces au centre de la spore, s'épaississent quelque peu à leur extrémité (30 μ environ). Elles se prolongent au-delà des surfaces de contact et atteignent pratiquement l'équateur. Un léger tubercule garnit leur point de rencontre à l'apex. Les surfaces de contact sont lisses ou présentent une infragranulation très indistincte ; elles montrent en outre deux ou trois bourrelets radiaires. Le reste du corps de la spore est couvert de cônes enchevêtrés les uns dans les autres, aussi bien sur la couronne équatoriale que sur la face distale, de telle sorte qu'il est pratiquement impossible de les différencier les uns des autres. Seuls les cônes de la périphérie sont distincts ; ils ont 50 à 60 μ de haut et 25 à 30 μ de base. On en dénombre environ 90 à 100.





RAPPORTS ET DIFFÉRENCES : De taille et de forme sensiblement équivalentes à celles des autres formes du genre *Colisporites*, cette espèce s'en différencie par une ornementation du contour équatorial et de la face distale beaucoup plus dense et pratiquement indistincte.

EXTENSION VERTICALE : Cette espèce a jusqu'à présent été recueillie en faible abondance dans la partie inférieure du Westphalien B et la partie supérieure du Westphalien C inférieur.

Colisporites olgae POTONIÉ et KREMP 1955
Pl. XXVII, fig. 1 a, 1 b, 2 a et 2 b

1934 : Type 14 ZERNDT (15, Pl. 9, fig. 1).

1955 : *Colisporites olgae* POTONIÉ et KREMP (11, p. 94, Pl. 4, fig. 19).

Holotype : POTONIÉ et KREMP 1955, l. c.

DIAGNOSE : « Forme plus ou moins triangulaire ; taille comprise entre 950 et 1200 μ . Branche de l'Y atteignant approximativement les 2/3 du rayon et s'élargissant considérablement vers l'extérieur (90 μ). Présence d'un tubercule de 70 μ environ de diamètre à l'apex. Surfaces de contact bien délimitées, couvertes de granules et de verrues de $\pm 10 \mu$. En dehors des surfaces de contact, exine garnie de cônes de 60 à 80 μ de haut et 30 à 45 μ de base, plus longs, effilés et pratiquement juxtaposés sur la face proximale, légèrement plus trapus et moins nombreux sur la face distale ».

DESCRIPTION : Cette spore présente une forme triangulaire ; sa taille oscille entre 950 et 1200 μ . Les branches de l'Y atteignent les 2/3 du rayon ; elles sont striées transversalement et vont en s'élargissant fortement de l'apex (20 μ) à l'extérieur (90 μ). Leur point de rencontre est souligné par un tubercule de 70 μ de diamètre. Les surfaces d'accolement, bien délimitées par des crêtes arquées marquées par un sillon, parfois légèrement bombées, sont garnies de granules et verrues de $\pm 10 \mu$ de base. Le reste du corps de la spore porte des cônes nombreux et nettement plus longs (60 à 80 μ) que larges (30 à 45 μ). Ces cônes sont effilés, très denses et parfois accolés les uns aux autres (Pl. XXVII, fig. 2 a). On en compte environ 60 sur le pourtour équatorial.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES : Les cônes de *C. olgae* sont de beaucoup plus importants que ceux des espèces jusqu'à présent décrites. Aussi cette spore se différencie-t-elle facilement de ces dernières.

EXTENSION VERTICALE : Cette spore a été trouvée, par ZERNDT (15, Pl. 9, fig. 1) dans le Namurien C

de Haute Silésie, par Potonié et Kremp (11, p. 94, Pl. 4, fig. 19) dans le Westphalien B de la Ruhr et, jusqu'à maintenant, dans le Westphalien B et C inférieur du bassin houiller du Nord de la France.

Colisporites globulus nov. sp.
Pl. XXVII, fig. 4 a, 6 b

Holotype : Pl. XXVII, fig. 4 a et 4 b.

Localité : veine n° 25, fosse 4 (Bruay), groupe d'Auchel-Bruay, H.B.N.P.C.

Etage : faisceau de Six-Sillons, Westphalien C inférieur.

DIAGNOSE : « Contour subtriangulaire à arrondi, taille comprise entre 800 et 1100 μ . Branches de l'Y ridées transversalement, égales aux 2/3 du rayon. Protubérance centrale relativement importante. Grains et verrues de $\pm 15 \mu$ sur les surfaces de contact. Cônes en forme de poire de 40 à 60 μ de haut et 40 à 50 μ de base sur le reste du corps de la spore ».

DESCRIPTION : Le contour de cette spore forme un triangle aux côtés convexes et aux angles arrondis. Son diamètre atteint 800 à 1100 μ . Les branches de l'Y, plissées transversalement et d'épaisseur sensiblement égale sur toute leur longueur (40 μ), ne dépassent pas les 2/3 du rayon. L'apex est garni d'une importante protubérance (60 μ de base et 80 μ de haut). L'ornementation des surfaces de contact consiste en grains et verrues de $\pm 15 \mu$, brillants et dispersés très irrégulièrement. Celle du reste du corps de la spore se compose de cônes en forme de poire de 40 à 60 μ de haut et 40 à 50 μ de base. Ces cônes sont nombreux et ne laissent jamais plus d'un intervalle entre eux. On en dénombre environ 60 autour de l'équateur. L'exine présente le plus souvent entre les cônes une infra-granulation.

Remarque : Certaines spores du Type 14 décrites par Zerndt, telles que (15, Pl. 8, fig. 10 et Pl. 9, fig. 2), de même que les spores figurées par Dijkstra (4, Pl. 2, fig. 10) sous le nom de *Triletes mamillarius*, appartiennent sans nul doute à cette espèce.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES : Cette spore, par plusieurs caractères, rappelle *C. olgae*. Elle en diffère néanmoins par des grains et verrues plus importants sur les surfaces de contact et des cônes plus trapus et moins effilés sur le reste de l'exine. Le rapport hauteur/base des cônes est ici égal ou légèrement supérieur à 1, tandis que chez *C. olgae* il avoisine 2. Il est à remarquer que la distinction entre ces deux espèces est moins perceptible sur les faces distales qui généralement montrent une ornementation aplatie et rabotée, d'où plus ou moins similaire.

EXTENSION VERTICALE : *C. globulus* a jusqu'à présent été recueillie en petit nombre dans le Westphalien B et C inférieur du bassin houiller du Nord de la France. Zerndt (15, Pl. 8, fig. 10 et Pl. 9, fig. 2) la signale dans le Namurien C de Haute Silésie et Dijkstra (4, Pl. 2, fig. 10) dans le Westphalien B de Hollande.

Colisporites rarispiculus SELOSSE 1963
Pl. XXVI, fig. 5 a et 5 b

1963 : *Colisporites rarispiculus* SELOSSE (13, p. 66, Pl. XI, fig. 7).

Holotype : SELOSSE 1963, l. c.

DIAGNOSE : « Spore de forme subovale, de taille inférieure à 1000 μ . Branches de l'Y égales à la moitié du rayon, relativement fines (20 μ). Surfaces de contact finement granuleuses (5 μ environ). Crêtes arquées non visibles. En dehors des surfaces de contact, exine recouverte de cônes aussi hauts que larges (30 à 40 μ) nettement détachés les uns des autres ».

DESCRIPTION : Cette spore présente un contour ovale ; son diamètre fait environ 800 à 900 μ pour la longueur et 600 à 700 μ pour la largeur. Les crêtes triradiaires fines (20 μ) ne dépassent pas la moitié du rayon de la spore ; elles restent d'égale grosseur sur toute leur longueur. Un mamelon de 80 μ environ marque le centre de la spore. Les surfaces de contact, à l'exception de la région voisine de l'apex, sont couvertes de petits grains brillants de 5 μ . Le reste de la spore porte des cônes aussi hauts que larges (30 à 40 μ), légèrement plus nombreux sur la zone externe de la face proximale que sur la face distale où ils sont distants de 50 à 100 μ .

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES : Par sa petite taille et la dimension de ses cônes, cette spore rappelle *C. bulbosus*. Elle en diffère toutefois par la densité nettement plus faible de son ornementation.

EXTENSION VERTICALE : *C. rarispiculus* a jusqu'à présent été trouvée dans le Westphalien B et C inférieur du bassin houiller du Nord de la France.

Colisporites parvulispiculus SELOSSE 1963
Pl. XXVI, fig. 6 a, 6 b et 7

1963 : *Colisporites parvulispiculus* SELOSSE (13, p. 67, Pl. XI, fig. 8).

Holotype : SELOSSE 1963, l. c.

DIAGNOSE : « Spore triangulaire de taille voisine de 900 à 1100 μ . Branches de l'Y supérieures aux 2/3 du rayon. Surfaces de contact en relief, cou-

vertes de petits grains de 5 μ . Reste de l'exine garni de petits cônes aussi hauts que larges (20 à 25 μ) et séparés par des intervalles plus ou moins importants ».

DESCRIPTION : C'est une spore de forme triangulaire et de taille voisine de 900 μ . Les branches de l'Y se prolongent presque jusqu'à l'équateur. Elles s'épaississent à leur extrémité (50 à 60 μ). A leur point de rencontre se trouve un tubercule de 70 μ . Les surfaces de contact surélevées sont garnies de petits grains brillants de 5 μ répartis uniformément. Le reste du corps de la spore comprend de petits cônes sensiblement aussi hauts que larges (20 à 25 μ), pointus à leur extrémité et séparés par des intervalles plus ou moins importants (25 à 50 μ). Sur la face distale, ils sont nombreux et parfois groupés en amas. On en compte environ 60 à 70 autour de l'équateur.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES : *C. parvulispiculus* se distingue des autres espèces du genre *Colisporites* par ses cônes beaucoup plus menus.

EXTENSION VERTICALE : Cette spore a été recueillie en petit nombre dans le Westphalien B inférieur du bassin houiller du Nord de la France.

II. - Valeur stratigraphique du genre

Les spores du genre *Colisporites* ici décrites ont été prélevées très irrégulièrement dans un nombre relativement restreint de couches, dans des proportions très faibles ne dépassant jamais 5%. Leur valeur stratigraphique est donc minime. Ces individus font partie du cortège des spores accessoires et sauf en de très rares cas, ne présentent qu'un intérêt très relatif pour la détermination des veines et les corrélations latérales.

Toutes ces espèces, à l'exception de *C. varispiculus* et *C. parvulispiculus* uniquement recueillies dans la partie inférieure du Westphalien B, s'étendent à travers toute la partie du Carbonifère jusqu'ici étudiée du bassin houiller du Nord de la France (c'est-à-dire Westphalien B et C inférieur). L'étude systématique et très prochaine des couches de charbon situées de part et d'autre de cette zone de terrain, nous permettra sans doute de préciser davantage l'extension verticale de chacune de ces espèces. Étant donné le nombre relativement peu important d'individus rencontrés, il ne nous est pas possible d'affirmer que les variations de ce type de spore fluctuent dans le temps. Toutefois, il semble bien que les espèces portant une ornementation fine, très fournie et très dense, soient spéciales au Westphalien B inférieur.

III. - Conclusion

L'étude des espèces du genre *Colisporites* recueillies dans le Westphalien B et C inférieur du bassin houiller du Nord de la France, nous a permis de distinguer sept espèces parmi lesquelles quatre étaient déjà connues précédemment, les trois autres

ayant fait l'objet de la création d'espèces nouvelles. Ce type de spore se rencontre dans un petit nombre de couches généralement distantes les unes des autres et toujours en faible abondance. Il présente relativement peu d'intérêt pour les corrélations stratigraphiques.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

- (1) BHARDWAJ D.C. et KREMP G. (1955). — Die Sporenführung der Velener Schichten des Ruhrkarbons. *Geol. Jb.*, Band 71, pp. 51-68.
- (2) CARETTE J. (1961). — Corrélations palynologiques (mégaspores) entre les différents niveaux du Westphalien C inférieur pour les groupes de Bruay et de Béthune (Nœux). Thèse de 3^e cycle, Lille.
- (3) CORSIN P., CARETTE J., DANZÉ J. et LAVEINE J.P. (1962). — Classification des spores et des pollens du Carbonifère au Lias. *C.R. Ac. Sc.*, t. 254, pp. 3062-3065.
- (4) DIJKSTRA S.J. (1946). — Eine Monographische bearbeitung des Karbonischen Megasporen. *Mededeel. Geol. Stichting*, série C.111-1, n° 1.
- (5) ERCÖNÜL Y. (1961). — New megaspores observed in the Amasra productive Carboniferous basin. *Bull. Min. Res. and Expl. Inst. of Turkey*, n° 57, pp. 89-96.
- (6) HORST U. (1943). — Mikrostratigraphische Beitrag zum Vergleich des Namur von West-Oberschlesien und Mährisch-Osrau. Die Mega- und Mikrosporen der hauptsächlichlichen Flöze beider Reviere. Diss. Techn. Hochschule Perlin.
- (7) HORST U. (1955). — Die *Sporae dispersae* des Namurs von Westoberschlesien und Mährisch-Osrau. *Palaeontographica*, Bd 98, Abt. B, pp. 137-236.
- (8) KALIEVA M. (1951). — Megaspores of the Radnice coal Measure zone of the Kladno-Rakovnik Coal Basin. *Geol. Survey, Czechoslovakia* 18 (Pal.), pp. 21-83, Pl. 5-8.
- (9) LOBOZIAR S. (1962). — Etude palynologique des environs de la passée marine de Rimbert et du faisceau de Six-Sillons dans le groupe d'Auchel-Bruay. Corrélations stratigraphiques. Thèse de 3^e cycle, Lille.
- (10) PIÉRART P. (1955). — Les mégaspores contenues dans quelques couches de houille du Westphalien B et C aux charbonnages Limbourg-Meuse. *Publ. Ass. Etud. Paleont.*, n° 21, hors série, pp. 125-142.
- (11) PIÉRART P. (1958). — Palynologie et stratigraphie de la zone de Neeroeteren (Westphalien C supérieur) en Campine belge. *Publ. Ass. Etud. Paleont.*, n° 30, pp. 1-112.
- (12) POTONIE R. et KREMP G. (1955). — Die *Sporae dispersae* des Ruhrkarbons. *Palaeontographica*, Bd 98, Abt. B, pp. 1-136.
- (13) SELOSSE N. (1962). — Corrélations par les mégaspores de la zone inférieure et moyenne de l'assise d'Anzin entre les groupes d'Auchel-Bruay et de Douai (Puits du Midi). Thèse de 3^e cycle, Lille.
- (14) SELOSSE N. (1963). — Inventaire des mégaspores du faisceau de Meunière (Westphalien B inférieur) dans le bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXXXIII, pp. 61-69, Pl. XI et XII.
- (15) ZERNDT J. (1931). — Megasporen als Leitfossilien des Produktiven karbons. *Bull. Acad. Pol. des Sc. et des Lett.* série A, pp. 165-183.
- (16) ZERNDT J. (1934). — Les mégaspores du bassin houiller polonais, 1^{re} partie. *Acad. Pol. des Sc. et des Lett.*, Trav. géol. n° 1.

EXPLICATIONS DES PLANCHES

PLANCHE XXVI

FIG. 1. — *Colisporites bulbosus* HORST Gr. = 50.

1 a : face proximale. Les surfaces de contact sont finement granulées. Le pourtour équatorial porte des cônes abondants et juxtaposés.

1 b : face distale couverte de cônes nombreux. Entre les cônes l'exine est chagrinée.

Origine : H.B.N.P.C., groupe de Douai, Puits du Midi, veine n° 6.

Assise : faisceau de Meunière, Westphalien B.
Collection : Lab. de Paléobot., sect. Palyn., n° 346.

FIG. 2. — *Colisporites bulbosus* HORST Gr. = 50.

Face proximale d'un second échantillon.

Origine : H.B.N.P.C., groupe d'Auchel-Bruay, fosse 2 (Auchel), sondage 233, passée à 270,77 m.

Assise : faisceau de Pouilleuse, Westphalien B.
Collection : Lab. de Paléobot., sect. Palyn., n° 842.

FIG. 3. — *Colisporites varispiculus* nov. sp. Gr. = 50.

3 a : face proximale montrant la densité et la grande variabilité d'ornements.

3 b : face distale couverte de cônes très serrés.

Origine : H.B.N.P.C., groupe de Douai, Puits du Midi, veine n° 6.

Assise : faisceau de Meunière, Westphalien B.
Collection : Lab. de Paléobot., sect. Palyn., n° 346.

FIG. 4. — *Colisporites varispiculus* nov. sp. Gr. = 50.

4 a : face proximale garnie d'ornements très variés.

4 b : face distale du même échantillon.

Origine : H.B.N.P.C., groupe de Douai, Puits du Midi, veine n° 7.

Assise : faisceau de Pouilleuse, Westphalien B. Collection : Lab. de Paléobot., sect. Palyn., n° 343.

FIG. 5. — *Colisporites rarispiculus* SELOSSE Gr. = 50.

5 a : sur cette face proximale de l'échantillon, on remarquera le tubercule central, les branches de l'Y d'égale épaisseur sur toute leur longueur. l'absence de crêtes arquées et l'ornementation relativement clairsemée de la zone équatoriale.

5 b : face distale couverte de cônes épars.

Origine : H.B.N.P.C., groupe d'Auchel-Bruay, fosse 2 (Auchel), sondage 233, passée à 2,40 m. Assise : faisceau de Six-Sillons, Westphalien C inférieur.

Collection : Lab. de Paléobot., sect. Palyn., n° 784.

FIG. 6. — *Colisporites parvulispiculus* SELOSSE Gr. = 50.

6 a : face proximale d'un échantillon montrant des branches de l'Y atteignant presque l'équateur et des surfaces de contact finement granulées et en relief.

6 b : face distale garnie de petits cônes de 20 μ environ séparés par des intervalles plus ou moins importants.

Origine : H.B.N.P.C., groupe de Douai, Puits du Midi, veine n° 6.

Assise : faisceau de Meunière, Westphalien B. Collection : Lab. de Paléobot., sect. Palyn., n° 346.

FIG. 7. — *Colisporites parvulispiculus* SELOSSE Gr. = 50.

Face proximale d'un second échantillon caractérisée par une ornementation moins fournie. Origine : H.B.N.P.C., groupe de Douai, Puits du Midi, veine n° 6.

Assise : faisceau de Meunière, Westphalien B. Collection : Lab. de Paléobot., sect. Palyn., n° 346.

FIG. 2. — *Colisporites olgae* POT. et KR. Gr. = 50.

2 a : face proximale ; sur la couronne équatoriale, les cônes sont très denses et accolés les uns aux autres.

2 b : face distale garnie de cônes de même importance mais moins nombreux que sur le contour équatorial.

Origine : H.B.N.P.C., groupe d'Auchel-Douai, fosse 4 (Bruay), veine n° 25.

Assise : faisceau de Six-Sillons, Westphalien C inférieur.

Collection : Lab. de Paléobot., sect. Palyn., n° 38.

FIG. 3. — *Colisporites multiornatus* nov. sp. Gr. = 50.

3 a : face proximale ; les surfaces de contact portent une infragranulation très imprécise. La zone équatoriale est garnie de cônes effilés et très denses.

3 b : face distale comportant des cônes accolés et enchevêtrés les uns dans les autres.

Origine : H.B.N.P.C., groupe de Douai, Puits du Midi, veine n° 6.

Assise : faisceau de Meunière, Westphalien B. Collection : Lab. de Paléobot., sect. Palyn., n° 436.

FIG. 4. — *Colisporites globulus* nov. sp. Gr. = 50.

4 a : face distale sur laquelle on remarquera des cônes à base large et en forme de poire.

4 b : face distale garnie de cônes. Entre ces cônes, l'exine montre une infragranulation.

Origine : H.B.N.P.C., groupe d'Auchel-Bruay, fosse 4 (Bruay), veine 25.

Assise : faisceau de Six-Sillons, Westphalien C inférieur.

Collection : Lab. de Paléobot., sect. Palyn., n° 38.

FIG. 5. — *Colisporites globulus* nov. sp. Gr. = 50.

5 a : face proximale ; les arêtes triradiaires sont striées transversalement. On remarquera la grosseur des grains recouvrant les surfaces de contact.

5 b : face distale du même échantillon montrant des cônes à base large (50 μ).

Origine : H.B.N.P.C., groupe de Douai, Puits du Midi, veine Ernestine.

Assise : faisceau de Pouilleuse, Westphalien B. Collection : Lab. de Paléobot., sect. Palyn., n° 382.

FIG. 6. — *Colisporites globulus* nov. sp. Gr. = 50.

6 a : face proximale sur laquelle l'ornementation est plus fournie.

6 b : face distale couverte de cônes denses et à base large.

Origine : H.B.N.P.C., groupe de Douai, Puits du Midi, veine Berthe.

Assise : faisceau de Meunière, Westphalien B. Collection : Lab. de Paléobot., sect. Palyn., n° 354.

PLANCHE XXVII

FIG. 1. — *Colisporites olgae* POT. et KR. Gr. = 50.

1 a : face proximale d'un échantillon relativement grand. La couronne équatoriale est garnie de cônes réguliers. Les branches de l'Y sont bien soulignées et s'épaississent vers l'extérieur.

1 b : face distale couverte de cônes d'épaisseur sensiblement égale sur toute la surface.

Origine : H.B.N.P.C., groupe d'Auchel-Bruay, fosse 3 bis (Bruay), veine n° 32.

Assise : faisceau de Six-Sillons, Westphalien C inférieur.

Collection : Lab. de Paléobot., sect. Palyn., n° 436.

**Résultats préliminaires des campagnes géophysiques de reconnaissance
dans les permis de recherches " Arras et Avesnes "**
de l'Association Shell Française - P.C.R.B. - SAFREP
Objectifs du forage profond Jeumont-Marpent N° 1

par J. CLÉMENT (*)

(1 fig., 1 Pl.)

I. - Introduction

L'importance croissante prise dans le domaine pétrolier par la partie frontale des zones orogéniques a tout naturellement amené les sociétés de recherches à s'intéresser à la bande sédimentaire constituant la bordure N de la chaîne hereynienne. Que cet intérêt ait porté en premier lieu sur les zones les mieux connues de cette bordure, c'est-à-dire celles dont la constitution géologique n'était masquée par aucun recouvrement mésozoïque ou tertiaire, est également naturel: c'est le cas notamment du synclinorium dévono-carbonifère de Dinant et du bassin de Namur, qui ont été, dès 1958 et parallèlement à des études semblables faites par d'autres sociétés, l'objet d'une reconnaissance pétrolière effectuée par des géologues du groupe Royal Dutch-Shell.

Outre la mise en évidence de niveaux réservoirs potentiels dans le Dévonien moyen en inférieur, cette étude permettait de penser qu'en dépit de conditions tectoniques apparemment très défavorables, l'intensité des plissements observés en surface dans le synclinorium de Dinant pouvait, compte tenu de l'épaisseur considérable des séries sédimentaires, s'atténuer en profondeur. Il n'était donc pas interdit de penser que des gisements de pétrole ou de gaz naturel, rentables dans le contexte économique européen, pussent exister à des profondeurs variant entre 1500 et 3500 m.

(*) Représentant le Département « Exploration » de la Compagnie des Pétroles du Sud-Est Parisien. Les remerciements de l'auteur vont aux Géologues et Géophysiciens du Département et notamment à MM. J. ALIXANT, J. BUNGENER, I. BRITKE et P. KASSLER.

Ces arguments paraissaient ne pas jouer en faveur de la partie méridionale du bassin de Namur, affecté de façon complexe par des failles de chevauchement superposées, connues grâce aux travaux des charbonnages, et dont l'enracinement paraissait lié à celui de la Grande Faille du Midi tenue pour une faille-pli à déplacement horizontal limité. La partie septentrionale de ce même bassin, structurellement moins compliquée, présentait également un intérêt pétrolier moindre, en raison du lessivage probable des niveaux magasins, voisins de leur affleurement.

Le 15 décembre 1959, devancée de peu par la Compagnie Française des Pétroles (Normandie), la Société Shell Française déposait, en concurrence avec cette dernière, une demande de permis de recherches couvrant la partie occidentale du synclinorium de Dinant, de la frontière belge aux côtes de la Manche. Cette demande faisait le pendant d'une demande de concession déposée par une autre société du Groupe Shell sur la partie belge du synclinorium.

Un an et demi plus tard, le 20 juin 1961, Shell Française, associée à la Compagnie des Produits Chimiques et Raffineries de Berre et à SAFREP, une filiale du Bureau de Recherches de Pétrole, se voyait accorder pour une période de 5 ans, un permis de recherches couvrant 5112 km², divisé en deux périmètres centrés l'un sur Arras, l'autre sur Avesnes, tandis que la Compagnie Française des Pétroles (Normandie) recevait une superficie équivalente couvrant des périmètres centrés sur Cambrai et Montreuil. Les opérations de recherche sur les périmètres d'Arras et Avesnes étaient confiés à une société de service, la Compagnie des Pétroles du Sud-Est Parisien (COPESEP).

Un bref aperçu est donné des travaux effectués depuis lors par cette société, et notamment des résultats préliminaires des campagnes géophysiques. Ces résultats permettront de situer dans son contexte le forage profond de Jeumont-Marpent n° 1.

II. - Les principales étapes de la reconnaissance

Les travaux sur le terrain débutent en mars 1961 avec une équipe de deux géologues de terrain, une équipe gravimétrique et une équipe sismique de COPESEP basées à Cambrai. Le laboratoire COPESEP de Sainte-Savine (Aube), en collaboration avec le laboratoire central du Groupe Shell à La Haye, est chargé de l'établissement d'une zonation micropaléontologique de référence.

PHASE D'ORIENTATION (avril à décembre 1961).

Parallèlement à une étude bibliographique, l'équipe géologique se consacre au début à des levés stratigraphiques détaillés et à l'échantillonnage des coupes du Paléozoïque de l'Avesnois et de la vallée de la Meuse, tandis qu'une campagne de 20 sondages géologiques destinés à permettre l'établissement d'une section tectonique Nord-Sud superficielle du bassin paléozoïque sous la couverture secondaire, est effectuée dans le périmètre d'Arras, entre Vimy (Pas-de-Calais) et Estrées-Deniécourt (Somme) (Pl. XXVIII) (*).

Dans le domaine du contrôle stratigraphique, des essais de détermination micropaléontologique et palynologique sont effectués sur les échantillons dévoniens provenant des affleurements et des core drills : les premiers résultats décevants peuvent être attribués à une carbonisation intense des pollens et à une pauvreté générale en microfaune classique. Le rôle primordial de la macrofaune pour le Dévonien moyen et supérieur est confirmé par l'abondance de fossiles rencontrés en forage.

En gravimétrie, après l'établissement dans les deux périmètres de 15 stations gravimétriques de base, calées sur la base internationale de Bruxelles, les observations débutent dans le périmètre d'Avesnes, suivant un maillage de grande reconnaissance (0.7 point d'observation au km²). La carte d'anomalies obtenue de cette manière ne fait que con-

firmer l'allure gravimétrique déjà acquise par les travaux de compilation du BRGM, sans apporter de détails supplémentaires.

Les premiers tirs sismiques sont consacrés d'abord à un échantillonnage en croix sur les deux périmètres pour déterminer les paramètres de tir et d'enregistrement, puis sur le périmètre d'Arras à l'établissement de profils expérimentaux Nord-Sud (L. 204, 205, 206, 207, 208) destinés à étudier la continuité des énergies réfléchies. Les résultats obtenus sont médiocres : les seules énergies relativement continues sont d'origine profonde. L'absence d'autres réflexions visibles, notamment dans les niveaux supérieurs, est attribuée à l'effet de masque produit par une onde parasite de surface à grande vitesse de propagation, liée à la couche de craie séno-turonienne et mise en évidence dans un tir de vitesse (TV 209). Malgré une reprise de l'expérimentation sur le profil 208, aucune amélioration appréciable n'est obtenue. Ces résultats ne paraissent donc pas justifier à l'époque la poursuite des tirs sur le périmètre.

Par contre, dans le périmètre d'Avesnes, des essais effectués le long d'un profil NS (L. 404) situé dans la zone d'affleurements paléozoïques font apparaître entre les réflecteurs profonds et la surface, des énergies intermédiaires que l'on assimile, à l'époque, aux objectifs recherchés.

PHASE D'EXPLOITATION (1^{er} janvier 1962 - juillet 1963).

Les résultats généralement décevants obtenus exigent une adaptation du programme de recherches ébauché au début de la campagne, les objectifs à mettre en évidence demeurant toujours, au départ, les pièges éventuels au niveau du Siluro-dévonien du synclinalorium de Dinant.

Dans le *domaine de la stratigraphie*, des levés détaillés sont effectués dans le Boulonnais et la région d'Arras.

Il s'agit en outre, devant la carence des méthodes classiques, de trouver des moyens de datation pouvant être utilisés au forage :

— Au cours de la première moitié de 1962, des essais effectués au laboratoire central du Groupe Shell montrent qu'un traitement particulier des échantillons de carbonates recueillis permet d'isoler des conodontes dont la zonation correspond à celle établie pour le Dévonien et le Carbonifère par les auteurs allemands. La méthode est par la suite appliquée de façon routinière au laboratoire COPESEP.

(*) Les appareils utilisés sont des Failing 1500 et 2500. La profondeur des sondages varie entre 100 m environ au N et plus de 500 m au S. Le Paléozoïque est carotté sur une vingtaine de mètres en moyenne, des pendages Schlumberger permettant d'orienter les pendages, tandis que les corrélations dans le Mésozoïque sont assurées grâce aux courbes de résistivité.

— Des fichiers pratiques de détermination de macrofaune sont établis, à l'usage des géologues de terrain et de forage.

— des examens micropétrographiques d'échantillons en plaque mince et en section polie sont faits pour l'ensemble de la série paléozoïque du synclinorium, la mise en évidence de critères distinctifs devant permettre d'effectuer des corrélations en l'absence de microfaune. Un fichier microphotographique est constitué.

Dans le *domaine structural*, la partie orientale du périmètre d'Avesnes est traitée comme une région-clef pour l'interprétation du permis. Elle présente en effet le privilège :

— d'être un secteur d'affleurements paléozoïques où la structure de surface peut être étudiée dans le détail ;

— de fournir en sismique des énergies qui paraissent continues et attribuables à des réflexions tant dans les niveaux profonds qu'intermédiaires.

Priorité est donc donnée à la recherche de l'allure structurale du Paléozoïque dans cette zone. Le projet est formé de tenter par la suite l'extrapolation vers l'Ouest de l'image obtenue grâce aux données fournies par les méthodes d'analyse géologique ou géophysique exploitables sur l'ensemble du permis (notamment la méthode gravimétrique).

En conséquence, le programme suivant est mis au point et essentiellement réalisé dans le courant de l'année 1962 :

— Cartographie détaillée du Paléozoïque de l'Avesnois appuyée sur une interprétation photogéologique préalable.

— Réalisation sur les deux périmètres d'un programme gravimétrique de détail (densité 2,5 points au km²) permettant de faire ressortir les anomalies de faible amplitude, liées vraisemblablement à la structure du Paléozoïque au niveau de la discordance hercynienne.

— Réalisation d'une campagne de 22 core-drills

légers implantés dans la partie N du périmètre d'Arras aux fins de vérifier cette liaison.

— Exploitation d'un maillage sismique sur la partie E du périmètre d'Avesnes, pour être en mesure de déterminer l'allure structurale profonde. Prise de carottes en fond du trou sismique pour compléter la cartographie de surface.

— Essai d'autres méthodes permettant de préciser sur le périmètre d'Arras l'écorché géologique à la discordance suggéré par la gravimétrie (notamment sismique réfraction à faible profondeur d'investigation, dont les résultats s'avèrent décevants et le coût élevé).

— Essai d'établissement d'une carte photogéomorphologique du périmètre d'Arras susceptible de refléter les allures profondes.

Dès la deuxième moitié de 1962, les renseignements obtenus — notamment grâce à la méthode sismique — permettent d'ébaucher une interprétation de la géologie profonde des permis. Cette interprétation, comme on le verra, introduit des éléments nouveaux qui paraissent placer l'enjeu le plus important dans la partie septentrionale du permis, à la limite du bassin houiller.

Le programme de reconnaissance est modifié en conséquence : la fin de l'année 1962 et les premiers mois de 1963 sont consacrés d'une part à des levés stratigraphiques dans le Siluro-dévonien et le Dinantien du Bassin de Namur, d'autre part à l'exécution de compléments sismiques dans la partie Nord des périmètres d'Avesnes et d'Arras, et de profils Nord-Sud en antenne sur le Bassin de Namur, dans les régions de Béthune et de Mons. Ces derniers sont destinés à reconnaître vers le Nord le tracé des réflecteurs profonds mis en évidence dans le synclinorium de Dinant et, si possible, à les identifier.

La campagne de reconnaissance géologique et géophysique prend fin dès le courant de l'été 1963, le coût de cette campagne atteignant en août 1963 environ 13 millions de francs, ainsi répartis :

<i>Coût</i> (en M de francs)	<i>Durée</i>	<i>Production</i>
Géologie de terrain 0,7	60 mois/géologue	—
Gravimétrie 1,3	28 mois/équipe	12.622 stations
Sismique 7,0	27 mois/équipe	694 km
Forages géologiques 3,2	10,5 mois/appareil	48 forages : 10.853,6 m forés.
Etudes et laboratoire 0,8		
13,0		

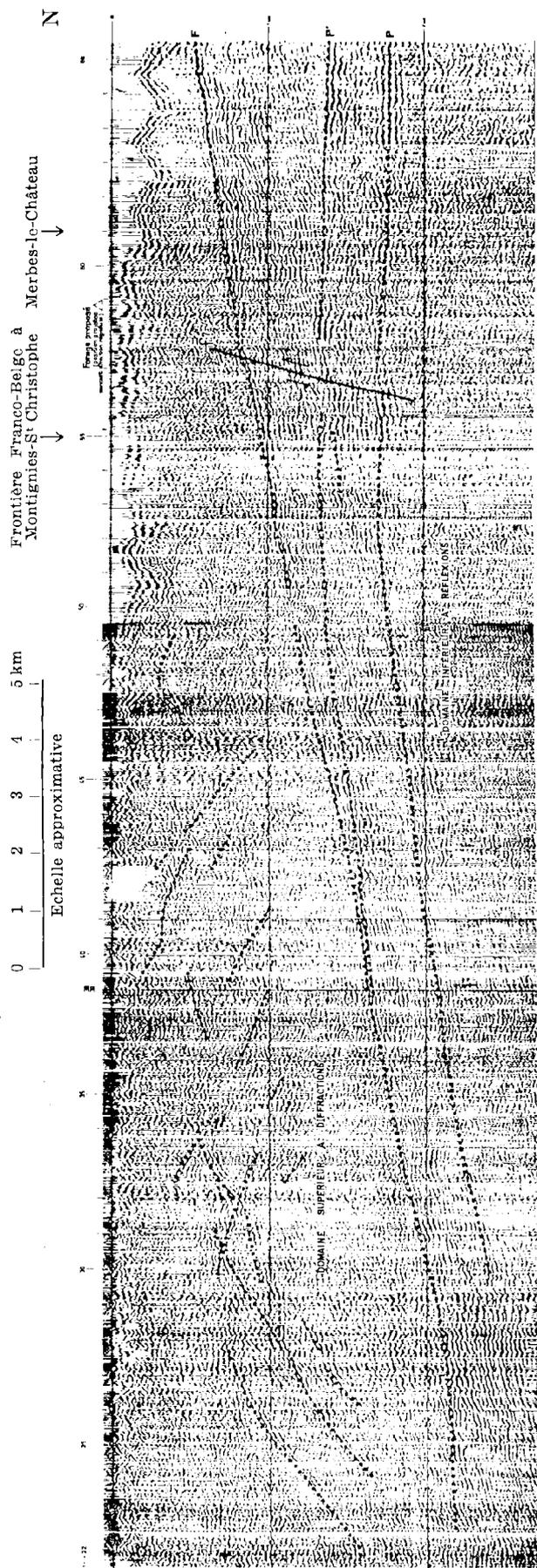


Fig. 1. — Section en aire variable du profil sismique 415 montrant les domaines tectoniques. (Plan de référence: + 150 m au-dessus du niveau de la mer).

III. - Résultats préliminaires de la reconnaissance

La section en aire variable sismique Nord-Sud 415, effectué le long de la frontière belge entre Solre-le-Château (Nord) et Merbes-le-Château (Belgique) illustre les résultats les plus significatifs obtenus par la méthode sismique dans la partie orientale du périmètre d'Avesnes (fig. 1), seule cette méthode ayant fourni des éléments suffisamment clairs pour étayer l'interprétation profonde :

Des réflecteurs continus (soulignés sur la fig. 1) appelés respectivement F, P et P', peuvent y être suivis du Sud (Point de tir 22), où leur profondeur dépasse 2 secondes (plus de 10.000 mètres), au Nord (point de tir 66), où le doublet constitué par les réflecteurs profonds parallèles P et P' et situé entre 1,4 et 1,8 sec., se sépare nettement du réflecteur F, qui monte vers le Nord avec une pente régulière d'une dizaine de degrés pour atteindre en fin de profil une profondeur de 0,5 sec. (un peu plus de 2.000 m).

Le réflecteur F délimite deux domaines : un domaine inférieur où les énergies ont — comme l'illustrent les réflecteurs P et P' — une certaine continuité, et un domaine supérieur où les seules énergies qui présentent une continuité relative ont une pente telle qu'elles doivent être attribuées, après analyse, à des hyperboles de diffraction probablement liées à des failles.

Les réflecteurs P et P' présentent un renversement de pente (point de tir 54) aux environs de Montignies-St-Christophe (Belgique).

L'image sismique présentée par le profil 415 se répète pour l'ensemble des profils de direction méridienne de la partie Nord du périmètre d'Avesnes. La section du profil 422, prolongée vers le N jusqu'au delà du bassin houiller dans la région de Mons, met en évidence la coïncidence en surface entre le réflecteur F et la Grande Faille du Midi (Point de tir 44). Le renversement dessiné par les réflecteurs P et P' se retrouve sur les autres profils. Une carte de contours-temps tracée sur le réflecteur P fait ainsi apparaître une flexure d'axe Est-Ouest passant par Maubeuge.

Malgré la médiocrité des résultats sismiques dans le périmètre d'Arras, des phénomènes semblables peuvent y être observés sur les sections au Sud de l'affleurement de la Grande Faille du Midi.

L'interprétation de la tectonique de faible profondeur dans la partie du synclinorium de Dinant recouverte par des sédiments post-hercyniens, est basée sur les résultats des levés gravimétriques et des forages géologiques : la combinaison de ces deux méthodes permet l'établissement d'un écorché géologique à la discordance hercynienne illustrant la continuité vers l'Ouest des plissements serrés affectant le Dévono-dinantien du synclinorium. La densité des forages effectués a en outre permis de préciser la carte d'isobathes de la discordance hercynienne, dont l'allure paraît refléter en maints endroits des phénomènes tectoniques profonds.

IV. - Conclusions provisoires.

Hypothèses de travail.

But du forage de Jeumont-Marpent N° 1

Les périmètres de recherche de l'Association sont constitués — en surface ou sous les morts terrains crétacés et jurassiques — par les niveaux dévoniens et carbonifères du Bassin de Dinant. La reconnaissance a confirmé que, tant en Artois qu'en Avesnois, ce bassin présente un style tectonique caractérisé en général par des pendages élevés, des plis étroits et de nombreuses failles. C'est à ce style que paraît correspondre sur les sections sismiques le domaine désorganisé à diffractons situé au-dessus du réflecteur F. Aucune donnée nouvelle ne confirme à l'intérieur de ce domaine une atténuation en profondeur de l'intensité des plissements. De toutes façons, aucune méthode d'investigation profonde ne permet d'y localiser de façon précise une zone d'intérêt justifiant un forage pétrolier.

En outre, les renseignements fournis par la reconnaissance aéromagnétique et les forages géologiques ont mis en évidence des intrusions peu profondes affectant la partie Sud-Ouest du périmètre d'Arras.

Par contre, les données sismiques montrent, sans grand risque d'erreur, que — tout au moins dans

la partie Nord des périmètres — le réflecteur F' peut être assimilé à un contraste de vitesse de propagation lié à la Grande Faille du Midi, dont le caractère de faille de chevauchement à faible pente paraît ainsi établi. *Par hypothèse*, le domaine à réflexions sismiques continues situé sous le réflecteur F' est attribué à l'extension, sous le Massif de Dinant chevauchant, des niveaux dinantiens et dévoniens, à structures plus calmes, constituant la bordure méridionale du Massif du Brabant et, probablement, le fond du Bassin de Namur. Ces niveaux surmontés ou non d'un biseau de Houiller à comportement « incompétent », pourraient contenir des réservoirs dolomitiques dans le Dinantien et le Frasnien. Ils paraissent être affectés, aux erreurs d'interprétation près (attribuables à la répartition — encore mal connue — des vitesses de propagation) par un bombement anticlinal dont l'axe semble coïncider avec la vallée de la Sambre entre Maubeuge et Jeumont. C'est sur cet axe qu'a été implanté le forage de Jeumont-Marpent n° 1.

Les buts principaux du forage sont les suivants :

— Vérifier l'hypothèse principale et fournir les données géologiques et pétrophysiques nécessaires à la poursuite de l'interprétation et à l'évaluation pétrolière des niveaux paléozoïques du Nord.

— Reconnaître le cas échéant le contenu en hydrocarbures des niveaux suivants situés sous la Grande Faille du Midi :

- Grès du Westphalien-Namurien.
- Dolomies du Dinantien.
- Dolomies du Frasnien.

Le forage devrait, si les hypothèses se vérifient, trouver la Faille du Midi à un peu plus de 2000 m, les niveaux calmes du Dévono-dinantien à environ 3500 m et le Cambro-silurien (?) à près de 4500 m s'il atteint cette profondeur (*).

(*) A la date de rédaction (27-12-1963), le forage Jeumont-Marpent n° 1 avait traversé à 2400 m la Grande Faille du Midi qui met en contact le Dévonien Inférieur chevauchant avec le Houiller, et se trouvait à 2.820 m dans le Houiller.

La thermoluminescence des roches et son utilité en géologie

par J.M. CHARLIER (1)

(11 fig.)

On donne le nom de thermoluminescence à l'émission de radiations visibles d'un corps quelconque porté à une température inférieure au seuil d'incandescence.

La thermoluminescence des minéraux est connue depuis longtemps (observation sur le diamant bleu en 1663). Il faut cependant attendre le 20^e siècle avant d'enregistrer un progrès sensible dans la connaissance de ce phénomène.

En effet, l'émission thermoluminescente est toujours très faible et sa mesure nécessite l'utilisation de photomètre de grande sensibilité. En outre, la cause, liée à la présence d'atomes radioactifs, soulève des problèmes toujours très complexes d'interaction de la matière et de l'énergie. Actuellement, grâce à l'utilisation des tubes photomultiplicateurs et à une connaissance physique plus approfondie, la mesure de la thermoluminescence révèle des relations possibles entre l'intensité des radiations émises et les facteurs physicochimiques, syngénétiques et épigénétiques d'une roche. En conséquence, elle permet des applications en géologie principalement dans les domaines des lithofaciès et de la géochronologie.

I. - CONSIDERATIONS GENERALES

1) Aperçu théorique.

a) LA COURBE DE THERMOLUMINESCENCE NATURELLE D'UN MINÉRAL (fig. 1 a).

La physique moderne n'est pas encore parvenue à donner une explication complète de la thermoluminescence des minéraux. L'interprétation actuellement admise et que nous résumons brièvement ci-après, constitue en fait une première tentative

laissant encore un certain nombre de problèmes à résoudre.

La thermoluminescence d'un minéral apparaît liée à sa composition chimique et à son réseau cristallin. Il est d'usage de caractériser qualitativement et quantitativement cette propriété par une courbe expérimentale exprimant l'intensité des radiations émises en fonction de la température d'émission ; c'est, par définition, la courbe de thermoluminescence naturelle du minéral A.

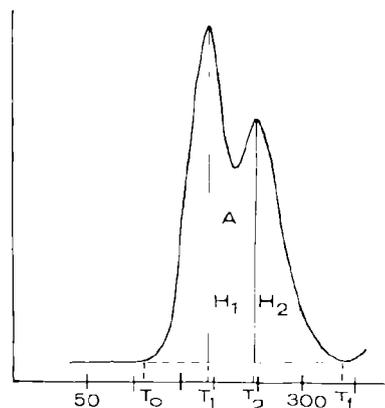


FIG. 1 a. — Courbe de thermoluminescence naturelle. Calcaire Givétien.

Pour un minéral donné (fig. 1 a), l'émission thermoluminescente apparaît toujours thermiquement sélective, ce qui se traduit par une courbe naturelle accusant un ou plusieurs maxima ou « pics » à des températures constantes. La figure 1 a représente une courbe naturelle accusant 2 pics correspondant aux températures T_1 , T_2 .

Il est encore important de souligner qu'un minéral qui a libéré son énergie thermoluminescente

(1) Aspirant du F.N.R.S., Faculté Polytechnique de Mons (Belgique).

n'est plus thermoluminescent. Il en résulte que la température à laquelle est soumis l'échantillon n'est pas la cause profonde de la thermoluminescence.

La température intervient comme le mécanisme qui libère, sous forme de radiations lumineuses, un excès d'énergie maintenu dans le réseau cristallin. On exprime physiquement les faits en disant que le minéral thermoluminescent possède une énergie potentielle accrue, traduisant une certaine instabilité de la matière cristalline. En général, l'instabilité des édifices cristallins traduit l'existence d'états désordonnés localisés en plusieurs points du réseau. L'agent responsable de ce désordre partiel apparaît comme la cause réelle de la thermoluminescence. On s'accorde à localiser les désordres à l'intérieur même des atomes constituants dont les électrons auraient migré vers certains « pièges » conférant aux atomes des états ionisés ou excités à niveaux énergétiques plus élevés mais en nombre fini : $E_1, E_2, E_3 \dots E_n$. En conséquence, un minéral thermoluminescent contiendrait par unité de poids N_1 électrons piégés d'énergie E_1, N_2 d'énergie $E_2 \dots N_n$ d'énergie E_n . Lorsqu'on le soumet à des températures croissantes, l'agitation thermique des atomes augmente et, à la température T_1 , elle est suffisante pour provoquer le retour des électrons de l'état E_1 à l'état normal E_0 ; retour qui s'accompagne d'une libération d'énergie égale à $N_1 (E_1 - E_0)$ se traduisant sur la courbe de thermoluminescence par le pic à T_1 . Pour la température T_2 il y a libération d'une énergie $N_2 (E_2 - E_0)$ etc... Ainsi s'explique l'émission thermoluminescente sélective, les températures T_1, T_2 des pics caractérisant des états « piégés » E_1, E_2 propres à l'espèce minérale mais indépendants du poids de matière. Par contre, la hauteur d'un pic H_1, H_2 étant proportionnelle au nombre d'électrons piégés N_1, N_2 pourra varier avec le poids de l'échantillon ou tout autre facteur susceptible de modifier le nombre de pièges.

L'aire A sous-tendue par la courbe exprimée mathématiquement par l'intégrale

$$A = \int_{T_0}^{T_f} H dT \quad (1)$$

est proportionnelle à l'énergie thermoluminescente émise entre les températures T_0 et T_f marquant le début et la fin de l'émission lumineuse.

b) LES AGENTS DE THERMOLUMINESCENCE.

Les pièges à électrons traduisant un accroissement d'énergie potentielle de la matière cristalline, c'est parmi les facteurs énergétiques naturels qu'il faut chercher la cause de la thermoluminescence.

L'énergie émise par les éléments radioactifs présents dans le minéral ou dans son voisinage immédiat est l'un des agents les plus influents. Par leurs rayonnements, les éléments radioactifs parviennent à déplacer les électrons. En première hypothèse, on peut admettre que l'énergie de thermoluminescence (A) d'un minéral est une fonction de la dose B d'irradiation émise par l'élément radioactif

$$B = R t \quad (2)$$

où R représente l'intensité de la radioactivité d'excitation et t le temps pendant lequel elle s'est manifestée

$$A = f(Rt)$$

La fonction f liant A et Rt dépend notamment du minéral, de la nature des éléments radioactifs et des unités choisies pour exprimer A, R et t .

On conçoit immédiatement l'utilité d'une telle relation qui, par la connaissance de A, R et de la fonction f , permet de déterminer le temps t , c'est-à-dire l'âge des éléments radioactifs responsables de la thermoluminescence.

Au cours de la cristallisation, l'énergie potentielle du minéral est elle-même susceptible d'accroissement selon les valeurs prises par les facteurs d'équilibres : la pression, la température et les concentrations des éléments chimiques présents dans la solution ou le bain originel. L'instabilité qui en résulte pour le cristal peut se traduire par une émission thermoluminescente dite de cristallisation (Zeller, Wray, Daniel 1956 b) pour la distinguer de l'émission dérivée d'éléments radioactifs.

La thermoluminescence dérivée d'éléments radioactifs est elle-même variable avec la présence d'impuretés (Sr, Mn, Fe) ou le pH de la solution mère (Zeller 1954 c, 1956 a), (Medlin 1959).

c) AGENTS SYNGÉNÉTIQUE ET ÉPIGÉNÉTIQUE.

Pour le physicien qui étudie la thermoluminescence, il importe peu que les agents de thermoluminescence se soient manifestés pendant ou après la cristallisation du minéral. Pour le naturaliste, au contraire, qui utilise la propriété comme un nouveau moyen d'étude des minéraux, il peut être utile d'établir une distinction entre thermoluminescence syngénétique et épigénétique.

Les agents épigénétiques n'ont pas changé : ce sont toujours des énergies radioactives, thermiques, dynamiques ou chimiques qu'on peut mettre expérimentalement en évidence.

Thermoluminescence artificielle par irradiation.

Pour un seul échantillon, l'émission thermoluminescente n'est pas reproductible et les essais thermiques ultérieurs le laissent complètement inerte (fig. 2 b). On peut cependant rendre à l'échantillon une nouvelle activité thermoluminescente en le soumettant préalablement à une irradiation contrôlée fournie par une source radioactive artificielle (fig. 2 c). A l'heure actuelle on utilise couramment des sources de Cobalt 60, Rayons X... (*).

On qualifie d'artificielle la thermoluminescence induite par ce procédé, et l'on appelle courbe de thermoluminescence artificielle ou plus simplement courbe artificielle la fonction $H = f(T)$ qu'on obtient au cours de l'essai thermique. De telles expériences, réalisées par Daniels, Boyd et Saunders en 1953 et par Zeller en 1954, illustrent un cas typique de thermoluminescence épigénétique par irradiation et soulignent l'influence prépondérante des éléments radioactifs en tant qu'agents thermoluminescents.

Influences thermiques.

Lorsqu'un minéral thermoluminescent dont la courbe naturelle est caractérisée par 2 pics aux températures croissantes T_1 et T_2 est préalablement porté à une température T comprise entre T_1 et T_2 avant d'être soumis à l'essai thermique, il accuse une courbe de thermoluminescence modifiée par disparition du pic à T_1 . Cette thermoluminescence résiduelle se conçoit aisément et permet de mettre en évidence une influence thermique épigénétique. Dans la nature, nous pourrions enregistrer semblables modifications de la thermoluminescence à la suite d'un métamorphisme thermique subi par le minéral. Ces particularités ont été soulignées par plusieurs observateurs (Zeller 1954 a, Zeller et Pearn 1960), (Johnson 1962).

Influences dynamiques.

De la même manière, une énergie dynamique absorbée par un minéral thermoluminescent sous l'effet d'une pression croissante modifie la courbe naturelle. Les effets de pression se traduisent sur la calcite par la disparition de certains pics et l'apparition de nouveaux pics (Zeller, Wray, Daniels 1955), (Handin, Higgs... 1957), (Albissin, Fornaca Rinaldi, Tongiorgi 1962). Une fois encore, semblables influences épigénétiques peuvent se manifester dans la nature par dynamométamorphisme et l'étude des courbes de thermoluminescence naturelle permettra de les préciser.

(*) Tous nos essais ont été effectués avec une source Radium-Beryllium de 1,5 curies.

2) Minéraux et roches thermoluminescentes.

Depuis la découverte de la thermoluminescence du diamant bleu, on a reconnu cette propriété chez d'autres espèces minérales comme la calcite (Zeller 1954 a), (Medlin 1959), la dolomite (Lewis 1956), (Medlin 1961), les feldspaths, les feldspathoïdes, la fluorine et le quartz (Daniels, Boyds, Saunders 1953).

Dans plusieurs pays, des recherches expérimentales, à partir de cristaux naturels ou artificiels, se poursuivent en vue de préciser les relations entre la thermoluminescence et les propriétés de la matière cristalline.

Confinées au domaine restreint du minéral, de telles études n'offrent guère d'applications pour le géologue ou le pétrographe. C'est la thermoluminescence des roches qui ouvre à ces derniers de nouvelles et intéressantes perspectives. Une roche contenant un pourcentage suffisant de minéraux thermoluminescents est elle-même thermoluminescente et peut être caractérisée par une courbe naturelle de la même manière que les minéraux. En principe, les roches à prédominance de calcite, de dolomite ou de feldspath sont susceptibles d'être thermoluminescentes. Depuis une dizaine d'années, sous l'impulsion de Zeller, la thermoluminescence des calcaires a fait l'objet de plusieurs recherches expérimentales dont nous donnons les résultats essentiels.

La thermoluminescence des calcaires est caractérisée par une courbe naturelle présentant 2 pics, le premier à une température comprise entre 210° et 240° C ; le second entre 280° et 310° C (Daniels, Boyd, Saunders 1953), (Zeller 1954 b).

La courbe artificielle obtenue après irradiations C_0 60 montre 3 pics à 110°, 235° et 310° (Zeller 1954 b) ou parfois 4 pics respectivement à 110°, 150°, 215° et 300° (Daniels, Boyd, Saunders 1953).

La thermoluminescence des granites a été signalée par les Russes (Komovskiy et Lozhnikova 1959).

3) Applications à la géologie.

a) CORRÉLATION DES LITHOFACIÈS.

La thermoluminescence d'une roche dépendant partiellement des conditions de cristallisation (température, pression, composition chimique du milieu) constitue en quelque sorte un paramètre susceptible de préciser le lithofaciès. On pourra donc l'utiliser

comme moyen d'identification et de corrélation de faciès en série sédimentaire.

La méthode jusqu'à présent est restée confinée aux séries calcaires (Bergstrom 1956), (Parks 1953), (Pitrat 1956), (Saunders 1953).

b) GÉOCHRONOLOGIE.

Lorsque des éléments radioactifs syngénétiques présents dans la roche ont, à eux seuls, engendré la thermoluminescence, la relation

$$A = f(Rt) \quad (3)$$

permet de calculer l'âge absolu de la roche t (confondu avec l'âge de la thermoluminescence) connaissant A , R et f . Nous montrerons ultérieurement comment il est possible de déterminer expérimentalement la fonction f .

Cette méthode géochronologique a été utilisée par Zeller et ses collaborateurs à partir de roches calcaires (Zeller 1954 a), (Johnson 1962), (Chessex 1962).

Dans le cas des calcaires, la méthode se heurte cependant à deux difficultés, l'une créée par la très faible radioactivité naturelle des roches carbonatées ($R = 5$ coups/heure), l'autre, beaucoup plus grave due au fait que la thermoluminescence des calcaires dérive partiellement des potentiels de cristallisation. Si nous appelons A_e l'énergie thermoluminescente de cristallisation et A_r l'énergie thermoluminescente de radioactivité, l'énergie totale enregistrée s'écrira $A = A_e + A_r$ (5), et comme seul A_r obéit à la relation (3) il vient $(A - A_e) = f(Rt)$.

Malheureusement, il n'est pas possible de mesurer A_e , et de ce fait la méthode appliquée aux calcaires peut conduire à des résultats erronés (Zeller, Wray, Daniels 1956 b).

A partir des granites, la méthode a été mal appliquée par les Russes qui n'ont pas tenu compte ni de R ni de f (Komovskiy, Lozhnikova 1959).

II. - RECHERCHES POURSUIVIES AU LABORATOIRE DE LA FACULTE POLYTECHNIQUE DE MONS DEPUIS 1963

En vue d'étendre et de préciser les applications de la thermoluminescence en géologie, nous avons entamé depuis près d'un an des recherches portant sur la thermoluminescence des roches.

La présente note a pour but de donner les premiers résultats de notre étude entreprise sous les auspices du Fonds National de la Recherche scientifique de Belgique et dans le cadre des travaux d'une thèse de doctorat en Sciences appliquées.

1) Appareillage (fig. 1 b).

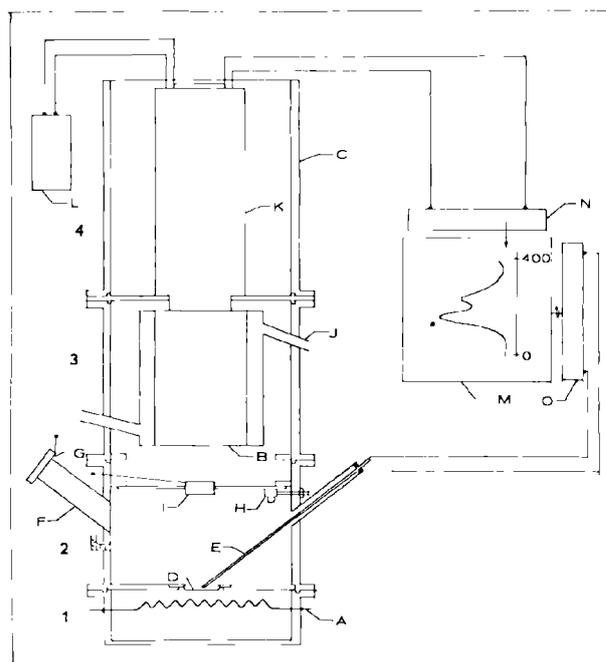


FIG. 1 b

Le photomètre de thermoluminescence mis au point en nos laboratoires est constitué de deux éléments principaux :

— une plaque chauffante (A) dont la loi de chauffe est linéaire jusqu'à 500° C ;

— un tube photomultiplicateur (B) pour enregistrer le flux lumineux émis par l'échantillon.

L'ensemble est placé dans un boîtier hermétique (C) afin de soustraire le tube photomultiplicateur aux flux lumineux parasites ; il est constitué de 4 éléments :

Partie 1 contenant la plaque chauffante et le porte-échantillon en nickel (D).

Partie 2 contenant :

- le couple thermoélectrique (E) pour la mesure de la température de l'échantillon. (Nous utilisons un couple Khantal « Chromelalumel » très sensible dans le domaine 0-500° C).
- un tube de visée (F) pour contrôler la position du thermocouple avant l'essai. [en cours d'essai, le tube est fermé par un obturateur (G)].
- un illuminateur (H) pour l'éclairage de la chambre inférieure lors de la mise en place du thermocouple.

Partie 3 contenant le tube photomultiplicateur, lequel est refroidi par une circulation d'eau (J) assurant une meilleure protection du tube et une augmentation sensible de son rendement par réduction du courant d'obscurité dû à l'émission thermionique de la photocathode.

Afin de minimiser les effets de fatigue du tube, un obturateur (I) est placé entre les parties 2 et 3. Il est ouvert après introduction de l'échantillon.

Partie 4 contenant les circuits électriques du tube photomultiplicateur (K).

Le tube est alimenté par une haute tension (L) réglable et stabilisée. Un enregistreur à deux coordonnées (M) est commandé :

- *en abscisse* : par le courant d'anode (N) proportionnel au flux lumineux émis par l'échantillon.
- *en ordonnée* : par la f.e.m. au thermocouple (O) proportionnelle à la température de l'échantillon.

On enregistre ainsi la variation du flux lumineux émis par l'échantillon en fonction de sa température : *c'est la courbe de thermoluminescence.*

INFLUENCE DES FACTEURS EXPERIMENTAUX SUR L'ALLURE DES COURBES DE THERMOLUMINESCENCE

A) Poids.

Le poids d'échantillon agit :

- 1° sur la température des pics ;
- 2° sur la hauteur des pics ;
- 3° sur la différenciation des pics.

Ex. : Tuffeau de Ciplý
tension au tube 1150 V - même granulométrie

Poids d'échantillon	Hauteur 1 ^{er} pic (en cm)	Hauteur 2 ^e pic (en cm)	T. 1 ^{er} pic	T. 2 ^e pic
1,4 g	5,3	5,7	210° C	280° C
0,650 g	6,5	6,8	165° C	215° C

1° Température des pics.

Une augmentation du poids d'échantillon se traduit par un déplacement apparent des pics vers les hautes températures. En effet, le gradient thermique dans l'échantillon croît avec l'épaisseur de ce dernier. En conséquence, l'émission de thermoluminescence se déclenche dans la couche supérieure à une température T₁ inférieure à la température T₂ mesurée par le thermocouple dans une couche plus profonde de l'échantillon.

2° Hauteur des pics.

Le porte-échantillon ayant une forme fixe, une augmentation de poids entraîne une augmentation d'épaisseur. De ce fait, plusieurs facteurs jouent en sens contraire. L'augmentation de poids allant de pair avec un accroissement du nombre de photons émis se traduit par une hauteur plus grande des pics. L'augmentation d'épaisseur, par contre, diminue le flux émergent par absorption croissante des photons. D'autre part, elle joue également dans le sens d'un accroissement du gradient thermique tendant à étaler les maxima sur un intervalle plus grand de température.

Les divers effets combinés permettent de définir un « poids critique » d'échantillon assurant les meilleures conditions d'enregistrement.

3° Différenciation des pics.

Une augmentation du poids d'échantillon entraîne une meilleure différenciation des pics (fig. 3 a et b).

B) GRANULOMÉTRIE.

Ex. : Calcaire Givétien - tension au tube 1150 V
poids d'échantillon 0,450 g - vitesse de chauffe 40°/min.

Granulométrie	Hauteur 1 ^{er} pic (cm)	Hauteur 2 ^e pic (cm)
Refus 43 M	9,3	6,3
43-65 M	7	5
100-150 M	6,1	4,3
150-200 M	4,4	3,2
200-250 M	5,5	4

La hauteur des pics diminue avec la dimension des grains. Plus le grain est fin, plus l'absorption dans la couche de matière semble être importante.

Cependant, lorsque la dimension des grains est inférieure à 200 Mesh, cet effet est compensé par une libération plus grande des centres luminescents.

C) TENSION DU TUBE.

Ex. : Calcaire Givétien - granulométrie 48-65 M
poids d'échantillon 0,450 g - vitesse de chauffe 40°/min.

Tension tube	Hauteur 1 ^{er} pic (en cm)	Hauteur 2 ^e pic (en cm)
1150 V	7	5
1200 V	10,5	7,5

La hauteur des pics augmente avec la haute tension appliquée au tube. On est cependant limité dans cette voie par l'existence d'un courant d'obscurité dû à l'émission thermo-ionique de la photo-cathode et rapidement croissant avec la tension d'alimentation.

D) VITESSE DE CHAUFFE.

En augmentant la vitesse de chauffe, on accélère le phénomène de thermoluminescence et les pics sont plus élevés. Aussi, depuis ces dernières années adopte-t-on des vitesses de chauffe de plus en plus grandes (Johnson 1961). Cependant, là encore on est limité par la nécessité d'éviter un gradient thermique trop élevé dans l'échantillon.

E) DURÉE DE MISE SOUS TENSION DU TUBE AVANT ESSAI ET REPRODUCTIBILITÉ DES COURBES.

Les différents facteurs expérimentaux étant maintenus constants, de nombreux essais ont été effectués sur un même échantillon en vue de s'assurer de la reproductibilité des courbes. Il y a lieu de procéder aux essais 1 heure environ après la mise sous tension du tube.

Ex. : Granite de la région du Simandou
(République de Guinée) - tension tube 1200 V
granulométrie 48-65 M - poids d'échantillon 0,450 g
vitesse de chauffe 40°/min. - shunt 4

Essais du 18-6-1963	Hauteur du pic (en cm)	
	le matin	l'après-midi
1 ^{er} essai	9,8	9,9
2 ^e essai	11,4	11,7
3 ^e essai	11,3	11,4
4 ^e essai	11,4	11,5

Pour chaque courbe de thermoluminescence, les facteurs expérimentaux seront définis :

— *granulométrie* : généralement nous utilisons le 48-65 M, parfois le 150-200 M.

— *poids* : 0,450 g d'échantillon.

— *tension au tube* : suivant les essais 1100 à 1200 V.

— *Vitesse de chauffe* : 40°/min.

erreur : l'erreur sur la hauteur des pics ne dépasse pas 3 à 5 %. Sur l'aire des pics déterminée par planimétrie, l'erreur est de 1 à 2 % au plus.

2) Les roches thermoluminescentes.

a) LES CALCAIRES :

Toutes les roches calcaires soumises aux essais thermiques ont accusé une nette thermoluminescence. Parmi celles-ci nous citerons : des calcaires pulvérulents (Montien), des craies (Sénonien), des

Les granites des Kibara (République du Congo), du Simandou (République de Guinée) et du massif pélagonien (Grèce) montrent un pic vers 200-240° (fig. 4 a et 5 a). Les porphyroïdes de Mairupt (Massif de Rocroi) et de Fauquez (Anticlinal du Brabant) et la diorite de Quenast (A. du Brabant) montrent 2 pics dont un vers 170° C et l'autre vers 240° C (fig. 3 a et b).

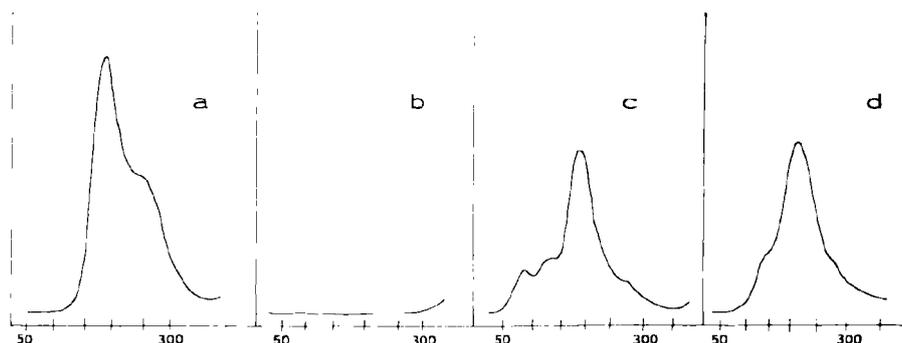


FIG. 2. — Craie de Trivières.

Tension tube 1200 V. - granulométrie 48-65 M.

poids d'échantillon 0,450 g. - shunt 2

a) thermoluminescence naturelle.

c-d) thermoluminescence après irradiation de 72 heures.

calcaires cohérents (Givétien - Frasnien), des calcaires métamorphiques (Trias). Les courbes naturelles des calcaires non métamorphisés montrent 2 pics (fig. 2 a), l'un à 200-230°, l'autre à 250-280°. Chez les calcaires métamorphisés, seul le pic à haute température est présent.

Lorsqu'on relève les courbes artificielles après irradiation, on obtient 3 ou 4 pics (fig. 2 e) dont un à basse température (70° C) si l'échantillon a été maintenu à 0° C entre la fin de l'irradiation et le début de l'essai thermique.

Le pic à basse température disparaît lorsque l'échantillon est placé avant l'essai thermique, à la température ambiante (20° C) durant 2 semaines environ (fig. 2 d).

b) LES ROCHES MAGMATIQUES.

— Les granites, microgranites et diorites sont généralement thermoluminescents.

— Leur courbe de thermoluminescence naturelle montre 1 pic, parfois 2.

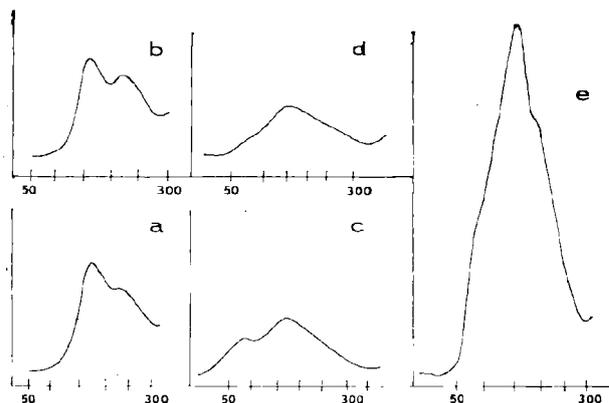


FIG. 3. — Porphyroïde de Mairupt.

Tension tube 1200 V. - granulométrie 48-65 M.

a) thermoluminescence naturelle, shunt 0, poids 0,450 g.

b) thermoluminescence naturelle, shunt 0, poids 0,650 g.

c-d) thermoluminescence après irradiation de 6 heures, shunt 3, poids 0,450 g.

e) thermoluminescence après irradiation de 6 heures, shunt 0, poids 0,450 g.

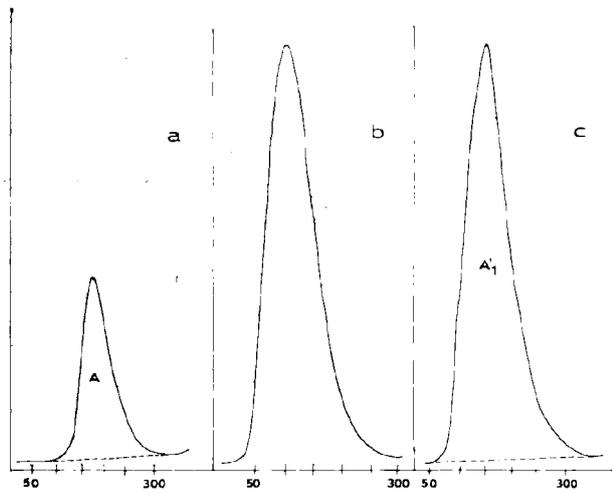


FIG. 4. — Granite Kano G 31 (Massif Pélagonien)

Tension tube 1200 V. - granulométrie 48-65 M.
poids 0,450 g.

- a) thermoluminescence naturelle shunt 2.
b-c) thermoluminescence après irradiation de 72 heures,
shunt 3.

— La courbe de thermoluminescence après irradiation a la même forme générale que la courbe naturelle.

Pour un échantillon maintenu à 0° C avant l'essai thermique, la courbe montre :

— soit un pic (Kibara, Simandou, Massif Pélagonien) débutant à 25° et dont le maximum est déplacé vers les basses températures par rapport à celui de la courbe naturelle (fig. 4 b) ;

— soit 3 pics (Mairupt, Fauquez) dont un à basse température (60° C) (fig. 3 c et 3 e).

Lorsque l'échantillon est placé à température ambiante durant 2 semaines environ, on constate :

— un déplacement du pic vers 240° (Kibara, Simandou, Massif Pélagonien) (voir fig. 4 c) ;

— une disparition du pic à 60° (Mairupt, Fauquez) (voir fig. 3 d).

c) LES ROCHES MÉTAMORPHIQUES.

Les gneiss, migmatites, amphibolites, mica-schistes albitiques sont thermoluminescents (fig. 5 b, c, d, e). Pour mettre en évidence la thermoluminescence d'un mica-schiste albitique, il convient d'utiliser une classe granulométrique particulièrement riche en albite (fig. 5 d et e).

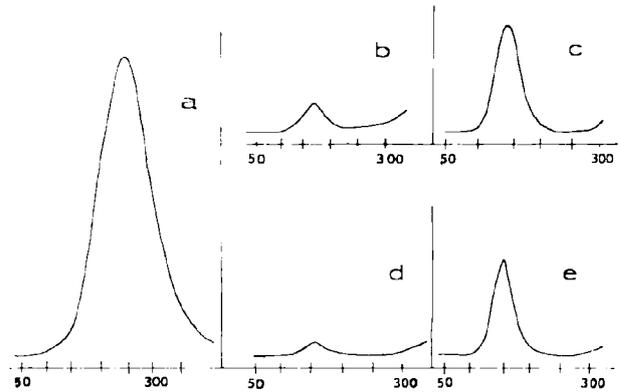


FIG. 5

Tension tube 1200 V. - poids d'échantillon 0,450 g.

- a) Granite du Simandou, shunt 4, granulométrie 48-65 M.
b) migmatite Kose F. 31 (Massif Pélagonien), shunt 0, granulométrie 48-65 M.
c) Amphibolite shunt 0, granulométrie 48-65 M.
d) Micaschiste albitique (Massif Pélagonien) shunt 0, granulométrie 48-65 M.
e) Micaschiste albitique (Massif Pélagonien) shunt 0, granulométrie passé 65 M.

3) Application de la thermoluminescence aux lithofaciès.

Pour illustrer une application possible de la thermoluminescence des roches dans les problèmes de lithofaciès, nous avons choisi les craies du bassin de Mons offrant les particularités suivantes :

— elles sont toutes fortement thermoluminescentes ;

— elles ont évolué en dehors de toute action tectonique ou métamorphique de sorte que leur thermoluminescence est exclusivement syngénétique ;

— elles constituent des dépôts en mer peu profonde, où les apports terrigènes étaient négligeables ;

— Elles traduisent des modifications temporaires des conditions de sédimentation soulignées par des banes durs (hardground dus à des courants marins) et par la formation de phosphate de chaux en grains (concomitante de certain mouvement transgressif de la mer).

a) CARACTÈRES GÉNÉRAUX DE LA THERMOLUMINESCENCE DES CRAIES DU BASSIN DE MONS.

Rappelons brièvement la succession stratigraphique régionale. Pour plus de détail, le lecteur

voudra bien se reporter aux synthèses stratigraphiques publiées dont la plus récente est due au professeur R. MARLIÈRE (1954).

De haut en bas, la succession est la suivante :

Montien :	Tuffeau de Cibly.
Maestrichtien :	Tuffeau de St-Symphorien Craie de Cibly Craie de Spiennes.
Campanien :	Craie de Nouvelles Craie d'Obourg Craie de Trivières.
Santonien :	Craie de St-Vaast sup.
Coniacien :	Craie de St-Vaast inf.

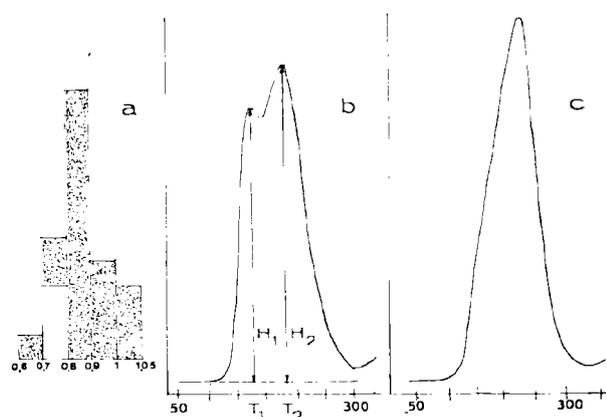


FIG. 6. — Craie phosphatée de Cibly.

Tension tube 1100 V. - poids 0,450 g.
granulométrie 150-200 M. - shunt 1.

- a) histogramme du rapport H_1/H_2 , sans figuré : les points au voisinage du banc dur du sommet.
b) craie phosphatée 4 m sous le banc dur.
c) banc dur sommet craie phosphatée.

Les courbes de thermoluminescence naturelle et après irradiation diffèrent d'une assise à l'autre (fig. 7).

La forme des courbes de thermoluminescence (fig. 6 b) permet de préciser plusieurs paramètres caractéristiques comme la hauteur des pics H_1 et H_2 , la température des pics T_1 et T_2 et le rapport ρ des hauteurs des pics H_1/H_2 .

Parmi tous ces paramètres, nous avons retenu le rapport ρ indépendant de la sensibilité d'enregistrement.

Dans une même assise, le rapport H_1/H_2 est variable mais se maintient au voisinage d'une valeur moyenne caractéristique de cette assise.

Ainsi, pour une trentaine d'échantillons de craie phosphatée de Cibly, répartis sur tout l'assise, la valeur la plus probable est comprise entre 0,80 et 0,90 (fig. 6 a).

La valeur moyenne du rapport ρ est déterminable dès que l'on dispose d'un nombre suffisant d'échantillons répartis verticalement sur une même assise (cas d'un sondage).

Température des pics.

La courbe naturelle montre :

— soit un pic à 150-180° et un pic à 200-230° (craie phosphatée de Cibly, Tuffeau de Cibly),

— soit un pic à 200-230° et un autre à 250-280° (craies de Nouvelles, d'Obourg, de Trivières et de St-Vaast).

En général, la hauteur du pic de haute température (250-280°) diminue de haut en bas de l'échelle stratigraphique (Nouvelles, Obourg, Trivières, St-Vaast).

b) LA THERMOLUMINESCENCE DES « BANCS DURS ».

— La courbe naturelle des bancs durs est caractérisée par une chute rapide de rapport ρ comparé à celui des craies sus et sous-jacentes (fig. 8).

— Les craies au voisinage immédiat (jusqu'à 1 à 2 m) du banc dur accusent elles aussi une diminution du rapport ρ .

Le Tuffeau de Cibly dont le dépôt est postérieur au durcissement de la craie phosphatée n'accuse pas de chute du rapport ρ au voisinage du banc dur.

— La déformation de la courbe naturelle au voisinage du banc dur est indépendante de sa position dans l'échelle stratigraphique (fig. 9).

La présence d'un hardground dans la craie se traduit donc par une diminution du rapport ρ atteignant même une valeur nulle (fig. 6 c).

c) POSSIBILITÉ DE CORRÉLATION DES FACIÈS A L'INTÉRIEUR D'UNE ASSISE (Craie de Cibly).

Nous avons étudié la loi de variation du rapport ρ à l'intérieur de la craie de Cibly. Dans ce but, 3 coupes distantes de quelques kilomètres

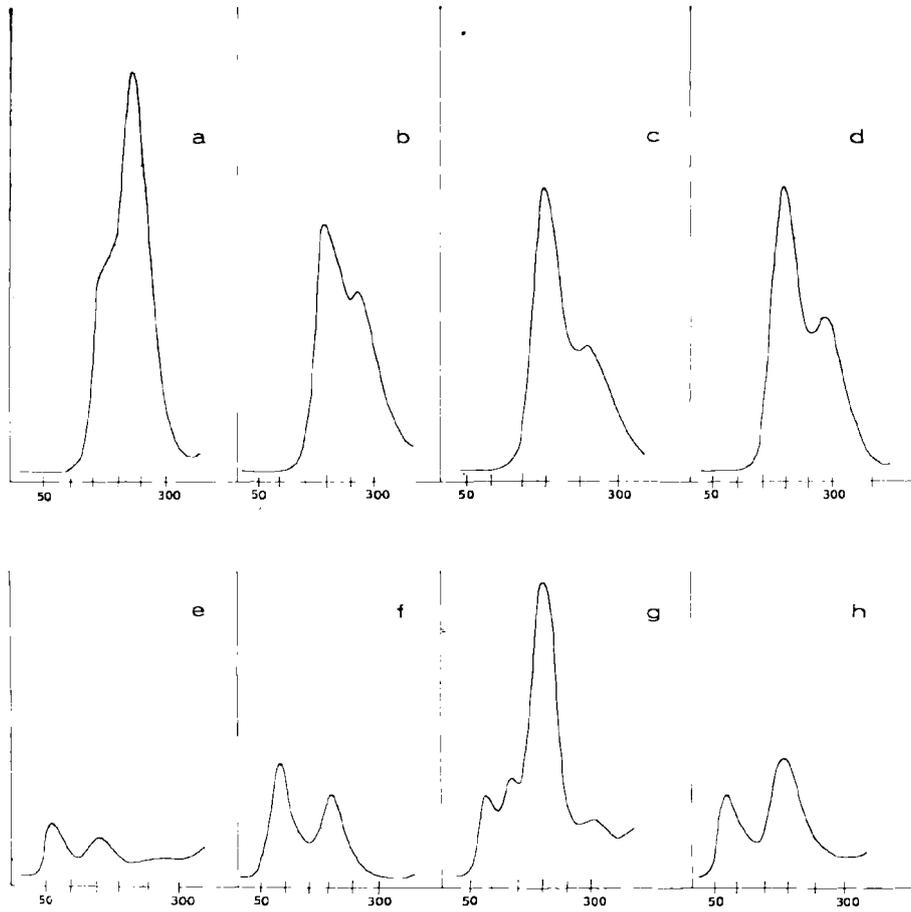


FIG. 7. — Craies du bassin de Mons.

Tension tube 1140 V.
granulométrie 150-200 M.
poids 0,450 g - shunt 1.

- a) Craie phosphatée de Ciplý.
b) craie de Nouvelles.
c) craie de Trivières.
d) craie de St-Vaast.
Thermoluminescence naturelle.

Tension tube 1200 V.
granulométrie 48-65 M.
poids 0,450 g - shunt 1.

- e) craie phosphatée de Ciplý.
f) craie de Nouvelles.
g) craie de Trivières.
h) craie de St-Vaast.
Thermoluminescence après irradiation
de 48 heures.

ont été étudiées au bord sud du bassin de Mons. Les échantillons ont été prélevés tous les mètres sur la hauteur de l'assise. Les échelles stratigraphiques locales sont reportées à la fig. 10. En regard de chaque succession stratigraphique et à la même échelle, nous avons pointé la valeur du rapport ρ (abeisses croissantes de gauche à droite). La courbe obtenue en joignant les points successifs illustre les variations de faciès qui ne sont pas

toujours directement apparentes et que la thermoluminescence met en évidence. A la coupe 1, on peut distinguer :

— A l'extrême sommet au contact du poudingue de la Malogne, la craie phosphatée durcie caractérisée par une très faible valeur du rapport ρ .

— Une partie supérieure (9 m) où le rapport ρ accuse deux maxima successifs.

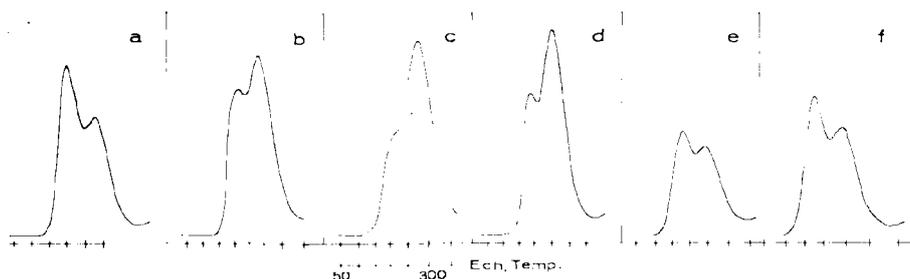


FIG. 8. — Tension tube 1100 V. - granulométrie 150-200 M.
poids d'échantillon 0,450 g - shunt 1.

*Thermoluminescence naturelle contact Craie d'Obourg - Craie de Trivières
(Carrières Nicquet, Obourg)*

- a) Craie de Trivières 2,50 m en dessous du conglomérat à Belemnites.
- b) Craie de Trivières contact conglomérat à Belemnites.
- c) Banc dur et conglomérat à Pelemnites.
- d) Craie d'Obourg contact conglomérat à Belemnites.
- e) Craie d'Obourg 2 m au-dessus du conglomérat à Belemnites.
- f) Craie d'Obourg 5 m au-dessus du conglomérat à Belemnites.

— Une partie inférieure (de 9 à 18 m à partir du sommet) où le rapport ρ est pratiquement constant.

Aux coupes 2 et 3 : sous la craie durcie toujours caractérisée par une faible valeur de ρ , la craie de Cibly jusqu'au poudingue de Cuesmes à la base est caractérisée par deux maxima du rapport ρ .

Grâce à la thermoluminescence, on peut donc distinguer deux faciès dans la craie de Cibly : un faciès supérieur à 2 maxima de ρ et un faciès inférieur à ρ constant. Dans une zone plus centrale du bassin (coupe 1) les deux faciès existent tandis que vers la bordure (coupe 2 et 3) seul le faciès supérieur est représenté. Dans l'hypothèse où ces faciès correspondent à des entités stratigraphiques, nous pourrions distinguer une série inférieure (à ρ constant) et une série supérieure (à 2 maxima de ρ), celle-ci étant transgressive au bord sud du bassin de Mons. Cette conclusion serait d'ailleurs en parfait accord avec la stratigraphie, la transgression de la Craie de Cibly étant jalonnée par le poudingue de Cuesmes.

Un autre fait mis en évidence par la thermoluminescence a trait à la variation de ρ non plus dans le temps (de bas en haut d'une échelle stratigraphique) mais dans l'espace (soit du N au S dans un même faciès).

Les valeurs moyennes de ρ s'établissent du N au S de la façon suivante :

Coupe 1	Coupe 2	Coupe 3
Partie supérieure Moyenne 0,91	Moyenne 0,85	Moyenne 0,77
Partie inférieure Moyenne 0,85		

La moyenne du rapport ρ va en diminuant vers la bordure du bassin. Tout en évitant d'émettre des conclusions trop prématurées, nous pensons qu'une diminution du rapport ρ dans les craies pourrait éventuellement être en relation avec une sédimentation en milieu plus agité.

En effet, nous avons constaté que le rapport ρ diminue :

— dans les craies durcies sous l'action de courants marins ;

— dans une même assise lorsqu'on va vers la bordure du bassin ;

au voisinage de lits de galets phosphatés interstratifiés dans une assise et interprétés comme un phénomène d'érosion contemporaine du dépôt.

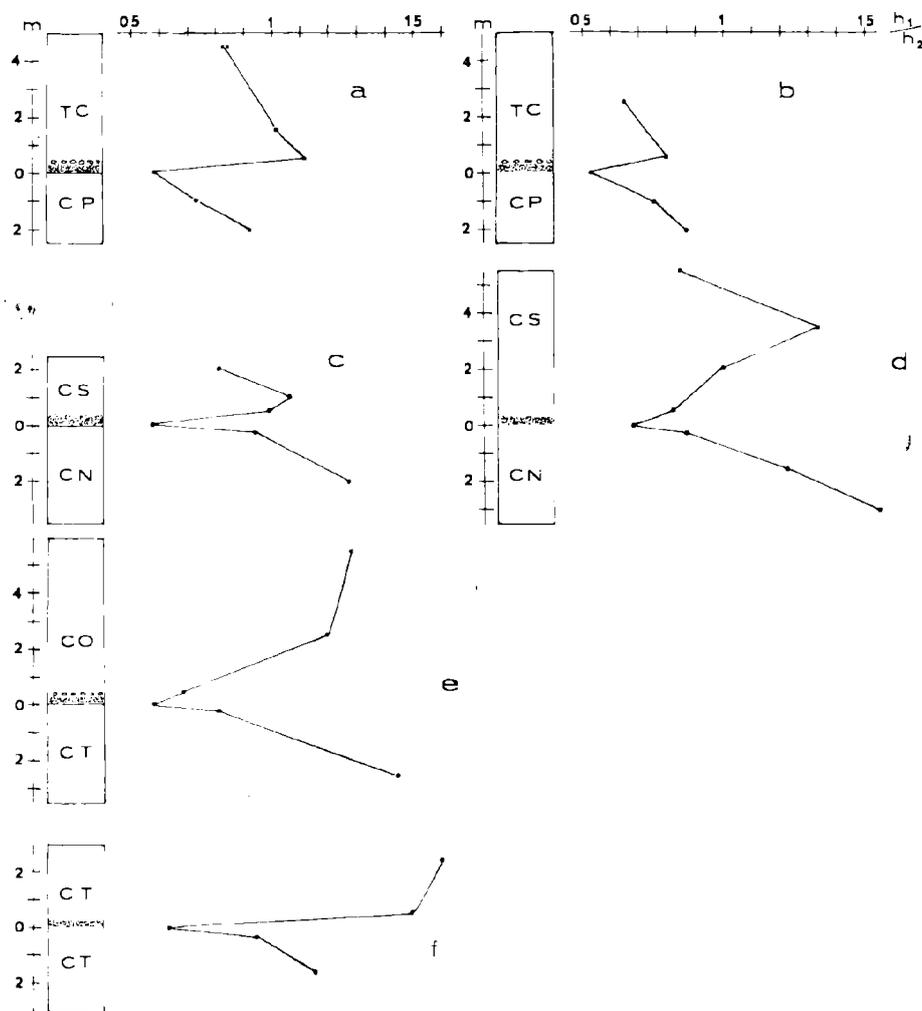


FIG. 9. — *Thermoluminescence naturelle - bancs durs.*

- a) contact Tuffeau de Ciplly - Craie phosphatée de Ciplly. Carr. André, Ciplly.
- b) contact Tuffeau de Ciplly - Craie phosphatée de Ciplly. Carr. Nord, Cuesmes.
- c) contact Craie de Spiennes - Craie de Nouvelles. Carr. André, Ciplly.
- d) contact Craie de Spiennes - Craie de Nouvelles. Carr. Harmignies.
- e) contact Craie d'Obourg - Craie de Trivières. Carr. Nicquet, Obourg.
- f) banc dur dans la craie de Trivières. Carr. Nicquet, Obourg.

CONCLUSION

L'étude de la thermoluminescence des roches constitue pour le géologue un moyen d'effectuer des corrélations en faciès calcaires. Un « log » de thermoluminescence pourrait être très utile dans l'interprétation des sondages, d'autant plus que la méthode est rapide (10 minutes pour le tracé d'une courbe de thermoluminescence).

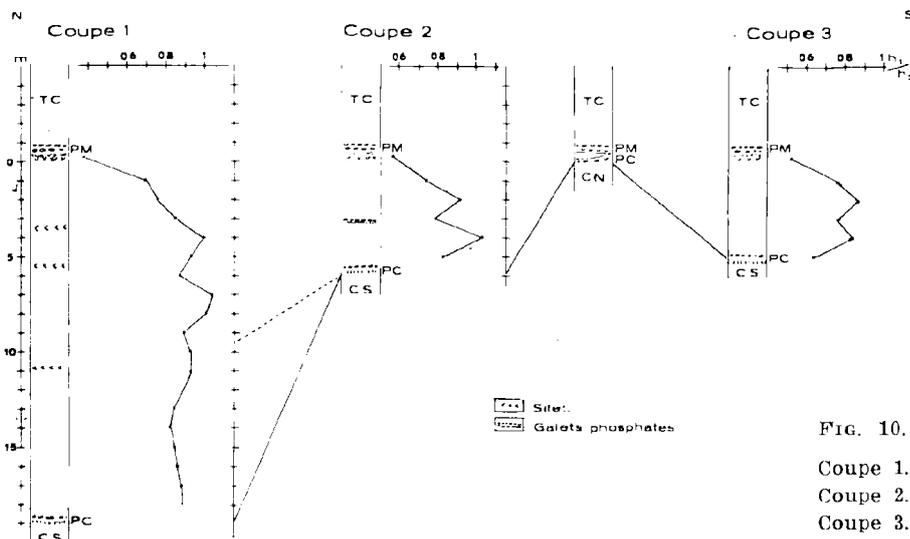


FIG. 10. — Craie phosphatée de Ciply.
 Coupe 1. - Carrière Liénard, Ciply.
 Coupe 2. - Carrière André, Ciply.
 Coupe 3. - Carrière Nord, Cuesmes.

4) Application de la thermoluminescence en géochronologie.

LA COURBE DE SATURATION D'UNE ROCHE.

Nous avons précédemment précisé la relation liant l'âge t de la roche à sa radioactivité syngénétique R mesurée en coups par minute et son énergie de thermoluminescence exprimée par la surface A sous-tendue par la courbe naturelle

$$A = f(R t).$$

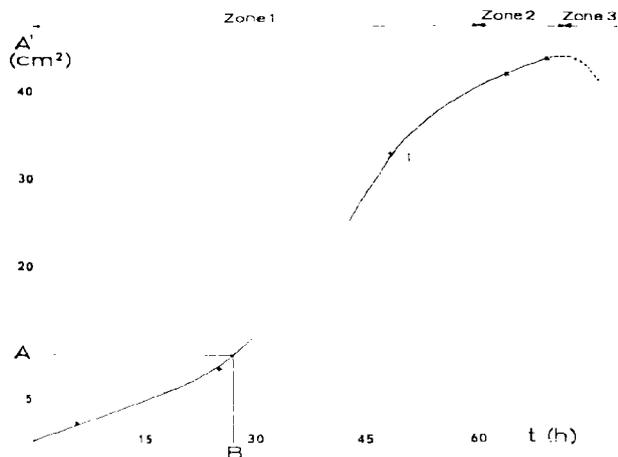


FIG. 11. — Courbe de saturation - granite du Simandou.

La détermination de f exige l'établissement préalable d'une courbe de saturation qui exprime en quelque sorte l'aptitude de la roche à la thermoluminescence. On procède de la façon suivante : l'échantillon thermoluminescent est tout d'abord rendu inerte par un essai thermique au cours duquel on enregistre sa courbe naturelle D limitant une surface A (fig. 4 a). L'échantillon inerte est soumis pendant un temps t_1 à l'irradiation d'une source d'intensité connue i_0 . L'échantillon irradié soumis à l'essai thermique livre une courbe artificielle D_1 caractérisant une énergie lumineuse induite E_1 exprimée par l'aire A'_1 sous-tendue par la courbe D_1 (fig. 4 c). Le même échantillon est ensuite irradié pendant un temps t_2 d'où une aire A'_2 et ainsi de suite.

Après un nombre suffisant d'irradiations (5 à 10 suivant le cas) on porte dans un diagramme (t, A') les points (t_1, A'_1) (t_2, A'_2)... (t_n, A'_n). La courbe joignant les différents points est par définition la courbe de saturation de la roche qui présente en général 3 zones distinctes (fig. 11) :

- une zone à thermoluminescence croissante avec les durées d'irradiation t ;

- une zone à thermoluminescence constante au delà d'une durée t_s ;

- une zone à thermoluminescence décroissante au delà d'une durée t_r .

L'aspect de la courbe s'interprète facilement. Dans la zone croissante, le nombre N d'électrons piégés croît avec la dose totale d'irradiation jusqu'à atteindre une valeur limite correspondant à la totalité des pièges physiquement possibles. A partir de la valeur dose de saturation, l'intensité de thermoluminescence n'est plus influencée par la radioactivité et reste constante pour des valeurs croissantes.

Au delà d'une certaine limite t_r , la dose d'irradiation élevée provoque des destructions de pièges avec comme conséquence une diminution de la thermoluminescence induite.

Pour résoudre les problèmes de géochronologie, seule est utilisable la partie croissante de la courbe dont la tangente en chaque point exprime l'aptitude de la roche à la thermoluminescence induite par le rayonnement de la source.

Dans l'hypothèse où le rayonnement naturel est qualitativement identique à celui de la source, on obtient directement par la courbe de saturation la dose équivalente d'irradiation.

Il suffit de porter en ordonnée l'intensité A de thermoluminescence naturelle à laquelle correspond une durée équivalente B . La relation d'équivalence s'écrit $t = B/R$.

En fait, comme les rayonnements naturel et artificiel ne sont jamais rigoureusement comparables, ni exprimés avec les mêmes unités, la relation d'équivalence doit s'écrire

$$t = K B/R$$

où K est une constante à déterminer.

Cependant, si l'on se borne à déterminer les âges relatifs entre deux roches 1 et 2, la détermination de K n'est pas nécessaire. On a en effet :

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{B_1}{R_1} \bigg/ \frac{B_2}{R_2}$$

Les âges absolus sont dans le même rapport que les nombres B/R .

APPLICATION AUX GRANITES.

JUSTIFICATION DE LA MÉTHODE.

Nous avons expérimenté la méthode sur les granites dont la thermoluminescence semble exclusivement liée à la radioactivité plus élevée que dans les calcaires.

Toutefois, les résultats impliquent la validité de deux hypothèses dont le bien-fondé ne pourra être vérifié qu'après l'étude d'une série de granites bien datés.

1) *Le rayonnement des centres radioactifs* du granite est seul responsable de la thermoluminescence de la roche. La thermoluminescence induite par cristallisation est nulle ou négligeable.

2) *Le mode de distribution de la radioactivité* dans la roche ainsi que *la qualité du rayonnement émis* n'ont pas d'influence sur la thermoluminescence des granites.

— Distribution des radioéléments dans la roche.

La radioactivité est distribuée dans les granites suivant 3 modes différents :

- inclusions principalement localisées dans la biotite,
- dispersion dans les minéraux essentiels,
- localisation dans des fractures de minéraux.

Les deux premiers modes sont syngénétiques, le troisième peut être syngénétique ou épigénétique. L'âge calculé par thermoluminescence peut donc être trop faible par suite de l'existence d'une radioactivité épigénétique prépondérante.

— Qualité du rayonnement en énergie.

Il est possible qu'un certain seuil énergétique du rayonnement soit nécessaire pour déclencher la thermoluminescence d'une roche. Heureusement, la répartition des radioéléments est sensiblement la même pour tous les granites (rapport thorium/uranium voisin de 3,5). Il est donc probable que le pourcentage de particules susceptibles de déclencher la thermoluminescence soit le même pour tous les granites.

RÉSULTAT DES MESURES.

Nous avons expérimenté la méthode sur deux granites et un microgranite. Pour chacune des roches, nous avons établi la courbe de thermoluminescence et la courbe de saturation. Nous avons pu constater que la thermoluminescence de chacune des roches correspond à la partie croissante de chaque courbe de saturation même pour les roches les plus anciennes (2000 ma). La méthode est donc applicable.

Les conditions expérimentales des mesures sont les suivantes :

Source radioactive artificielle : Beryllium-Radium 1,5 curies (Source de l'I.S.N.).

Durées d'irradiations : 6 h., 24 h., 48 h., 64 h., 72 h., 120 h.

Vitesse de chauffe : 40°/min.

Température maximum : 400°.

Poids des échantillons broyés : 0,450 g.

Granulométrie : 48-65 M.

Radioactivité naturelle : mesurée en coups/min. au compteur Geiger avec un tube Amperex 120 NB sensible aux γ et β .

Dans ces conditions, nous avons obtenu les résultats suivants :

a) Granite de Guinée (région du Simandou) :

Age : Précambrien (probablement Birrimien 2000 ma)

$$B_1 = 27 \text{ h.} \quad R_1 = 16,2 \text{ c/m} \quad \frac{B_1}{R_1} = 100.$$

b) Granite Kano G₃₁ (Grèce, massif pélagonien) :

Age : (probablement Hercynien 300 à 400 ma)

$$B_2 = 4 \text{ h. } 30 \quad R_2 = 11,5 \text{ c/m} \quad \frac{B_2}{R_2} = 23.$$

c) Porphyroïque de Mairupt (massif de Rocroi) :

Age : Paléozoïque probable.

$$B_3 = 1 \text{ h. } 15 \quad R_3 = 4,8 \text{ c/m} \quad \frac{B_3}{R_3} = 16.$$

Les mesures basées sur la thermoluminescence conduisent aux âges relatifs suivants comparés aux âges présumés :

$$\frac{\text{Age : granite de Guinée}}{\text{Age : granite Kano G}_{31}} : \frac{100}{23} = 4,3.$$

Rapport des âges présumés 5 à 6.

$$\frac{\text{Age : granite de Guinée}}{\text{Age : porphyroïde de Mairupt}} : \frac{100}{16} = 6,3.$$

Rapport des âges présumés 5 à 6.

Certes, ces premiers résultats ne permettent pas encore d'estimer la méthode à sa juste valeur, mais les rapports d'âges se maintiennent cependant au voisinage des valeurs admissibles. C'est là un fait encourageant qui nous engage à poursuivre nos recherches sur trois plans distincts et successifs à savoir :

1) *L'amélioration de la précision des mesures.*

Comme on a pu le constater, la méthode de géochronologie par thermoluminescence est exclusivement tributaire de mesures physiques : flux lumineux, intensité de radioactivité, poids de matière...

C'est à cette particularité qu'elle doit ses plus précieux avantages : facilité d'exécution, rapidité des mesures, appareillages peu coûteux et personnel réduit. Cependant, chacune des mesures dépend elle-même de nombreux paramètres expérimentaux : homogénéité des échantillons, granulométrie, vitesse de chauffe, sensibilité des appareils, intensité des sources... Dès à présent, presque tous les paramètres expérimentaux ont été étudiés. A l'avenir, nous effectuerons des essais avec plusieurs sources (Ra/Be, Co 60, Rx...) en vue de préciser le type de source dont le rayonnement est qualitativement comparable à celui des radioéléments de la roche.

Il est possible d'améliorer les mesures de radioactivité par une technique spéciale adaptée aux faibles intensités.

2) *Contrôle de la méthode.*

Pour juger la méthode, nous avons entamé l'étude de plusieurs séries de granites bien datés. Nous pourrions de la sorte calculer le facteur de proportionnalité K et établir ses variations éventuelles avec le type de roche, la nature des sources, la distribution des radioéléments et la qualité du rayonnement émis.

3) *Application de la méthode à des granites non datés.*

Après le stade de contrôle et suivant les conclusions qu'on sera en droit d'en tirer, on pourra envisager l'utilisation éventuelle de la méthode pour la datation de granites d'âge incertain ou inconnu.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

- ASHBY G.E., KELLAGHER R.C. (1958). — An apparatus for the study of thermoluminescence from minerals. *Am. Mineral.*, vol. 43, pp. 695-706.
- ALBISSIN M., FORNACA RINALDI G., TONGIORGI E. (1962). — Modifications apportées aux courbes de thermoluminescence des roches calcaires par une pression orogénique. *C.R. Ac. Sci.*, t. 254, n° 15, pp. 2084.
- BERGSTROM R.E. (1956). — Surface correlation of some Pennsylvanien limestones in Mid. Continent by thermoluminescence. *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, vol. 40, n° 5, pp. 918-942.
- BUGNIES A. (1946-1947). — La craie phosphatée du Hainaut. *Fac. Pol. Mons. Diplôme de Géologie*. Inédit.
- BOYD A. (1949). — A Kinetic Study of the thermoluminescence of Lithium Fluoride. *Jour. of Chem. Phys.*, vol. 17, pp. 1221-1226.
- CHESSEX R. (1962). — Applications de la thermoluminescence à la Géologie. *Bull. Soc. Vaudoise des Sciences Naturelles*, vol. 68, pp. 1-13.
- DANIELS F. (1961). — Kinetics and thermoluminescence in geochemistry. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 22, n° 2-4, pp. 65-74.
- DANIELS F., BOYD C.A., SAUNDERS D.F. (1953). — Thermoluminescence as a research tool. *Science*, 117, pp. 343-349.
- ENGSTROM R.W. (1947). — Multiplier phototube characteristics: Application to low light levels. *J. Opt. Soc. Amer.*, 37, n° 5, pp. 420-431.
- HANDIN J., HIGGS D.V., LEWIS D.R., WEYL P.K. (1957). — Effect of Gamma radiation on the experimental deformation of calcite and certain rocks. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 68, pp. 1203-1224.
- JOHNSON N.M., AMMENTORP N.F., DANIELS F. (1961). — Thermoluminescence measurements with rapid heating. *Am. Mineral.*, vol. 46, pp. 447-449.
- JOHNSON N.M. (1962). — Thermoluminescence in contact metamorphosed limestone. *J. Geophys. Res. U.S.A.*, 67, n° 9, pp. 3569.
- KOMOVSKIY F. et LOZHNIKOVA O.N. (1959). — Attempt at determination of the relative age of granites by the thermoluminescent method (en russe). *Akad. Nauk S.S.S.R. Izv. Ser. geol.*, n° 11, pp. 101-104.
- LEWIS D.R. (1956). — The thermoluminescence of dolomite and calcite. *J. Phys. Chem.*, vol. 60, pp. 698-701.
- LEWIS D.R., WHITAKER T.N., CHAPMAN C.W. (1959). — Thermoluminescence of rocks and minerals. Part. I an apparatus for quantitative measurement. *Am. Mineral.*, vol. 44, pp. 1121-1139.
- MARLIÈRE R. (1954). — Le Crétacé. In « *Prodrome d'une description géologique de la Belgique* », pp. 417-442.
- MEDLIN W.L. (1959 et 1960). — Thermoluminescent properties of calcite. *J. of Chem. Phys.*, vol. 30, pp. 450-458 ; vol. 32, pp. 943.
- MEDLIN W.L. (1961). — Thermoluminescence in dolomite. *J. of Chem. Phys.*, vol. 34, n° 2, pp. 673-677.
- PARKS J.M. (1953). — Use of thermoluminescence of limestone in sub-surface stratigraphy. *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, vol. 37, pp. 125-142.
- PITRAT C.W. (1956). — Thermoluminescence of limestone of Mississipiien Madison group in Montana and Utah. *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, vol. 40, pp. 942-952.
- SAUNDERS D.F. (1953). — Thermoluminescence and surface correlation of limestones. *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, vol. 37, pp. 114-124.
- ZELLER E.J. (1954). — Thermoluminescence as a radiation damage method of geologic age, determination. Questions diverses de Géologie Appliquée. Fasc. XII, sec. XII. *Congrès Géologique Int.*, Alger 1952, pp. 365-373.
- ZELLER E.J. (1954). — Thermoluminescence of carbonate sediments. *Nuclear Geology*, edited by Henry Paul, pp. 180-188. John Wiley and Sons, Inc., New-York.
- ZELLER E.J. (1954). — Thermoluminescence of artificially precipitated calcite. *Am. Mineral.*, vol. 39, pp. 351.
- ZELLER E.J., WRAY J.L., DANIELS F. (1955). — Thermoluminescence induced by pression and by crystallization. *J. of Chem. Phys.*, 23, n° 1, pp. 2187.
- ZELLER E.J., WRAY J.L. (1956). — Factors influencing precipitation of calcium carbonate. *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, vol. 40, pp. 140-152.
- ZELLER E.J., WRAY J.L., DANIELS F. (1956). — Factors in age determination of carbonate sediments by thermoluminescence. *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, vol. 41, pp. 121-129.
- ZELLER E.J., PEARN W.C. (1960). — Determination of past antarctic climates by thermoluminescence of rocks. *Internat. Geophys. Year. Bull.*, n° 33, in *Am. Geophys. Union Trans.*, vol. 41, n° 1, pp. 118-121.



Une Sauterelle Mio-pliocène de l'Ardèche

par Denise BRICE (1) et Daniel LAURENTIAUX (2)

(2 fig. - 1 Pl.)

Sommaire. — Présentation d'un Tettigoniode (Orthoptère Ensifère), appartenant à l'espèce actuelle *Tettigonia viridissima* LINNÉ et provenant de la diatomite mio-pliocène d'Andance (Ardèche). Annonce de la découverte dans ce gisement de quelques autres restes d'insectes.

La diatomite d'Andance, près de Saint-Bauzile dans les Coirons (Ardèche), formation lacustre d'âge probable mio-pliocène, vient de livrer à l'un de nous (D.B.), en plus de nombreux fossiles végétaux, quelques restes alaires d'insectes.

Le gisement de diatomite est situé à une dizaine de kilomètres de Privas, à la bordure Nord-Est du plateau volcanique du Coiron. Il affleure presque au sommet de la montagne d'Andance (commune de Saint-Bauzile). Cette montagne appartient par ses formations volcaniques à la planèze du Coiron, mais elle forme un petit massif isolé, situé à quelques kilomètres des digitations les plus proches. Le gisement de diatomite n'apparaît que sur le flanc occidental de la montagne d'Andance, il est remplacé sur le flanc oriental par une coulée basaltique d'âge probablement miocène.

La formation de tripoli s'étend sur une épaisseur de 30 à 40 m. Elle s'insère comme suit dans la succession stratigraphique :

De la base au sommet, on trouve sur le flanc occidental :

- 1) Marnes valanginiennes
- 2) Pépérite à ciment de diatomite (100 m)
- 3) Diatomite (30 à 40 m)
- 4) Coulée basaltique supérieure d'âge probable pliocène (60 m).

Voir coupe ci-dessous (fig. 1) :

(1) Assistante à la Faculté Libre des Sciences de Lille.

(2) Professeur à la Faculté des Sciences de Reims.

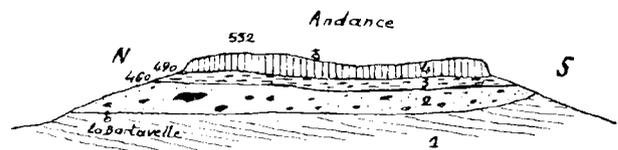


FIG. 1

La diatomite lacustre a fourni, en plus des restes d'insectes, de nombreuses empreintes foliaires qui semblent indiquer un âge mio-pliocène. Le gisement paléo-entomologique apparaît comme original et prometteur, bien que les premières empreintes récoltées soient, à l'exception d'une seule ici décrite, d'un état de conservation trop fruste pour permettre des déterminations précises.

La seule espèce d'Insecte qui puisse encore être reconnue est *Tettigonia viridissima* LINNÉ, entité spécifique banale dans la faune entomologique européenne actuelle.

Ordre des ORTHOPTERES OLIVIER 1789,
LATREILLE 1793

Sous-ordre des ENSIFERA CHOPARD 1920

Famille des TETTIGONIIDAE ANDER 1939

Sous-famille des TETTIGONIIDAE ANDER 1939

Genre *TETTIGONIA* LINNÉ

Tettigonia viridissima LINNÉ

(Pl. XXIX, fig. 1, 2)

(fig. 2)

DESCRIPTION. — Aile mésothoracique droite d'une femelle, très finement et entièrement con-

servée en empreinte. Morphologie alaire très allongée avec bords antérieur et interne parallèles, apex régulièrement arrondi, épaulement costale et lobe anal peu saillants : longueur élytrale (L) 5,2 cm ; largeur (l) 0,8 cm, soit un indice d'allongement de 6,5.

Champ costal (C) large (21/7). Costale à relèvement distal brusque, se terminant sur le bord externe de l'aile à peu près au tiers de celui-ci, garnie de 7-8 nervules obliques, simples et en disposition pectinée régulière. Sous-costale (Sc) à courbure externe dans les deux tiers terminaux de son parcours, délimitant un champ étroit à partir du niveau de scission du tronc radial ; pectination sous-costale très homogène avec 17-18 nervules externes obliques, toutes simples à l'exception de la proximale bifide.

Tronc radial se partageant à la fin du premier tiers de l'aile en un Radius *sensu stricto* (RI) indivisé, et atteignant l'apex, strictement parallèle à Sc et en un Secteur au Radius (Rs) dont les ramifications occupent à peu près tout l'arrondi apical et une faible portion distale du bord interne. Branche-mère sectoriale peu courbe sensiblement dans l'axe alaire, tardivement ramifiée (peu après la mi-course libre) en donnant vers l'arrière quatre rameaux indivisés.

Champ médian (M) s'allongeant parallèlement au bord postérieur : cinq rameaux simples émis de la face d'une veine-mère qui rejoint la marge interne de l'aile après une course longuement parallèle à celle-ci.

La veine médiane principale s'isole très tôt (à la fin du tiers basal de l'aile) d'un tronc médio-cubital directement prolongé par une veine haute (MP + CuA dans la notation de Zeuner) faiblement bifide à son extrémité distale.

Lobe axillaire (A) légèrement renflé à sa base et de forme générale triangulaire, avec trois ou quatre axillaires parallèles à la Cubitale limitante. Son extension est équivalente à celle de l'aire costale.

Archéodictyon très ténu et réticulé, surtout apparent dans la portion distale de l'empreinte.

GISEMENT. — Diatomite d'Andance (Ardèche). Feuille n° 198 de la carte géologique de France au 1/80.000. Mio-Pliocène.

COLLECTION. — Faculté Libre des Sciences de Lille ; Coll. D. Brice, échantillon n° 8, Empreinte. Récolte D. Brice 1962.

DISCUSSION. — Il est inutile d'étayer de longs commentaires la détermination de cette aile fossile d'un remarquable état de fossilisation. Il s'agit, sans ambiguïté, d'un élytre se rapportant à un individu femelle de l'espèce encore vivante, *Tettigonia viridissima* LINNÉ (*Tettigoniidae*). L'évidence en apparaîtra nettement d'une comparaison de son calque nervuraire (fig. 2) avec celui de l'aile mésothoracique d'un individu femelle actuel (par exemple *in* Chopard 1949, p. 623, fig. 265 A). L'importance, la structure, la richesse et le port des divers champs nervuraires sont identiques dans les deux cas. L'identité est complète en ce qui concerne les zones précostale, sous-costale et radiale, l'inflexion des veines majeures, les niveaux de scission des troncs radial et médio-cubital (3).

(3) Une erreur probable de dessin est responsable de l'indépendance, figurée sur le calque alaire publié par Chopard (1949, p. 623, fig. 265 A), des troncs médian et cubital et acquise, selon quoi, dès l'entrée dans l'aile. Cette disposition n'a pas de réalité, comme il a été vérifié sur divers individus de l'espèce, et la séparation de M et de la Cubitale (MP + CuA) s'opère à un même niveau que dans l'aile fossile ici étudiée.

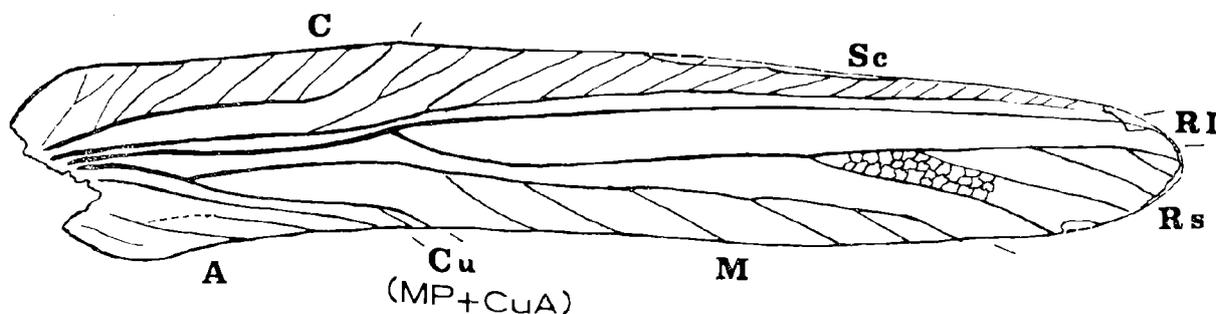
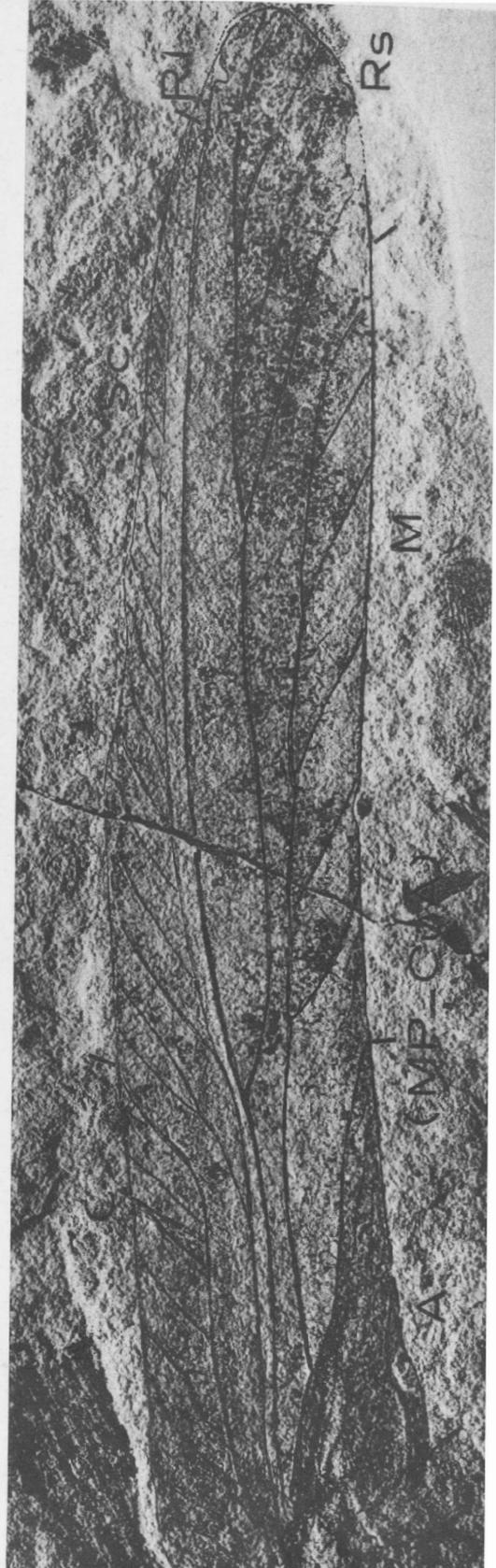
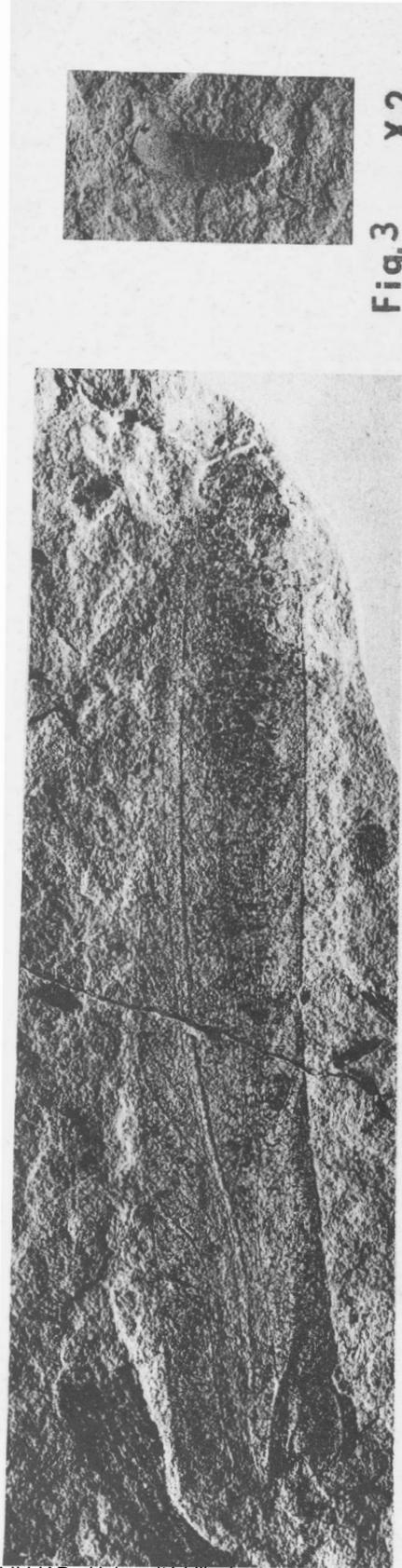


FIG. 2. — Calque nervuraire orienté d'une aile mésothoracique droite d'un individu femelle de *Tettigonia viridissima* LINNÉ, fossile du Mio-pliocène d'Andance (Ardèche) (D.L. *del.*). Légende de la notation dans le texte. Reticulum intercalaire schématisé ($\times 3$).



De cette confrontation paraît ressortir une différence de richesse des champs médians dont l'allure reste toutefois la même. Dans l'élytre fossile, se comptent cinq rameaux médians au lieu de sept dans l'exemple actuel pris ici en référence (Chopard *op. cit.* fig. 265 A). En fait, d'un individu à l'autre et pour des formes vivantes de l'espèce, le nombre de ramifications médianes internes varie dans ces limites. Il en est de même du détail des axillaires.

On ajoutera que l'archéodictyon de l'aile fossile, par sa structure et sa densité, est semblable à celui des *Tettigonia viridissima* LINNÉ actuels. La taille de l'aile d'Andance entre également dans la marge de variation métrique constatée chez les représentants vivants de l'espèce.

Tettigonia viridissima LINNÉ, espèce banale de sauterelle dans l'entomofaune européenne actuelle, n'était pas jusqu'ici connue à l'état fossile, ni même, à notre connaissance, le genre *Tettigonia*. Certains restes d'Insectes tertiaires ont bien été attribués à cette entité générique (*vide* Handlirsch 1906 ; Henriksen 1929) mais la révision faite par Zeuner des Orthoptères Ensifères fossiles a montré qu'il ne convenait pas d'accepter ces déterminations (Zeuner 1939). Ce Paléo-entomologiste ne retient d'ailleurs dans les *Tettigoniinae* fossiles qu'une seule forme, *Pseudotettigonia amoena* (HENRIKSEN) 1929 précédemment rangée dans le genre *Tettigonia* LINNÉ (Henriksen 1929 ; Zeuner 1937, p. 157). Cette discrimination est justifiée par l'arrangement archéodistyal, l'étroitesse de l'espace précostal, la morphologie plus ramassée de l'élytre femelle, etc... Cette forme de l'Eocène danois offre une nervation encore assez généralisée dans le cadre tettigoniéide (Tettigonioid group de Zeuner) et son appartenance même aux *Tettigoniinae* est faite, avec

réserve, par Zeuner (1939, p. 242) (*Tettigoniinae sensu latissimo* ZEUNER).

Compte tenu des caractéristiques nervuraires de ce *Pseudotettigonia* et des plus anciens représentants de *Dectinae* ANDER 1939 (Zeuner 1939, pp. 247-253), de l'évolution de la nervation tettigoniéide, il semble qu'il faille situer l'individualisation des *Tettigoniinae sensu stricto* à l'Oligocène. Il est probable que le genre *Tettigonia* LINNÉ est apparu au Miocène. Il serait toutefois hasardeux, faute de termes comparatifs appartenant au même genre, d'attribuer une valeur stratigraphique précise à ce fossile d'Andance.

Cette sauterelle fossile est, avant tout, une forme habituelle de prairie et de domaine herbacé (4).

Plusieurs autres fragments alaires proviennent également de ce gisement d'andance. Trop incomplets, ils n'ont pu recevoir de détermination suffisante (5). L'un d'eux, figuré pour mémoire Plaque XXIX, fig. 3, est un élytre gauche de Coléoptère. Un autre est une base d'aile métathoracique de Blatte, les deux derniers sont probablement à rapporter aux Homoptères et aux Hyménoptères. La faune serait assez variée et une moyenne de taille plutôt petite semble la caractériser, autant qu'il soit possible de tirer une ébauche de conclusion.

(4) Nous tenons à remercier ici le Professeur Chopard, Directeur honoraire du Laboratoire d'Entomologie du Muséum de Paris, qui a bien voulu confirmer notre détermination.

(5) L'utilisation de procédés photographiques spéciaux (U.V. et lumière monochromatique) pour tenter de mettre en évidence une nervation non directement visible n'a donné que des résultats négatifs.

SOMMAIRE BIBLIOGRAPHIQUE

- CHOPARD L. (1949). — Ordre des Orthoptères (sous-ordre des *Ensifera*) in P.P. GRASSE. *Traité de Zoologie*, T. IX, pp. 618-674, 54 fig., Edit. Masson, Paris.
- HANDLIRSCH A. (1906-1908). — Die fossilen Insekten und die Phylogenie der rezenten Formen, 1430 p., 51 Pl., Iena.
- HENRIKSEN K.L. (1929). — A new eocene grasshopper, *Tettigonia (Locusta) amoena* n. sp. from Denmark. *Medd. dansk. geol. Foren.*, VII, pp. 317-320, 2 fig., Copenhague.
- ZEUNER F.E. (1936). — The subfamilies of *Tettigoniidae* (*Orthoptera*). *Proc. Roy. Entom. Soc. London* (B), V, pp. 103-109, Londres.
- ZEUNER F.E. (1937). — Descriptions of new genera and species of fossil *Saltatoria*. *Proc. Roy. Entom. Soc. London* (B), VI, pp. 154-159, Londres.
- ZEUNER F.E. (1939). — Fossil *Orthoptera ensifera*. *Brit. Mus. (Nat. Hist.) Public.*, 2 vol. (Texte 310 p. et Atlas 80 Pl.).

LEGENDE DE LA PLANCHE XXIX

FIG. 1. — *Tettigonia viridissima* LINNÉ. Empreinte d'une aile mésothoracique droite d'un individu femelle. Diatomite mio-pliocène d'Andance (Ardèche) ($\times 3$ cliché sans retouche). Collection D. Brice, Laboratoire de Géologie, Faculté Libre des Sciences de Lille. Echantillon n° 8.

FIG. 2. — Agrandissement de la fig. 1 ($\times 4,5$). Le cliché a été retouché pour souligner la nervation principale (D.L. *del.*). Légende de la notation dans le texte.

FIG. 3. — Empreinte d'un élytre gauche de Coléoptère. Même gisement et collection que l'échantillon des fig. précédentes ($\times 2$).

(Clichés Faculté des Sciences de Reims, Laboratoire de Géologie).

— » O « —

Carte structurale des plissements provençaux de la région de Salernes (Var) établie en perspective

par Henri-L. MENNESSIER et Guy MENNESSIER

(1 Pl.)

L'un de nous (G.M.) ayant été conduit à utiliser systématiquement la méthode des cartes structurales pour analyser les déformations tectoniques des régions provençales (1), il nous a paru intéressant d'essayer de rendre le procédé plus parlant encore par l'emploi de la perspective. Pour ce premier essai, la carte structurale correspondant à la feuille de Salernes de la Carte géologique au 50.000^e qui vient d'être publiée (2) nous a semblé convenir parfaitement. En effet, elle présente des plissements variés qui interfèrent, provençaux dans la partie sud-ouest et alpins pour le reste, fréquemment rompus par des failles.

La mise en perspective des cartes structurales de la base du Jurassique ou du sommet du Muschelkalk selon les régions, n'a d'ailleurs pas été un simple exercice graphique, son tracé ayant souvent demandé la définition de nombreuses courbes intercalaires sur les cartes structurales.

1) But du travail

C'est, essentiellement, une représentation du relief de la surface *M* du sommet du Muschelkalk et de celui de la surface *K* de la base du Jurassique, définies sur une carte structurale publiée en 1959 par l'un de nous (1) pour la portion correspondant au territoire de la feuille de Salernes au 50.000^e, au moyen d'une perspective cavalière. Les distances frontales E-W et les altitudes sont figurées avec la même échelle et les distances N-S sous forme de fuyantes inclinées à 60° sur les distances frontales, à une échelle égale aux trois quarts de la précédente. Les perspectives cavalières des courbes de niveau des cartes structurales précitées permettent de faire apparaître nettement les anticlinaux et synclinaux, ainsi que les différentes sortes de failles et les flexures.

2) Tracé des blocs-diagrammes

En partant d'un quadrillage E-W et N-S des cartes structurales, on obtient d'abord, sur le plan d'altitude zéro de chaque bloc-diagramme, un quadrillage perspectif formé de parallélogrammes (par exemple, pour des carrés de 400 m de côté sur des cartes à échelle 1/40.000, on a des parallélogrammes de côtés 400 m et 300 m sur le plan d'altitude zéro du bloc-diagramme). A l'aide de deux numérotages N-S et E-W, l'on voit qu'il est facile de repérer la perspective d'un point de cote zéro, comme celle d'un point de cote connue.

Chaque courbe de niveau peut ainsi être mise en perspective à l'aide de ses points de rencontre avec le quadrillage de la carte, comme de ses points remarquables à tangente E-W ou à tangente N-S.

Une perspective cavalière étant une projection oblique, c'est-à-dire effectuée sur un plan de projection parallèlement à une direction donnée, la représentation d'un anticlinal ou d'un synclinal doit parfois être complétée par l'addition d'un *contour apparent* réel ou virtuel, comme on le fait pour les surfaces géométriques. Un tel contour apparent constitue alors une *ligne-enveloppe* de plusieurs courbes de niveau consécutives (voir les blocs S₇, S₈ en particulier).

La mise en évidence des failles diverses est frappante et leur différenciation en failles verticales, subverticales (à pente régulière, à pente variable) et subhorizontales ne donne pas lieu à de grandes difficultés graphiques.

Pour la clarté de la représentation, la surface *M* a été distinguée de la surface *K* au moyen d'un grisé en points fins à distribution irrégulière et limitée à des arrachements (tiré fort). D'autre part, la netteté du relief a été augmentée en traçant

les contours apparents de plis en trait mi-fort et les limites de failles en trait fort comme celle des flexures. De même, les tranches visibles des blocs-diagrammes contribuent, par l'intermédiaire de leurs teintes en grisé régulier, à renforcer les effets de relief.

Enfin, dans la présentation d'ensemble des blocs-diagrammes, les huit plans d'altitude zéro coïncident, ce qui permet la comparaison des tranches N-S et E-W de blocs voisins. La numérotation des blocs correspond à celle des plans directeurs de la feuille de Salernes.

3) Nomenclature des structures tectoniques

Elle est identique à celle qui a été précédemment définie par l'un de nous (1).

La partie provençale de la feuille, plissée lors de la phase provençale (limite Lutétien-Bartonien), comporte d'Ouest en Est : l'arc d'Aups avec les synclinaux d'Aups, d'Artignose et de Bauduen, respectivement bordés au Nord-Est par l'anticlinal de Moissac passant au chevauchement d'Aups (1), l'anticlinal des Gipières relayé par celui de N.D. de Liesse et enfin le chevauchement de Bauduen.

— la zone anticlinale de Flayose-Tourtour, dirigée NW-SE avec une série de plis (anticlinaux de Tourtour, du Villard, de Florielle, de Collefrat..., synclinaux de Tourtour, de la Siguc...), dont le bord nord-est constitue le chevauchement d'Ampus,

(1) On remarquera que les chevauchements ne sont en général marqués que par la faille ou la flexure radicale dont ils dérivent, par glissement de la lèvresurélévée sur la lèvresurabaissée, à la suite d'un décollement au sommet du Keuper, ce dernier n'étant pas entraîné dans le recouvrement.

effondré ainsi que son substratum dans les fossés de Couan.

— la bordure septentrionale de la zone de Salernes apparaissant sur la bordure méridionale de la feuille (flanc nord du synclinal de Salernes, anticlinal des Bois de Pélenec et bombement de la Huehanne...).

Les plissements alpins, sans doute amorcés dès l'Eocène moyen, mais essentiellement mis en place lors de la deuxième phase alpine (limite Miocène-Pliocène), occupent le reste de la feuille :

— arc de Canjuers dans la partie centrale nord (chevauchement de la Bécoubre, synclinaux du Grand et du Petit Plan de Canjuers, anticlinal du Margès...);

— plis du Bas-Artuby dans l'angle nord-est (anticlinal d'Estelle, synclinal d'Estelle...);

— arc de Fayence dans l'angle sud-est (anticlinaux de la Cabrière, du Chaudouin, de Mourjai, de Pieferra, des Cinq-Salles, de l'Apié, de la Magdeleine, synclinaux du Bois des Blaques, de la Baume...).

4) Conclusions

L'application de la méthode des blocs diagrammes aux cartes structurales donne une excellente représentation des déformations subies par des niveaux repères, moins abstraite que celle donnée par une carte structurale, en mettant en évidence d'une manière saisissante, en particulier, le rejet des failles et la saillie relative des plis. Cet essai, le premier à avoir été étendu à l'ensemble d'une feuille à notre connaissance, apparaît ainsi comme un utile commentaire d'une carte géologique à la tectonique complexe.

BIBLIOGRAPHIE

(1) Guy MENNESSIER. — Etude tectonique des confins alpine-provençaux entre le Verdon et l'Argens. *Mém. Soc. Géol. France*, nlle série, t. XXXVIII, n° 87, 174 p., 52 fig., 9 pl., 1959.

(2) Guy MENNESSIER. — Feuille de Salernes. Carte géologique de la France au 50.000^e, 1960.

Le Crétacé de la région N et NE de Maubeuge

par Gérard WATERLOT

(2 fig.)

Sommaire. — L'examen de sondages a permis 1° de déceler la présence de Cénomaniens entre les deux zones d'affleurements de Bettrechies, Bellignies et Houdain, d'une part, et de Maubeuge, Assevent, d'autre part, ces deux zones faisant partie d'un même ensemble extérieur au bassin de Mons ; 2° de reconnaître dans le secteur de Bettrechies à Assevent les deux transgressions successives du Cénomaniens inférieur et du Cénomaniens supérieur décrites dans le bassin de Mons par R. Marlière ; 3° de préciser l'extension du Crétacé supérieur au S de Vieux-Reng où se situe la terminaison méridionale de la baie crétacique de Havay, diverticule du bassin de Mons, au bord sud.

La région N et NE de Maubeuge est très largement couverte de limons quaternaires qui se superposent eux-mêmes bien souvent aux sables tertiaires du Landénien ; les formations plus anciennes n'apparaissent que dans les vallées et appartiennent très généralement à la série primaire. Les terrains crétacés y sont mal connus et n'ont été aperçus que sporadiquement sur quelques flancs de vallées. C'est ainsi que le Cénomaniens a été représenté sur la feuille géologique de Maubeuge au 1/80.000, par J. Gosselet, à Maubeuge même et à Assevent, dans la vallée de la Sambre. Quant au Crétacé supérieur (Turonien et Sénonien), cette feuille de Maubeuge ne l'indique qu'en quelques points, tous situés à la frontière franco-belge : à Cognies-Chaussée, dans la vallée du Wareschaix ; à mi-chemin entre Villers-Sire-Nicole et Havay, dans la vallée du Flayaux ; à Lameries, près des sources de la Trouille où un puits ménager a atteint la craie blanche à 14 m de profondeur ; à 10 m au fond d'une carrière de sables landéniens, exploitée à 1 km au N de Jeumont (à 1.500 m à l'ouest d'Erquelinnes).

Ainsi, entre la frontière et la Sambre, depuis Jeumont jusqu'au méridien de Maubeuge, on n'avait que très peu de connaissances sur l'extension du Crétacé. Le Turonien et le Sénonien situés à la frontière pouvaient être considérés comme appartenant à la portion méridionale de la baie crétacique de Havay, dépendant du bord sud du bassin crétacé

de Mons, dont on ne connaissait pas la terminaison précise, située quelque part entre la frontière et la Sambre. On ignorait donc la nature des terrains crétacés formant le bord du golfe de Havay, tel que celui-ci apparaît actuellement après une certaine érosion.

Quant au Cénomaniens de Maubeuge et Assevent, il n'était pas rattaché aux faciès côtiers, extérieurs au Bassin de Mons, connus plus à l'ouest, à Bettrechies, Bellignies et Houdain (R. Marlière, 1934, p. 356, fig. 36, et 1954, p. 431, fig. 4). Il pouvait apparaître comme un îlot isolé, à cause du grand intervalle séparant Maubeuge de Bettrechies et Houdain.

L'étude des sondages qui ont été pratiqués dans ce secteur N et NE de Maubeuge depuis un quart de siècle, dont j'ai pu examiner les terrains rencontrés, permet actuellement de préciser l'extension, d'une part, du Cénomaniens qui se rattache vers l'ouest à la série des faciès côtiers de Bettrechies, Bellignies et Houdain, extérieurs au Bassin de Mons, d'autre part, du Turonien et du Sénonien du S de Vieux-Reng dont l'aire de dépôt est différente et appartient à l'extrémité méridionale de la baie crétacique de Havay, c'est-à-dire au bassin de Mons lui-même. Entre les deux aires de sédimentation, il subsiste une zone qui se trouve actuellement totalement dépourvue de terrains crétacés et dans

laquelle les terrains tertiaires sont donc immédiatement superposés aux couches primaires (fig. 2).

Un premier aperçu de cette extension du Crétacé a déjà pu être donné, voici une dizaine d'années (G. Waterlot, 1954). Depuis cette époque, la Société Eau et Force à Anzin a prospecté par forages la zone sud de Vieux-Reng où l'assise des « rabots de Saint-Denis » venait d'être découverte. L'examen des résultats géologiques apportés par ces ouvrages permet de modifier et de préciser ce premier aperçu et fait l'objet de la présente note (1).

1) Le Cénomanién

Je pense inutile de reprendre entièrement la question de l'extension du Cénomanién que j'ai déjà exposée (G. Waterlot, 1954, p. 2 à 7). J'y apporterai toutefois les remarques supplémentaires suivantes :

1° LE CÉNOMANIÉN INFÉRIEUR connu sous son faciès côtier, dit « sarrasin », à l'état de calcaire grossier, jaunâtre (ferrugineux par altération de la glauconie), dans les environs de Bavai (Bettrechies, Bellignics, Houdain, carrière du Rametz à Bavai) a été reconnu à 30 m de profondeur au forage de la Longueville (coupe *in* G. Waterlot, 1954, p. 2) où il repose sur le calcaire givétien et aux sondages des Sarts (fig. 2, n° 1) à 20 m de profondeur où il repose sur des calcschistes couviniens (coupe *in* G. Waterlot, 1954, p. 4). C'est là le point le plus oriental où ce faciès du « Sarrasin » est connu.

2° LE CÉNOMANIÉN SUPÉRIEUR repose sur le sarrasin et s'étend davantage vers l'est. En effet, à la Longueville et aux Sarts, ce sarrasin est surmonté d'un lit de 1 à 2 m de marnes sableuses et glauconieuses, vertes, avec sables et graviers roulés à la base que l'on retrouve, directement superposé, cette

(1) Je remercie vivement M. R. Leroux, Directeur de la Société Eau et Force, qui m'a autorisé à publier les résultats géologiques de ses forages de Vieux-Reng. M. Quinsac, Directeur du Syndicat intercommunal de Distribution d'Eau du Nord (S.I.D.E.N.) qui m'a donné la même autorisation pour son forage de Lamerics, ainsi que M. A. Delmer, Ingénieur en Chef-Directeur des Mines au Service Géologique de Belgique, qui m'a aimablement communiqué la coupe géologique des forages de Grand-Reng (Belgique) et en a autorisé la publication.

fois, aux terrains primaires, au sondage de Bersillies (fig. 2, n° 5) où l'on observe, à 16 m de profondeur (2), une couche de 4,40 m de sables argileux et très glauconieux, vert foncé, avec galets gréseux à la base. Cette même assise de marnes verdâtres contenant des huîtres, avec galets parfois énormes de psammites dévoniens, à la base, a été observée à Boussois (à 9 m de profondeur avec 2 m d'épaisseur au sondage n° 13, fig. 2 (3) ; à 4,50 m de profondeur avec 1,60 m d'épaisseur au sondage n° 14, fig. 2 (4)). Ce sont ces mêmes marnes sableuses, contenant également à la base de nombreux galets de psammites, que J. Gosselet a observées un peu plus à l'ouest à Assevent et à Maubeuge et dans lesquelles il signale la présence de *Pecten asper*, *Exogyra conica*, comme dans le tourtia de Mons et de Valenciennes.

Ainsi, dans le secteur de Maubeuge, on peut reconnaître les deux transgressions cénomaniennes que R. Marlière (1939, p. 353 et 1954, p. 432) a si bien décrites dans le bassin de Mons. Ces transgressions n'intéressent ici que la région de la Longueville, les Sarts, Bersillies, Boussois et Maubeuge ; elles n'atteignent pas les environs de Villers-Sire-Nicole, Vieux-Reng et Grand-Reng. L'aire de dépôt du Cénomanién se rattache donc bien au lambeau à faciès côtiers de Montigny-sur-Roc, Bettrechies et Houdain (fig. 1).

2) Le Crétacé supérieur

Aucun terme appartenant au Crétacé n'a été observé dans une étroite zone séparant l'aire qui

(2) Coupe du sondage : sol à + 142, limons ; à + 138, sables verts, fins, argileux du Landénien marin ; à + 128,5, argile à silex ; à + 126,4, marne sableuse, verte, très glauconieuse avec, à la base, des galets gréseux ; à + 122, schistes rouges de Burnot, Emsien supérieur.

(3) Coupe du sondage : sol à + 156,5, limons argileux jaunes ; à + 150, argile à silex ; à + 147,5, marnes verdâtres à huîtres avec galets de psammites dévoniens ; à + 145,5, argile brune, graviers et sables wealdiens ; à + 141,3, calcaire noir givétien.

(4) Coupe du sondage : sol à + 147,1, limons argileux jaunes ; à + 142,6, marnes verdâtres à huîtres avec galets de psammites dévoniens ; à + 141, argile blanche et gravier quartzueux du Wealdien ; à + 138,5, calcaire noir à *Spirifer verneuili*.

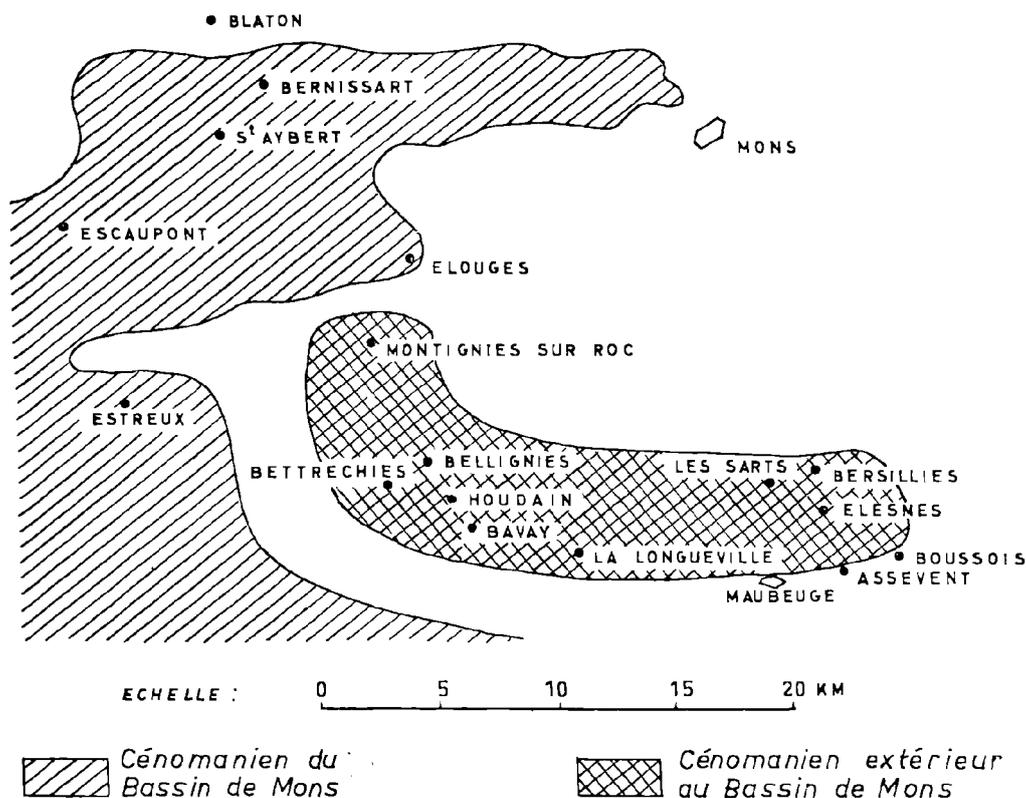


FIG. 1. — Extension du Cénomanien au N de Maubeuge
(d'après R. Marlière, modifiée pour le lambeau extérieur au bassin de Mons).

vient d'être examinée, occupée par le Cénomanien, à l'exclusion du Crétacé supérieur, de l'aire occupée par le Crétacé supérieur, à l'exclusion du Cénomanien, qui sera examinée ci-après. En effet, dans cette zone, les sondages du Nord de Bersillies (5) et celui effectué récemment au sud de Vieux-Reng

(6) montrent la superposition directe du Landénien sur les terrains primaires.

Par contre, les forages, pourtant très voisins de ce dernier sondage, qui ont été réalisés entre le lieu-dit « les Quatre-Bras » et le hameau de Lamerries, ont rencontré une épaisseur parfois importante de Crétacé supérieur qui se rattache ainsi à celui de Villers-Sire-Nicole et d'Erquelines. Les faciès des terrains rencontrés sont ceux du Turonien et du Sémonien inférieur du bassin de Mons.

(5) *Coupe du sondage n° 2, fig. 2* : sol à +140,3, limons ; à +134,7, sables verts à grain fin du Landénien marin ; à +132,5, argile à silex ; à +131,1, schistes et grès rouges de Burnot (Emsien supérieur).

Coupe du sondage n° 3, fig. 2 : sol à +128,4, limons ; à +123,8, argile à silex reposant directement sur les schistes rouges de Burnot.

Coupe du sondage n° 4, fig. 2 : sol à +137,3, limons ; à +129,8, sables verts, fins, argileux du Landénien marin ; à +128,9, argile à silex reposant sur les schistes rouges de Burnot.

(6) *Coupe du sondage n° 9, fig. 2*, réalisé par la Société Eau et Force : à +137, limons jaunes argilo-sableux ; à +136,2, sable blanc, gris ou jaune, avec silex noirs brisés à la base, du Landénien continental ; à +111,8, sable argileux à grain fin, glauconieux, vert foncé, du Landénien marin ; à +109, schistes et grès rouges de Burnot (Emsien supérieur). Coordonnées Lambert I, zone nord : x = 722.87 ; y = 292.10.

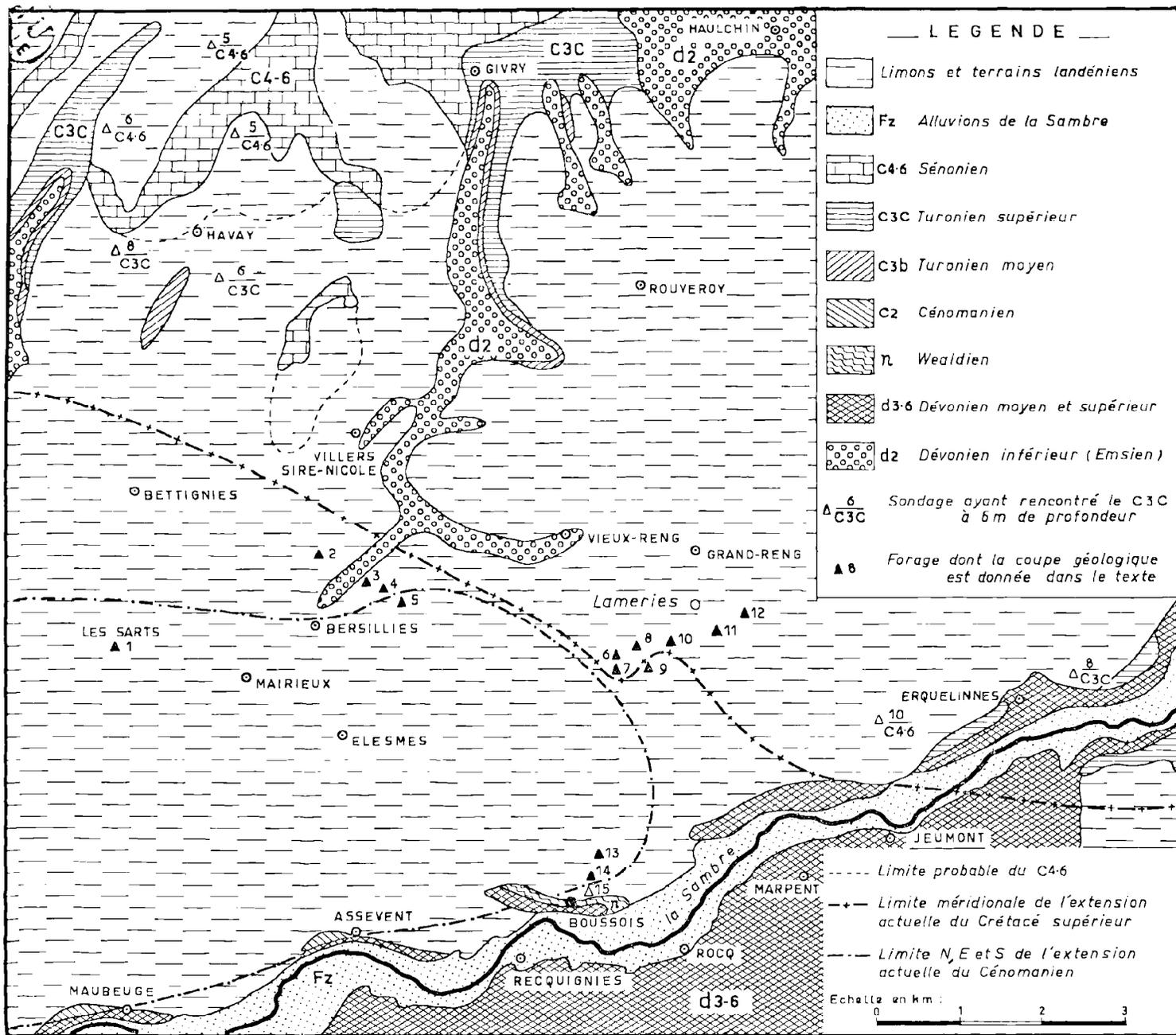


FIG. 2. — Limites approximatives de l'extension du Cénomaniens et du Crétacé supérieur au N et NE de Maubeuge.

Puits de Vieux-Reng (Quatre-Bras) 1947. Eau et Force (n° 6, fig. 2)
(puits de 17 m prolongé par un forage)

Coordonnées Lambert I, zone nord : x = 722.45 ; y = 292.17

Altitude	Profondeur	Nature des terrains	Epaisseur
		TERRAIN QUATERNAIRE (4,50 m)	
+ 135	0 m	Limon sableux, jaune roussâtre	4,00 m
+ 131	4,00 m	Limon argilo-sableux, jaune clair	0,50 m
		TERRAIN TERTIAIRE (12,50 m) (Landénien continental)	
+ 130,5	4,50 m	Sable argileux, à grain fin, jaune clair	1,50 m
+ 129	6,00 m	Sable jaune clair, à grain fin	1,00 m
+ 128	7,00 m	Sable fin, jaunâtre avec débris ligniteux	0,50 m
+ 127,5	7,50 m	Lignite	1,50 m
+ 126	9,00 m	Sable roux, à grain fin	1,00 m
+ 125	10,00 m	Lignite, fragments de bois, de teinte roux clair, cône de pin	0,40 m
+ 124,6	10,40 m	Sable fin, roux et sable blanc quartzeux à grain fin, mélangé à de très petits débris de lignite lui donnant une teinte d'ensemble noirâtre	0,60 m
+ 124	11,00 m	Sable fin, noir et lignite sableux	1,00 m
+ 123	12,00 m	Sable fin, gris noir par des fragments de lignite, parfois aggloméré en plaquettes par un ciment de pyrite jaune très fine, fragment de résine fossile	3,00 m
+ 120	15,00 m	Marne argileuse verdâtre, imperméable	0,50 m
+ 119,5	15,50 m	Sable grossier gris noir avec argile noire ligniteuse ; à la base, couche de silex de la craie	1,50 m
		TERRAIN CRÉTACÉ (traversé sur 10,60 m)	
		1° <i>Sénonien inférieur</i> (1,00 m)	
+ 118	17,00 m	Craie blanche, molle mais compacte, à consistance argileuse (craie altérée), avec un niveau mince de silex noirs, à la base (Craie de Saint-Vaast)	1,00 m
		2° <i>Turonien supérieur</i> (traversé sur 9,60 m)	
+ 117	18,00 m	Craie dure, sèche, verdâtre par les nombreux grains de glauconie qu'elle contient (Craie de Maisières)	6,00 m
+ 111	24 00 m	Craie marneuse, blanchâtre, très compacte avec, à la base un niveau de silex noirs, caverneux, très durs et surface corrodée qui a arrêté la sonde (niveau des « rabots » de Saint-Denis)	3,60 m
+ 107,4	27,60 m	Fin du forage.	

Forage de Vieux-Reng (Quatre-Bras) 1958. Eau et Force (n° 7, fig. 2)

Coordonnées Lambert I, zone nord : x = 722.47 ; y = 292.02

Altitude	Profondeur	Nature des terrains	Epaisseur
		TERRAIN QUATERNAIRE (4,20 m)	
+ 136	0 m	Limon jaune argilo-sableux	0,70 m
+ 135,3	0,70 m	Limon panaché blanc verdâtre et roux clair, argilo-sableux ..	3,50 m
		TERRAIN TERTIAIRE (8,50 m)	
		Landénien continental	
+ 131,8	4,20 m	Sable fin, blanc jaunâtre	2,60 m
+ 129,2	6,80 m	Sable gris à grain fin	1,10 m
+ 128,1	7,90 m	Argile noire sableuse et ligniteuse	0,10 m
+ 128	8,00 m	Sable fin, gris jaunâtre	4,10 m
+ 123,9	12,10 m	Sable gris noir, ligniteux	0,60 m
		TERRAIN CRÉTACÉ (17,80 m)	
		1° <i>Sénonien inférieur</i> : craie de Saint-Vaast (10,80 m)	
+ 123,3	12,70 m	Craie blanche, tendre	5,40 m
+ 117,9	18,10 m	Craie blanche, plus dure	4,50 m
+ 113,4	22,60 m	Craie gris blanchâtre, glauconieuse avec débris d'Inocérames à test mince (2 mm)	0,90 m
		2° <i>Turonien supérieur</i> (7,00 m)	
		a) Craie de Maisières	
+ 112,5	23,50 m	Craie grise, sableuse, très glauconieuse	3,50 m
		b) « Rabots » de Saint-Denis (3,50 m)	
+ 109	27,00 m	Silex noirs très corrodés, avec épaisse patine blanchâtre ..	1,70 m
+ 107,3	28,70 m	Craie grossière, grenue, rugueuse, sableuse, gris blanchâtre, avec petits grains peu abondants de glauconie	1,80 m
+ 105	30,50 m	Fin du forage sur une roche dure non déterminée pouvant appartenir à l'assise de Burnot (7).	

(7) Deux anciens forages exécutés en 1925, l'un à 10 m au N et l'autre à 145 m au N du forage décrit, ont traversé, l'un à partir de la cote + 106,4 et l'autre à partir de la cote + 108,9, des formations appelées par le sondeur « argile rose » et « marbre rose en formation » (sic) qui peuvent plus vraisemblablement représenter les schistes rouges altérés par l'outil de forage et les grès rouges de l'assise de Burnot (Emsien supérieur). J'ai essayé (G. Waterlot, 1954, p. 7) d'interpréter les coupes données par le sondeur de ces forages de 1925. Il est préférable de ne pas tenir compte de l'interprétation alors présentée à défaut de tout autre document plus sérieux. En effet, à la lumière des faits apportés par les nouveaux forages voisins que j'ai pu suivre, ces coupes du sondeur sont réellement incompréhensibles.

Forage de Vieux-Reng (Quatre-Bras) 1955, Eau et Force (n° 8, fig. 2)

Coordonnées Lambert I, zone nord : x = 722.70 ; y = 292.32

Altitude	Profondeur	Nature des terrains	Epaisseur
		TERRAIN QUATERNAIRE (3,80 m)	
+ 134	0 m	Limon jaune très sableux	3,80 m
		TERRAIN TERTIAIRE (3,40 m)	
		Landénien continental	
+ 130,2	3,80 m	Sable argileux, jaune verdâtre	0,90 m
+ 129,3	4,70 m	Sable argileux, gris verdâtre	1,40 m
+ 127,9	6,10 m	Argile brunâtre, compacte, sableuse avec traces de petits débris végétaux	1,10 m
		TERRAIN CRÉTACÉ (17,90 m)	
		1° <i>Sénonien inférieur</i> : craie de Saint-Vaast (8,00 m)	
+ 126,8	7,20 m	Craie blanche compacte avec quelques silix à 12,60 m de profondeur	5,45 m
+ 121,35	12,65 m	Craie blanche, éboulée, sans silix	2,55 m
		2° <i>Turonien supérieur</i> (9,90 m)	
		a) Craie de Maisières (4,80 m)	
+ 118,8	15,20 m	Craie glauconieuse, gris verdâtre	2,80 m
+ 116	18,00 m	Craie grise, sableuse et glauconieuse	1,20 m
+ 114,8	19,20 m	Craie grise, marneuse et glauconieuse	0,50 m
+ 114,3	19,70 m	Craie grise, glauconieuse	0,30 m
		b) « Rabots » de Saint-Denis (2,40 m)	
+ 114	20,00 m	Banc de silix noirs, caverneux	2,00 m
+ 112	22,00 m	Craie avec banc très dur de silix noirs	0,40 m
		c) Niveau des « Fortes-Toises » (2,70 m)	
+ 111,6	22,40 m	Marne argileuse, gris verdâtre, plastique	2,70 m
		TERRAIN PRIMAIRE : Emsien probable	
+ 108,9	25,10 m	Grès siliceux dur, à grain fin avec paillettes de mica blanc ..	0,55 m
+ 108,35	25,65 m	« Terrain tendre » (aucun prélèvement de roche n'a pu être effectué ; vraisemblablement : schistes argileux), tra- versé sur	0,60 m
+ 107,75	26,25 m	Fin du forage.	

Forage de Vieux-Reng (Lameries), 1963. Eau et Force (n° 10, fig. 2)

Coordonnées Lambert 1, zone nord : x = 723.10 ; y = 292.40

Altitude	Profondeur	Nature des terrains	Epaisseur
		TERRAIN QUATERNAIRE (3,80 m)	
+ 132	0 m	Limon gris jaunâtre, très sableux	3,80 m
		TERRAIN TERTIAIRE (3,90 m)	
		Landénien continental	
+ 128,2	3,80 m	Sable quartzeux jaune, avec petits débris granuleux de grès quartzeux noirâtre	0,70 m
+ 127,5	4,50 m	Même sable jaune, à grain fin, légèrement argileux	0,90 m
+ 126,6	5,40 m	Sable argileux brun noir	2,30 m
		TERRAIN CRÉTACÉ (25,45 m)	
		1° <i>Sénonien inférieur</i> : craie de Saint-Vaast (17,20 m)	
+ 124,3	7,70 m	Craie blanche	6,30 m
+ 118	14,00 m	Craie gris jaunâtre	10,90 m
		2° <i>Turonien supérieur</i> (8,25 m)	
		a) Craie de Maisières (4,30 m)	
+ 107,1	24,90 m	Craie sableuse et très glauconieuse, de teinte vert foncé ..	4,30 m
		b) « Rabots » de Saint-Denis (2,40 m)	
+ 102,8	29,20 m	Craie blanche très piquetée de grains de glauconie donnant à la roche une teinte verte générale, avec très nombreux petits silex noirs	0,60 m
+ 102,2	29,80 m	Même craie avec très gros silex noirs corrodés, garnis d'une large patine blanche	1,80 m
		c) Niveau des « Fortes-Toises » (1,55 m)	
+ 100,4	31,60 m	Craie gris verdâtre, très glauconieuse et marne argileuse verte, très sableuse et très glauconieuse	0,70 m
+ 99,7	32,30 m	Conglomérat de base du Crétacé : petits graviers de quartz blanc, de quartzite gris ou gris noir, ou rouge, ou vert ; l'aspect d'ensemble est gris (= Tourtia)	0,85 m
		TERRAIN PRIMAIRE : Emsien probable	
+ 98,85	33,15 m	Grès quartzeux gris à gris noir, très dur, pyriteux, avec quartz blanc ; traversé sur	4,45 m
+ 94,4	37,60 m	Fin du forage.	

Forage de Vieux-Reng (Lameries), 1954. S.I.D.E.N. (n° 11, fig. 2)

Coordonnées Lambert I, zone nord : x = 723.67 ; y = 292.52

Altitude	Profondeur	Nature des terrains	Épaisseur
		TERRAIN QUATERNAIRE (3,80 m)	
+ 132	0 m	Limon argilo-sableux, roux	3,80 m
		TERRAIN TERTIAIRE (8,20 m) Landénien continental	
+ 128,2	3,80 m	Sable très fin, gris noirâtre par de fins débris ligniteux	4,70 m
+ 123,5	8,50 m	Argile sableuse grise, avec quelques graviers	3,50 m
		TERRAIN CRÉTACÉ (53 m +)	
		1° <i>Sénonien inférieur</i> : craie de Saint-Vaast (8,70 m)	
+ 120	12,00 m	Craie blanche, ébouleuse	7,70 m
+ 112,3	19,70 m	Craie blanche avec quelques passages glauconieux localisés .	1,00 m
		2° <i>Turonien supérieur</i> (12,30 m)	
		a) Craie de Maisières (5,20 m)	
+ 111,3	20,70 m	Craie grossière gris verdâtre, très glauconieuse	3,00 m
+ 108,3	23,70 m	Craie sableuse et glauconieuse avec quelques plaquettes dures	2,20 m
		b) « Rabots » de Saint-Denis (4,10 m)	
+ 106,1	25,90 m	Silex noirs en bancs compacts alternant avec de minces intercalations de craie grossière, sableuse et glauconieuse	4,10 m
		c) Niveau des « Fortes-Toises » (3,00 m)	
+ 102	30,00 m	Craie marneuse verte, très glauconieuse	3,00 m
		3° <i>Turonien moyen</i> (18,00 m)	
+ 99	33,00 m	Marne argileuse, grise (« dièves »)	14,00 m
+ 85	47,00 m	Marne argileuse grise avec bancs intercalaires de craie marneuse lourde, dure, grisâtre et glauconieuse (les « durs bancs »)	4,00 m
		4° <i>Turonien inférieur</i> (14,00 m +)	
+ 81	51,00 m	Marne argileuse bleue, compacte, plastique, traversée sur une épaisseur de	14,00 m
+ 67	65,00 m	Fin du forage.	

Forage de Grand-Reng (Belgique), 1935 (n° 12, fig. 2)
 Puits de la Société Nationale de Distribution d'Eau (8)
 Coordonnées Lambert I, zone nord : x = 724.00 ; y = 292.75
 (Situation près des sources de la Trouille)

Altitude	Profondeur	Nature des terrains	Epaisseur
TERRAIN QUATERNAIRE (4,00 m)			
+ 133	0 m	Limon fin, gris jaunâtre	2,00 m
+ 131	2,00 m	Limon gris avec traces de végétaux et matières humiques ..	2,00 m
TERRAIN CRÉTACÉ (25,00 m)			
1° <i>Sénonien inférieur</i> : craie de Saint-Vaast (13,00 m)			
+ 129	4,00 m	Craie blanche, tendre	9,00 m
+ 120	13,00 m	Craie blanchâtre, finement glauconifère	2,00 m
+ 118	15,00 m	Craie grise, légèrement verdâtre, glauconifère	1,00 m
+ 117	16,00 m	Marne crayeuse, gris foncé, glauconifère	1,00 m
2° <i>Turonien supérieur</i> (12,00 m)			
+ 116	17,00 m	Craie marneuse, grise, glauconifère (Craie de Maisières) ..	4,00 m
+ 112	21,00 m	Silex broyés (« Rabots » de Saint-Denis)	3,00 m
+ 109	24,00 m	Débris de concrétions siliceuses, glauconifères (« Fortes-Toises ») ..	2,00 m
+ 107	26,00 m	Marnes verdâtres, très glauconifères (« Fortes-Toises ») ..	3,00 m
TERRAIN PRIMAIRE			
+ 104	29,00 m	« Argile noire onctueuse, non calcaireuse, aspect de roche schisteuse altérée ».	

Ainsi que l'indiquent ces coupes, on s'aperçoit que l'épaisseur la plus importante de terrains crétaqués est observée au forage de Lameries, réalisé par le S.I.D.E.N. (fig. 2, n° 11). Il devait y avoir là une sorte de chenal grâce auquel la transgression crétaquée a pu s'effectuer au moins à l'époque du Turonien inférieur. Cette assise n'est pas retrouvée, en effet, à aucun des forages voisins. La transgression crétaquée s'est poursuivie au Turonien supérieur et s'est étendue vers l'est et l'ouest où elle

a atteint le secteur des sources de la Trouille (forage n° 12, fig. 2) et le secteur SW de Lameries (forages n°s 10 et 8, fig. 2) lors du dépôt de l'assise des « Fortes-Toises », pour s'étaler encore légèrement davantage vers l'ouest avec l'assise des « Rabots » de Saint-Denis qui recouvre le socle primaire au forage 7 (fig. 2). La transgression crétaquée n'a pas dû se poursuivre beaucoup plus loin vers le sud puisqu'elle n'atteint pas les environs de Boussois, ni même le forage 9 (fig. 2) au S de Vieux-Reng.

REFERENCES

- MARLIÈRE R. (1939). — La transgression albienne et céno-manienne dans le Hainaut. *Thèse*, Lille.
- MARLIÈRE R. (1954). — Le Crétacé. *Prodrome d'une description géologique de la Belgique* ; Soc. géol. Belg., p. 417-444.
- WATERLOT G. (1954). — Les terrains crétaqués sous recouvrement tertiaire dans les environs de Vieux-Reng, Boussois et La Longueville (feuille de Maubeuge au 50.000). C.R. des Collab. pour 1953. *Bull. Carte géol. France*, n° 241, t. 52, p. 1-10.

(8) Coupe d'après F. Halet, aimablement communiquée par le Service géologique de Belgique ; interprétation légèrement modifiée.

Extension de la zone du Parnasse en Grèce méridionale (Stratigraphie)

par P. CELET

(2 fig. - 1 Pl.)

Sommaire. — La zone du Parnasse se développe au nord de la Grèce continentale, dans les contreforts montagneux de l'Hélicon. L'étude stratigraphique de cette région permet de mettre en évidence des séries de passage à la zone subpélagonienne toute proche et pose le problème de la continuation du haut-fond parnassien.

Introduction

La zone du Parnasse occupe une surface assez restreinte, bien que très importante, dans l'ensemble des zones isopiques helléniques. Elle est surtout développée au sud de la Grèce continentale, sur la côte septentrionale du Golfe de Corinthe, entre l'Attique et les monts d'Étolie. C'est en effet dans les massifs du Parnasse et du Kiona que furent décrites, pour la première fois, les séries stratigraphiques parnassiennes (C. Renz et F. Frech, 1908). Au cours de ces dernières années, l'étude détaillée de cette région a conduit à des levés cartographiques plus précis (J.N. Papastamatiou, 1960, et P. Celet, 1961), de sorte qu'on en connaît maintenant parfaitement les différents aspects lithologiques et paléontologiques. Cependant la zone du Parnasse, dont le prolongement a été nettement mis en évidence récemment en Argolide (J. Dercourt, 1962), se poursuit au delà du massif calcaire parnassien lui-même, en bordure du golfe de Corinthe, dans la région qu'on a coutume d'appeler l'Hélicon (fig. 1). Ce diverticule qui, en fait, représente la prolongation naturelle du Parnasse, est bordé au nord-est par la grande plaine de Léviaia elle-même flanquée d'une très importante couverture de Flysch, et au sud par la mer. Sa terminaison tectonique vers l'est pose de nombreux problèmes, encore imparfaitement élucidés que nous n'aborderons pas dans cette note.

Ayant eu la possibilité de parcourir l'Hélicon durant les étés 1962 et 1963, j'ai pu étudier plu-

sieurs coupes qui apportent quelques précisions sur la stratigraphie de ce secteur (1).

Stratigraphie des formations anté orogéniques de l'Hélicon

Dans les formations anté orogéniques, on range généralement en Grèce méridionale, les sédiments qui se sont déposés avant la phase tectonique paroxysmale (Éocène terminal-début Oligocène). Comme sur toute la partie côtière septentrionale du golfe de Corinthe, les champs de fractures qui viennent se superposer aux grandes nappes, interrompent très souvent la continuité des affleurements. Nous passerons donc en revue quelques séries en distinguant chaque fois que cela sera nécessaire, une région occidentale qui se rattache directement aux massifs du Parnasse et de Desfina et une région orientale où les faciès s'apparentent plus directement à ceux du flanc interne de la zone du Parnasse.

LE TRIAS.

Les terrains triasiques ne sont connus qu'aux deux extrémités du massif de l'Hélicon. Au nord-ouest, dans la vallée de Distomon à Aspra-Spitia (ravin de Gousernas) et au sud-est non loin de Chostia, dans la presqu'île de Madi. Ils sont représentés par des calcaires dolomitiques et des dolomies blanches, très dures, dénudés en surface.

(1) Je remercie vivement la Société PÉCHINEY et tout particulièrement MM. PRANGÉ et RIGAL pour lesquels ce travail a été effectué et qui m'ont autorisé à en publier les résultats.



FIG. 1. — Orographie de l'Hélicon et de ses environs.

Sur le flanc nord de Madi, l'altération superficielle et différentielle de la roche fait apparaître une structure graveleuse qui, au microscope, se révèle assez décevante. En lame mince, on distingue en effet de nombreuses traces d'Algues calcaires dont les thalles sont pour la plupart fragmentés et remplis de calcite ou de dolomite. De ce fait, les rameaux verticillés sont très rarement conservés ; cependant, la forme générale cylindrique de ces Algues ainsi que l'aspect des rameaux (Pl. XXXI, fig. 1) permettent de rapporter ces organismes aux Dasyeladacées du genre *Gyroporella* GÜMB. On sait que la détermination spécifique de ces siphonées verticillées offre quelques difficultés, notamment dans le cas présent, en raison de leur mauvais état de conservation. Il semble toutefois que l'on ait affaire ici aux couches à Gyroporelles dont l'existence a été confirmée récemment dans la région de Galaxidie (P. Celet, 1962, p. 61).

Les dolomies qui constituent le niveau le plus ancien de cette région, peuvent être considérées comme étant d'âge Norien et sont comparables à l'horizon de la Dolomie principale des Alpes méridionales, des Dinarides et des Apennins.

LE JURASSIQUE.

Il n'y a aucune solution de continuité entre les dolomies à Gyroporelles et les calcaires dolomitiques qui représentent la base du Jurassique. Les couches de passage sont caractérisées en certains endroits (en particulier à l'W de la région étudiée, sur la côte, à 4 km environ au SW d'Antikira, près du lieu dit « Valtos »), par des calcaires à grands Mégalodontes du type *Conchodus infraliasicus* (Trias supérieur - Rhétien). Les faciès dolomitiques envahissent une bonne partie du Lias, on sait toutefois que le Lias supérieur existe aux environs de Dombrena, près de Kakosi. Dans cette région, en effet, C. Renz a signalé la présence, dans des

calcaires noduleux gris ou rouge, d'Ammonites assez mal conservées, parmi lesquelles il a reconnu le genre *Phylloceras* du groupe Nilssoni. Le même niveau existe en Argolide septentrionale (région de l'Akros) ; C. Renz y a découvert une riche faune de Céphalopodes du Lias supérieur et dernièrement, J. Dereourt (1962) a montré que la série qui le contient fait partie du flanc interne de la zone du Parnasse (2).

La présence d'un jalon supplémentaire, en Grèce continentale, de la marge orientale du haut-fond parnassien prouve que l'ampleur du chevauchement subpélagonien s'accroît de manière très sensible du sud-est au nord-ouest de la Grèce (Aubouin, 1959).

Le Dogger n'a pu être mis en évidence dans la région étudiée, pas plus d'ailleurs que la partie inférieure du Malm. Par contre, le Kimméridgien est très développé.

Secteur occidental.

Dans la vallée de Distomon, à Aspra-Spitia, affleurent des calcaires noirs, compacts, en aval de Kounouklia. Ces calcaires renferment en abondance *Cladocoropsis mirabilis* FÉLIX et peuvent être considérés comme s'étageant entre le Séquanien et le Kimméridgien inférieur. En amont de Métoxi, dans le ravin de Klissoura, les calcaires à *Cladocoropsis* sont surmontés par des couches plus claires contenant de nombreuses Algues siphonnées du genre *Clypeina jurassica* FAVRE. Ce niveau a un âge Kimméridgien supérieur-Portlandien, il supporte un banc de bauxite rouge foncé actuellement en exploitation.

L. Nöth (1931) a signalé dans le secteur de Xérovouni (non loin de Distomon), la présence d'une faune kimméridgienne : *Dendrogyra* sp., *Thecosmilla* sp., et surtout *Ptygmatis mandelslohi* BRONN, dans des calcaires sous l'horizon de bauxite.

Secteur oriental.

Les calcaires kimméridgiens à *Cladocoropsis* sont connus également sur la piste muletière de Stévéniko à Paliouvouna. Cette puissante série compréhensive a plusieurs centaines de mètres d'épaisseur mais

(2) Au sud du Kiona (Pentéoria), F. Wiedenmayer (1960) et J. Papastamatiou (1961) ont trouvé également dans des calcaires à texture concrétionnée, des Ammonites domériennes intercalées entre les calcaires à Mégalo-dontes et des radiolarites à minces couches calcaires surmontées de calcaires à Rosalines du Crétacé supérieur.

n'est pas visible en totalité dans le ravin qui entaille le massif principal de l'Hélicon.

LES COUCHES DE PASSAGE DU JURASSIQUE AU CRÉTACÉ ET LE CRÉTACÉ INFÉRIEUR.

Cet ensemble, dont la base représente le toit du premier horizon de bauxite et le sommet le mur du second horizon, est lui aussi calcaire. Mais il y a des variations de faciès importantes, en particulier dans la région élevée, à l'est de la baie d'Aspra Spitia.

Région de Métoxi.

En aval du ravin de Klissoura, les calcaires crétacés sont fortement pentés vers le SSW. Le toit de la bauxite jurassique, qui affleure dans la vallée, comporte une assise de transition entre le minerai et les calcaires compacts qui le recouvrent (fig. 2).

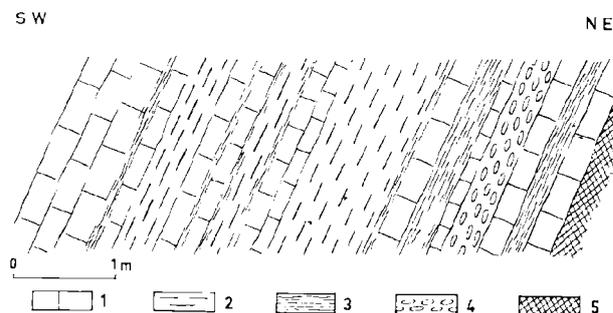


FIG. 2. — Toit de la bauxite jurassique dans le ravin de Klissoura.

1. Bancs calcaires ;
2. Calcarénites jaunâtres ;
3. Lits argileux ;
4. Couche noduleuse pseudo-conglomératique ;
5. Bauxite.

Sur quelques mètres, on voit se succéder une alternance de bancs calcaires gris de 20 à 30 cm d'épaisseur et de bancs argileux. A la base il y a un banc à texture noduleuse d'allure pseudo-conglomératique ; les nodules se détachent de la pâte argileuse qui les enrobe et ont une forme ovoïde aplatie. Dans la partie supérieure de cette assise, on note la présence de calcarénites jaunes interrompant la continuité des bancs calcaires. Ceux-ci contiennent de nombreux tests d'Ostracodes qui témoignent du milieu de sédimentation très particulier

qui a succédé à l'émersion des calcaires jurassiques et à la formation des bauxites. Ce milieu devait être vraisemblablement lacustre ou laguno-lacustre.

Par dessus cette formation, qui n'est visible que localement, viennent les calcaires lités à Nérinées qui affleurent largement, ainsi que les calcaires en dalles urgoniens sus-jacents, à l'est de la baie d'Aspria Spitia. C'est dans cette région que furent découverts *Nerinea peregrina* GEMM., *N. Carpathica* ZEUS et *N. cf. beneckeii* GEMM. (L. Moret et E. Roch, 1924). Le Jurassique supérieur existe donc, sa présence est d'ailleurs confirmée par *Ellipsactinia ellipsoïdea* SREIN. récoltée à ce niveau qui marque le passage du Jurassique au Crétacé.

Les calcaires en dalles à taches verdâtres qui succèdent aux calcaires à Nérinées, se chargent passagèrement de silice. Dans toute l'étendue de Seartsés et de Kounouklia, la surface du plateau est formée de calcaires à chailles ; les concrétions siliceuses se détachent en relief, mais en lame mince, elles sont noyées dans la trame préexistante du ciment calcaire. Parfois des délits schisteux noirâtres s'intercalent entre les calcaires en plaquettes à silex. Il n'y a pas de fossile dans ces niveaux qui existent plus à l'ouest sur le flanc sud du Xérovouni de Distomon (P. Celet, 1962, p. 118) ; il est probable qu'ils représentent la base du Crétacé (3).

Région de Stévéniko.

Sur le flanc est de Kaliveza ainsi que dans le ravin de Brinia qui borde le mont Zastani on trouve, au-dessus des calcaires à *Cladocoropsis* et d'un niveau très épisodique de bauxite, un ensemble puissant de calcaires massifs à Nérinées, Polypiers, Diératidés et Ellipsactinies. Ces couches ont une allure pseudo-bréchiqne très caractéristique et en plaque mince (Pl. XXXI, fig. 2), elles présentent un microfaciès graveleux dans le ciment duquel on trouve des Solénopores, des Lituolidés, des Textulaires et *Trocholina alpina* LEUPOLD ; de tels organismes sont communs dans les formations éocrétaées de la zone du Parnasse-Kiona (P. Celet, 1962).

LE CRÉTACÉ SUPÉRIEUR.

Les calcaires zoogènes gris compacts à faciès urgonien précédents et les calcaires en dalles à

(3) A. Bittner signale, près d'Aspra Spitia, des calcaires bréchiqnes à *Cidaris punctatissima* et *C. clumifera* d'âge néocomien qui pourraient bien être du même niveau.

taches vertes qui leur succèdent forment le mur du deuxième horizon bauxitique. Toutefois, il faut noter l'existence, en certains points, de calcaires élastiques renfermant une microfaune éénomaniqne à *Orbitolina concava* LMK. (P. Celet, 1962, p. 222). Des calcaires oolithiques à Orbitolines ont été signalés également dans l'île de Tsarouki, sur le versant sud de l'île d'Ambelos et sur la retombée orientale du Verséniko (C. Renz, 1955).

La bauxite crétaée qui s'est formée irrégulièrement dans les anfractuosités d'un paléokarst étagé entre la fin du Crétacé inférieur et le Sénonien, est recouverte en très faible discordance par un banc de calcaires noirs à Miliolés (Pl. XXXI, fig. 3) dont l'âge n'a pas encore été précisé.

Au-dessus viennent les calcaires à Rudistes entiers ou brisés du genre *Medeella* du Sénonien inférieur (Coniacien-Santonien ?) auxquels succèdent des calcaires gris à points cristallins sans fossile et des calcaires blancs organo-détritiques remplis de fragments de Rudistes et renfermant de grosses Hippurites, *Vaccinites cf. gaudryi* M. CHL., et *Radiolites* sp. Ce niveau d'âge campanien inférieur est très développé au sud-est de Kiriaki et dans le ravin de Tourla, près du village de Kiriaki lui-même.

Le Sénonien supérieur (Aturien) se termine par les calcaires compacts gris ou blancs du Maestrichtien. L'abondante microfaune qui caractérise cette formation est surtout constituée de foraminifères du genre *Globotruncana* ainsi que de Globigérines, de Cristellaires et de Gumbelines (Pl. XXXI, fig. 4). Dans la partie moyenne des strates, sont disséminés des silex gris et de minces délits argileux olivâtres. D'après J. de Lapparent, ces calcaires pélagiques seraient la manifestation d'une grande transgression dite « maestrichtienne », en Grèce.

La fin de la sédimentation calcaire est soulignée, en de nombreux points, par la présence à la surface du dernier banc, d'une croûte ferrugineuse et phosphatée, mamelonnée, du même type que celle que j'ai décrite aux environs de Delphes et de Desfina (P. Celet, 1962, p. 297), et ici comme là, la microfaune recueillie est d'âge maestrichtien supérieur-Danien. Ce type particulier de « hard ground » est très visible dans la vallée de Kiriaki, en amont du village. C'est l'indice d'un violent balayage du fond marin, interdisant toute sédimentation dans les parages du haut-fond parnassien, immédiatement avant le dépôt des schistes rouges. Certaines

lames minces montrent d'ailleurs, dans les calcaires à Rosalines, la présence des premiers cristaux de quartz détritique signalant l'arrivée toute proche des sédiments gréseux du Flysch.

LE FLYSCH.

A la base de cette formation on trouve une assise d'une centaine de m d'épaisseur composée de caleschistes rouges lie-de-vin ou brun-chocolat, imperméable, qui s'effrite en surface. Cette assise, typiquement parnassienne, renferme une micro-faune de Globorotalidés d'âge paléocène (Pl. XXXI, fig. 5) et passe brusquement aux couches grésoschisteuses détritiques du Flysch proprement dit. Ce dernier diffère assez nettement d'ouest en est.

Partie centrale et occidentale de l'Hélicon.

Une puissante série composée de multiples alternances de grès et de schistes verdâtres, remplit le cœur des synclinaux ou est laminée en écailles à la base des chevauchements. Aucune faune n'a permis, jusqu'à présent, de fixer une limite supérieure au Flysch gréseux de cette région. Il semble toutefois, étant donné le parallélisme qui existe entre ces formations et celles du Parnasse, que cette série soit d'âge éocène.

Partie orientale, sud de Lévadia.

Dans les vallées de Zérikia et de Stévéniko (Hag. Trias), ainsi qu'entre Zourpi et Hag. Géorgios, la partie supérieure du Flysch devient conglomératique. Entre les grès fins argileux s'intercalent des banes à gros galets d'origine et de nature variée: calcaires, roches éruptives et cristallophylliennes. Il revêt parfois le faciès de « wildflysch » et contient des xénolithes calcaires de grande taille (de l'ordre du m³) ; on y trouve également des lambeaux d'ophiolites altérées ainsi que des blocs de brèches calcaires à éléments de radiolites et de roches vertes d'origine subpélagonienne.

Un tel Flysch conglomératique, polygénique, est bien connu dans les régions septentrionales de la zone du Parnasse-Kiona (P. Celet, 1962, p. 308 à 314). A la lumière des faits décrits précédemment, il apparaît maintenant que nous sommes ici en présence de la bordure interne du haut-fond parnassien. Ce flanc oriental qui, au début de l'Eocène, s'étendait probablement très largement le long de la chaîne pélagonienne, fut ensuite laminé par les mouvements tangentiels qui ont succédé à la période de dépôt du Flysch.

Conclusions

La continuité de la sédimentation calcaire — mises à part les brèves interruptions au cours desquelles les bauxites ont pu se déposer — durant une grande période comprise entre le Trias et le Crétacé supérieur, sans discordance notable, permet de rattacher sans aucun doute possible, ce qui a été fait (4), ces faciès à ceux de la zone du Parnasse-Kiona. Toutefois, il y a lieu de distinguer, du côté oriental de cette région, la présence d'une zone de transition analogue à celle qui est connue au nord du Parnasse et dans l'Iti.

Ce jalon supplémentaire, dans l'étude de l'extension de la zone calcaire parnassienne, pose le problème des raccords possibles avec l'Argolide. J. Der-court (1962) a été amené à supposer que, dans cette région, le haut-fond calcaire disparaissait paléogéographiquement. Toutefois, sur le flanc interne de la ride du Parnasse en Péloponèse, la série calcaire est incomplète puisqu'il y manque une bonne partie du Malm et que le Crétacé inférieur est absent de même que la bauxite. Nous n'observons pas de série tronquée équivalente en Grèce continentale au bord du Golfe de Corinthe. Il est possible que cette disparition soit d'origine tectonique comme il se peut également, étant donné la variabilité des faciès sur une marge aussi restreinte, que la zone de passage à la série subpélagonienne soit tout simplement différente.

Du point de vue paléogéographique, la série calcaire anté orogénique de l'Hélicon se rattache donc directement à la zone du Parnasse-Kiona.

D'autres témoins pourraient exister plus au nord où la nappe subpélagonienne déborde largement (J.H. Brunn, 1956). Depuis peu de temps, on sait en effet que la série calcaire de l'Olympe est elle aussi continue et qu'elle va du Trias à l'Eocène (I. Godfriaux, 1962). Les calcaires de l'Olympe apparaissent en fenêtre sous la couverture cristalline charriée pélagonienne. Si les calcaires de l'Olympe appartiennent bien à une zone externe, comme tout le laisse penser, il est vraisemblable qu'ils se sont déposés de la même manière, sur un haut-fond, dans une situation paléogéographique comparable à celle du Parnasse-Kiona-Hélicon. Mais il n'est pas prouvé que les calcaires de l'Olympe appartiennent à la zone parnassienne.

(4) C. Renz (1955).

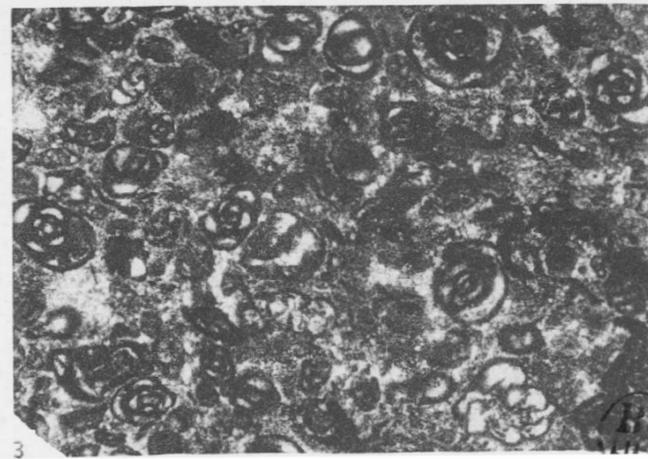
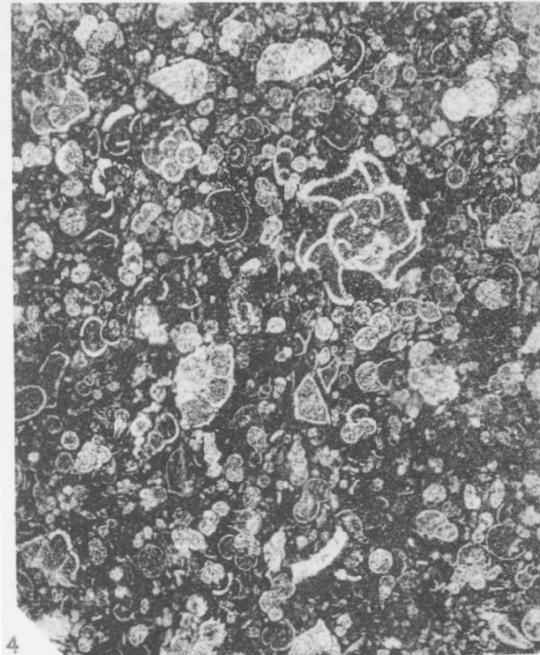
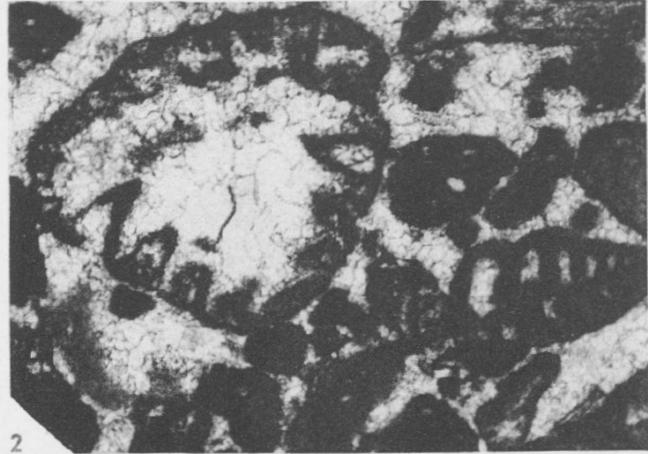
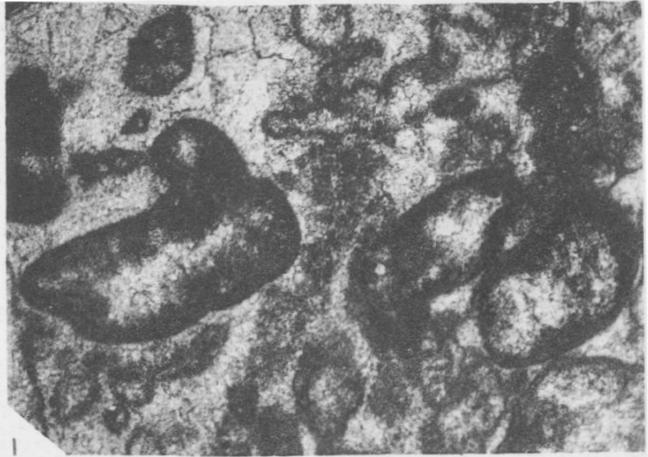
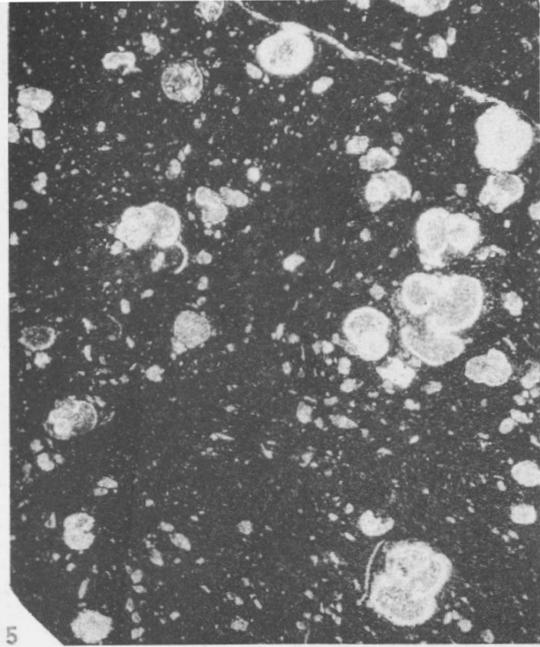
BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- AUBOUIN J. (1959). — Contribution à l'étude géologique de la Grèce septentrionale : les confins de l'Épire et de la Thessalie. *Ann. géol. Pays hellén.*, t. X.
- BRUNN J.H. (1956). — Contribution à l'étude géologique du Pinde septentrional et d'une partie de la Macédoine occidentale. *Ann. géol. Pays hellén.*, t. VII.
- CELET P. (1962). — Contribution à l'étude géologique du Parnasse-Kiona et d'une partie des régions méridionales de la Grèce continentale. *Ann. géol. Pays hellén.*, t. XIII.
- DERCOURT J. (1962). — Contribution à l'étude géologique du Péloponèse. Terminaison paléogéographique du haut-fond du Parnasse. *B.S.F.G.*, (7), IV, p. 340-355.
- GODFRIAUX I. (1962). — L'Olympe : une fenêtre dans les Hellénides internes. *C. R. Ac. Sc.*, t. 255, p. 1761-1763.
- MORET L. et ROCH E. (1924). — Sur l'âge des calcaires à Nérinées de la région du Parnasse (Grèce). *C.R. Somm. S.G.F.*, p. 76-77.
- NÖTH L. (1931). — Beiträge zur Geologie und Paläontologie Mittelgriechenlands (Larymna und Distomon). *Neues Jahrb. f. Miner.*, Bd 66, Abt. B, p. 131-166.
- PAPASTAMATIOU J. (1960). — La géologie de la région montagneuse du Parnasse-Kiona-Oeta. *B.S.G.F.*, (7), II, p. 398-409.
- RENZ C. (1955). — Die vorneogene Stratigraphie der normal Sedimentären Formationen Griechenlands. *Mém. Inst. géol. subs. Res.*, Athènes.
- RENZ C. et FRECH F. (1908). — Der Nachweis von Obertrias im Parnassgebirt. *Zeit. deutsch. Geol. Gesel.* Bd 60, H. 12, p. 329-336.
- WIEDENMAYER F. (1960). — Sur quelques Ammonites provenant d'un gisement à Céphalopodes à Pentéoria (Grèce). *Soc. géol. hellén.*, t. IV, p. 28-38.

LEGENDE DE LA PLANCHE XXXI

- FIG. 1. — Calcaire triasique à Algues, flanc nord de Maci, Hélicon. Gr. × 35.
- FIG. 2. — Calcaire éocrétaqué à *Trocholina* sp., *Textulariidae*, Kéfali. Gr. × 35.
- FIG. 3. — Calcaire sénonien à *Miliolidae* au toit de la bauxite crétacée, Hélicon. Gr. × 35.
- FIG. 4. — Calcaire maestrichtien à *Globotruncana*, *Gumbelina* et *Globigérina*, Hélicon. Gr. × 35.
- FIG. 5. — Calcschiste rouge paléocène à *Globorotaliidae*, flanc sud de Paliovouna. Gr. × 35.

— »O« —



Présence d'un niveau kaolinique dans le Namurien marin de Picardie

par A. BOURROZ

(1 fig. - 2 Pl.)

Résumé. — Un niveau kaolinique de 15 mm d'épaisseur a été identifié au milieu des schistes à faune marine du Namurien inférieur du sondage de Lesbœufs (Somme). La composition pétrographique et la répartition granulométrique des éléments de ce niveau ne permettent pas de le classer avec certitude en fonction de son origine qui pourrait être soit cinéritique, soit provenir de l'érosion d'un massif dioritique voisin.

La campagne de sondages de reconnaissance effectuée dans les départements du Nord, du Pas-de-Calais et de la Somme par la COPESEP a permis de préciser la composition et la structure de la partie supérieure des terrains paléozoïques au Sud de la Grande Faille du Midi. Nous avons étudié, à la demande de la COPESEP, ceux de ces sondages qui ont recoupé du terrain houiller ; ce sont les sondages de Combles et de Lesbœufs (*) (voir fig. 1).

Le sondage de Combles (Somme) (x = 638.260 ; y = 257.720 ; z + 116) a rencontré le primaire à 336,60 m. De 336,60 m à 371,25 m, profondeur à laquelle il a été arrêté, le sondage a rencontré une alternance de schistes micacés et de filets gréseux, de pente variable autour de la verticale, allant de 70 à 90°. Les schistes micacés contenaient des débris végétaux carbonisés, de la « paille hachée », des feuilles de sigillaires et un *Pecopteris* indéterminable. Le peu d'épaisseur de cet ensemble et la nature de la flore rencontrée ne permettent pas de le dater avec précision : il peut s'agir de Namurien continental ou même peut-être de Westphalien.

Le sondage de Lesbœufs (Somme) (x = 637.140 ; y = 261.020 ; z = 127,4) a donné des renseignements beaucoup plus précis. Entré dans le primaire à 323,00 m, le carottage continu a débuté à 324,50 m. Le débitage des carottes a donné successivement :

de 324,50 à 324,65 - Schiste foncé fin à débris de faune marine et de flore carbonisée.
de 324,65 à 325,10 - Schiste gréseux micacé, pendage 10°.

de 325,10 à 330,80 - Schiste foncé fin pyriteux à débris végétaux hachés carbonisés et débris de faune marine, pendage variant entre 15 et 60°.

de 330,80 à 330,90 - Fâte argileuse noire (faille).

de 330,90 à 331,50 - Schiste gris à filets gréseux, pendage 20°.

de 331,50 à 338,00 - Schiste foncé fin avec quelques filets calcareux ; débris végétaux hachés carbonisés, microfaune, *Posidoniella* sp., *Anthracoceras* gr. *paucilobum* (PHILLIPS) (*), débris de lamellibranches marins, pendage 30°.

de 338,00 à 338,50 - Pâte argileuse noire avec éléments broyés (faille).

de 338,50 à 341,40 - Non carotté.

de 341,40 à 342,40 - Schiste foncé fin à débris végétaux carbonisés, *Myalina compressa* (HIND), *Posidoniella* sp., fragments de lamellibranche, microfaune ; pendage 45°.

de 342,40 à 342,60 - Schiste noir calcareux.

de 342,60 à 343,40 - Schiste foncé fin pyriteux à débris de goniatites.

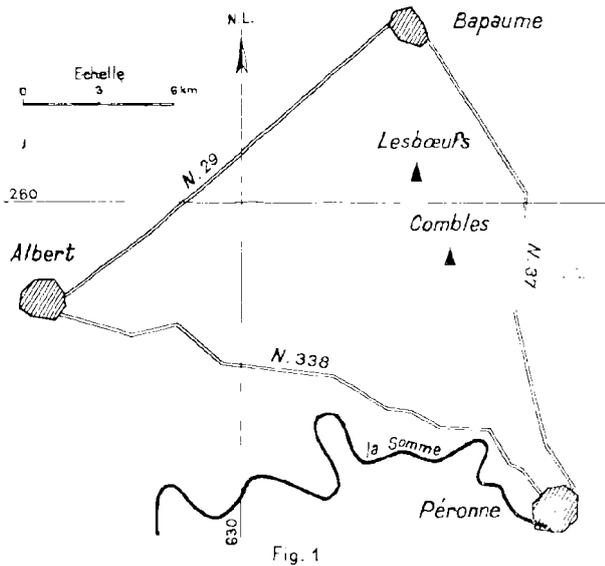
de 343,40 à 344,30 - Schiste foncé fin à débris végétaux hachés carbonisés et microfaune ; pendage 45°.

de 344,30 à 344,315 - *Tonstein* de couleur gris blanchâtre à rayure blanche.

de 344,315 à 346,40 - Schiste foncé fin à *Posidoniella* sp., petits débris végétaux hachés carbonisés, amas de pyrite, pendage 45° (sondage arrêté à cette profondeur).

(*) Nous remercions vivement la Compagnie des Pétroles du Sud-Est Parisien de nous avoir autorisés à publier le résultat de nos observations.

(*) La détermination de cette goniatite (2 exemplaires) est due à M. J. Chalard ; nous l'en remercions vivement.



Il ressort de ce qui précède que le tonstein est interstratifié dans une série purement marine appartenant à la zone E₂ du Namurien, zone à *Eumorphoceras bisulcatum* (GIRTY), qui, dans le bassin houiller du Nord de la France, se trouve située dans l'assise de Bruille (Chalard 1960) et plus précisément au sommet du faisceau inférieur, dit « Faisceau stérile » de cette assise (Bouroz 1960).

Description pétrographique

Le tonstein et les schistes encadrant le tonstein ont été étudiés en lame mince et analysés par diffractométrie (*).

1) SCHISTE INFÉRIEUR. — Ce schiste est un schiste fin de couleur gris foncé, fissile, contenant de très rares petits débris végétaux hachés carbonisés, de la faune marine et un peu de pyrite secondaire.

En lame mince (voir Pl. XXXII, fig. 2), il présente un feutrage d'illite cryptocristalline, à extinction orientée; il y a quelques petits quartz d'environ 20 à 30 μ disséminés dans la masse et de minces filets discontinus de matière organique, lités à l'écartement moyen de 25 μ . Il y a également quelques

(*) Les analyses diffractographiques ont été effectuées par M. Quinot, Ingénieur physicien au Centre de Recherches Médicales Minières des Houillères. Nous l'en remercions vivement.

amas ou alignements de petites concrétions de pyrite secondaire dont la dimension élémentaire reste inférieure à 15 μ .

L'analyse aux rayons X donne la présence d'illite abondante, de quartz très abondant et de trace de kaolin. La majeure partie du quartz doit être cryptocristalline puisqu'en lame mince, il paraît peu abondant. Quant à la kaolinite, sa présence en trace correspond à ce que l'on sait de la composition des schistes fins des formations sédimentaires houillères (Bouroz 1963).

2) TONSTEIN. — Le tonstein présente une épaisseur de 15 mm environ. Il est gris blanchâtre, tendre, se rayant facilement en donnant une rayure blanche. Son contact au schiste sur lequel il repose est absolument franc sans qu'il y ait, si peu que ce soit, mélange des deux formations. Cela est nettement visible sur la lame Pl. XXXII, fig. 3. Il se compose essentiellement de kaolinite gris blanchâtre striée perpendiculairement à l'allongement, et prenant principalement la forme d'amas vermiculés et aussi de vermicules bien individualisés. Quelques vermicules présentent des fractions assez fortement polychroïques semblant indiquer que l'altération des feldspaths originels est passée par le stade de la damouritisation. Ce processus semble confirmé d'ailleurs par la présence de rares fuscaux d'hydromuscovite autigène. Le deuxième élément, important par le nombre, est constitué par des cristaux de biotite, dont certains extrêmement frais, et répartis assez régulièrement dans la masse du tonstein; leur pléochroïsme est nettement et fortement accusé (Pl. XXXII, fig. 5 et 6). Viennent ensuite, en répartition à peu près uniforme, des plages de calcite secondaire. Les éléments plus rares sont constitués d'une part par des quartz dont la plupart sont aciculaires, avec de rares individus présentant des golfes de corrosion typiques et d'autre part par des restes de feldspath très altérés et passant latéralement à une réorganisation en feuillets parallèles (Pl. XXXII, fig. 8 et 9).

Il existe enfin quelques très rares éléments de chlorite mais on n'observe pas de muscovite d'origine détritique. Ce tonstein présente un caractère très net de grano-décroissance de la base vers le sommet, suggérant un classement par chute dans le milieu aqueux, les éléments originels les plus gros arrivant les premiers sur le fond; de la base vers le sommet, les divers éléments présentent les variations de dimensions suivantes: les vermicules et amas de kaolinite passent de 100-350 μ à 20-150 μ ;

ce fait appelle une remarque : la kaolinite étant un minéral de formation secondaire, ce classement dimensionnel doit être considéré ici comme hérité des minéraux originels qui ne peuvent être principalement, surtout dans un milieu marin comme celui-ci, que des feldspaths (Bouroz, 1962) ; les cristaux de biotite voient leur longueur passer de 80-250 μ à 35-80 μ ; les plages de calcite passent de 120 μ dans leur plus grande dimension à 50-60 μ , ce fait appelant également une remarque : cette variation de dimension, concomitante de celle des autres éléments, semble prouver que cette calcite secondaire est, comme la kaolinite, issue de l'altération de l'un de ces éléments (plagioclases) alors qu'une origine postérieure aurait vraisemblablement conduit à des dimensions peut-être variables mais d'une répartition sans lien avec la stratification. Les quartz passent de 50-100 μ à 15-30 μ . Quant aux rares feldspaths encore reconnaissables, bien qu'en voie d'altération, on n'en observe que vers la base du tonstein où ils peuvent atteindre 250 μ ; vers le sommet, on n'en observe pas, sans doute parce que leur dimension plus petite a permis leur kaolinisation totale. Enfin, on trouve, comme dans le schiste inférieur, mais en quantité bien moindre, de très petites concrétions isolées de pyrite secondaire.

On peut observer encore que le passage du tonstein au schiste surincombant est moins net que la séparation entre le tonstein et le schiste inférieur ; au sommet du tonstein, on trouve de rares petites bandes isolées de schiste illitique (100 à 170 μ de large et jusqu'à 2400 μ de long) et à la base du schiste supérieur, on retrouve quelques petits amas isolés de kaolinite, suggérant un dépôt simultané et un mélange pendant un temps très court des éléments des deux formations (voir Pl. XXXIII, fig. 10). L'analyse aux rayons X du tonstein n'a donné de raies nettes que pour la kaolinite sans doute du fait de la forte prédominance de cette dernière par rapport aux autres éléments.

3) SCHISTE SUPÉRIEUR. — Lithologiquement, le schiste supérieur paraît identique au schiste inférieur, mais il contient un peu plus de menus débris végétaux hachés carbonisés et la faune marine y débute par de la microfaune, la macrofaune (débris de goniatite) n'apparaissant qu'au-dessus.

En lame mince (Pl. XXXIII, fig. 18), l'aspect est identique à celui du schiste inférieur : même feutrage d'illite cryptocristalline à extinction

orientée, même proportion de quartz de même dimension (20-30 μ) disséminés dans la masse, mêmes litages de minces filets discontinus de matière organique, à l'écartement moyen de 25 μ et présence également, en même proportion, des mouchetures de pyrite.

L'analyse aux rayons X a montré la présence d'illite et de quartz très abondants, ce dernier, comme dans le schiste inférieur, devant être en majeure partie sous forme cryptocristalline ; la kaolinite est également présente à l'état de traces, et pour les mêmes raisons que dans le schiste inférieur (Bouroz, 1963).

4) SCHISTE GRÉSEUX. — Le schiste gréseux que le sondage a recoupé de 324,65 à 325,10 est presque un grès, la pâte étant relativement peu abondante. Il se compose essentiellement de quartz de deux types, le premier étant constitué de quartz à arêtes vives, à golfes de corrosion et présentant souvent des craquelures dans la masse, le deuxième se composant de quartz paraissant plus ou moins roulés, quelques individus étant engrenés, soit par nourrissage après dépôt, soit qu'ils présentaient déjà cette structure avant érosion. Les dimensions en sont très variables : de 10 à 150 μ . Les feldspaths sont relativement abondants et presque tous en voie d'altération, quelques-uns présentant encore des mâcles nettes, les autres passant latéralement soit à de la kaolinite, soit à de l'hydromuscovite de néoformation ; la dimension des feldspaths varie de 40 à 120 μ . Corrélativement à l'altération feldspathique, on trouve des amas de calcite secondaire répartis régulièrement dans la masse, de la même façon que dans le tonstein mais en éléments plus gros : 30 à 150 μ . La biotite est également relativement abondante et généralement très altérée : on l'observe parfois accolée à de la chlorite néoformée. Enfin, les interstices des macro-éléments sont remplis d'une pâte cryptocristalline dans laquelle on observe par place une organisation fibreuse qui peut être rapportée à la kaolinite. On observe également la présence de quelques minéraux lourds, zircon notamment. Il faut remarquer l'absence de muscovite. Tous ces éléments apparaissent dans les fig. 12 à 18 de la planche XXXIII.

Origine et mode de dépôt du tonstein

Des quatre processus normaux de formation des niveaux kaoliniques, deux au moins peuvent être éliminés dans le cas qui nous occupe, ce sont :

le processus physico-chimique de transformation de l'illite par acidité du milieu et l'origine pédogénétique de la kaolinite ; en ce qui concerne le premier, le milieu de dépôt n'ayant pas varié et restant marin, on ne voit pas bien pourquoi un niveau de 15 mm d'épaisseur aurait été presque totalement kaolinisé, alors que les schistes illitiques encadrants n'auraient subi aucune transformation, on ne peut raisonnablement évoquer non plus une émerision temporaire entraînant le changement des conditions de milieu, alors que le tonstein apparaît comme un accident extrêmement bref inséré dans une sédimentation illitique marine lente, homogène et continue. L'origine pédogénétique ne résiste pas plus à l'examen des faits : la kaolinite proviendrait dans ce cas de la phase résiduelle ultime des sols forestiers et de son démantèlement, or, dans le tonstein étudié, on trouve des feldspaths non encore totalement kaolinisés et surtout des biotites fraîches relativement abondantes qui, parmi les éléments d'un sol, seraient de ceux qui devraient résister le moins bien à la pédogenèse, du fait de la mobilisation facile de leurs ions Fe et Mg. Cette présence de feldspaths et de biotite dans le tonstein ne peut évidemment pas rentrer dans le cadre de la théorie de la biorhexistase (Erhart, 1956) et de celle de l'enallaxie (Lienhardt, 1962) qui en découle. D'ailleurs, les contradictions qu'on constate dans ces théories quand on veut en faire une application trop exclusive sont d'ordre bien plus général et en restreignent considérablement la portée : si l'on se réfère au Stéphanien de Lons-le-Saunier par exemple, l'alternance des dépôts feldspathiques et non feldspathiques qu'on y constate est à l'origine de la théorie de l'enallaxie, et cette dernière paraît articuler d'une façon satisfaisante l'ensemble des faits observés dans ce bassin ; cependant, on est bien forcé de constater que les exceptions au déroulement théorique des cycles y paraissent aussi nombreuses que les faits qui y sont conformes, les cycles étant la plupart du temps incomplets ; d'autre part, la localisation des couches de houille dans les parties les plus fines des séries sédimentaires se constate aussi dans d'autres bassins où les sédiments arkosiques sont pratiquement absents (cas des Westphaliens A et B du Nord de la France par exemple où la totalité des éléments proviendrait alors de la rhexistase, ce qui est impensable). *A contrario*, si l'on se réfère au Stéphanien du bassin de la Loire (de Maistre, 1963), à la suite de longues et minutieuses observations dans un bassin en pleine exploitation, l'auteur a pu écrire : « *Comme l'avait fait observer*

Grand-Eury, les belles couches sont, en effet, toujours associées, dans la Loire, à des sédiments feldspathiques ; le charbon tend à s'altérer quand l'apport micacé augmente et finit souvent par disparaître complètement dans les roches franchement quartzo-micacées ». Quant au bassin des Cévennes, que nous avons pu commencer à étudier récemment, on y constate que certaines unités tectoniques sont constituées de faisceaux de couches exploitables au milieu de sédiments arkosiques, alors que d'autres unités contiennent des faisceaux aussi riches mais dans des séries uniquement quartzo-schisteuses. Ces contradictions montrent la prudence avec laquelle il faut délimiter le champ d'application d'une théorie, si séduisante soit-elle, avant de prétendre à son universalité.

Restent les deux derniers processus possibles pour la formation du tonstein étudié : lessivage d'une surface altérée à l'air libre d'une roche basique qui devrait, d'après les éléments constitutifs du tonstein, correspondre à peu près à une diorite quartzifère ou bien dépôt cinéritique. Il faut avouer qu'il n'y a pas d'argument indiscutable pour trancher en faveur d'un de ces deux processus, chacun d'eux pouvant apporter des feldspaths, des quartz craquelés et des biotites. Le fait qu'il y ait une parenté évidente dans la nature des éléments constitutifs du tonstein et du schiste gréseux situé à 20 m environ au-dessus de lui, ne paraît pas déterminant. Si l'on admet une origine cinéritique, certains éléments du schiste gréseux proviendraient de la reprise, par le ruissellement, des fractions de la cinérite déposée dans les aires exondées ; c'est un processus déjà observé ailleurs (Bouroz, 1962). Si l'on admet une origine érosive, il faut admettre aussi l'existence, dans le primaire du Nord de la France, de massifs dioritiques importants relativement proches de l'aire de dépôt (étant donné la fraîcheur des biotites) mais on n'en connaît pas actuellement. Un des arguments qui feraient plutôt penser à un dépôt cinéritique est la granodécroissance extrêmement nette des éléments constitutifs du tonstein, qui suggère fortement un classement par chute libre dans l'eau, de grains de différentes grosseurs, les plus lourds arrivant les premiers au fond ; pour un dépôt aussi mince, il paraît difficile, en effet, d'admettre que ce soit une variation de la vitesse de transport de l'eau qui soit responsable de ce classement. En résumé, nous sommes en présence d'un cas ambigu où il nous paraît difficile de classer le tonstein d'une façon précise d'après son origine.

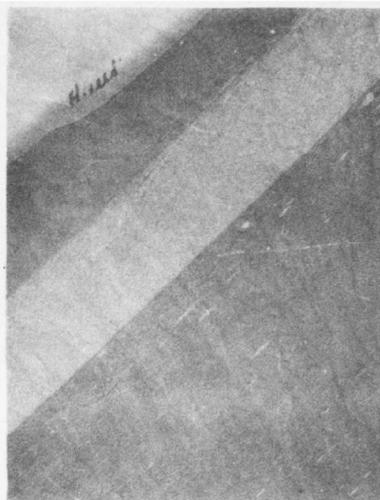


Fig. 1 x 1



Fig. 2 x 85



Fig. 3 x 22



Fig. 4 x 85



Fig. 5 x 85

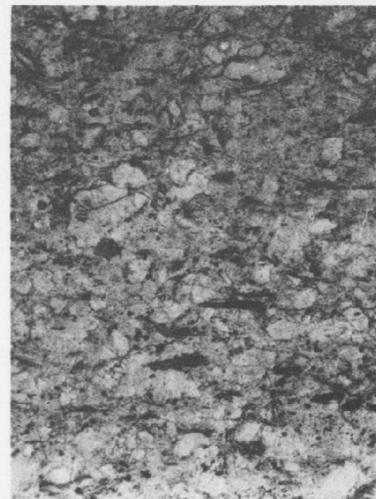


Fig. 6 x 85

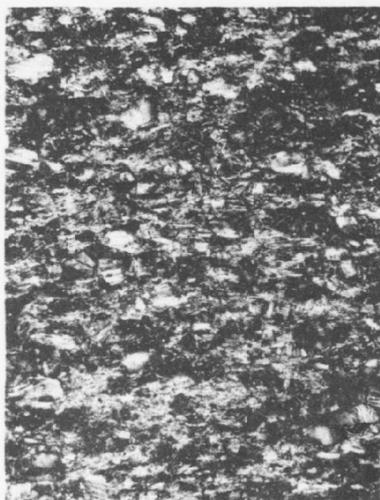


Fig. 7 x 85



Fig. 8 x 180



Fig. 9 x 180

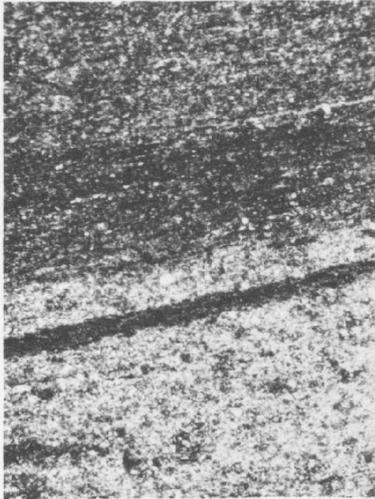


Fig. 10

x 22

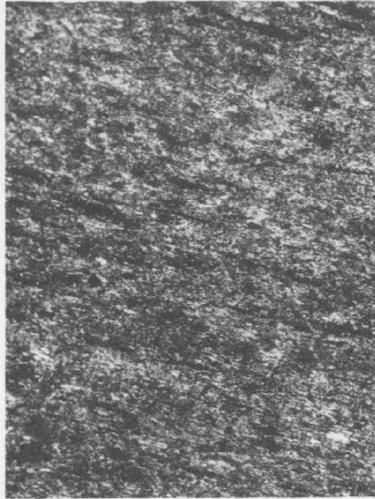


Fig. 11

x 85



Fig. 12

x 85

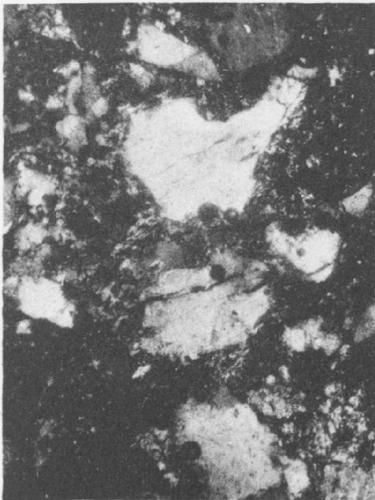


Fig. 13

x 85



Fig. 14

x 85

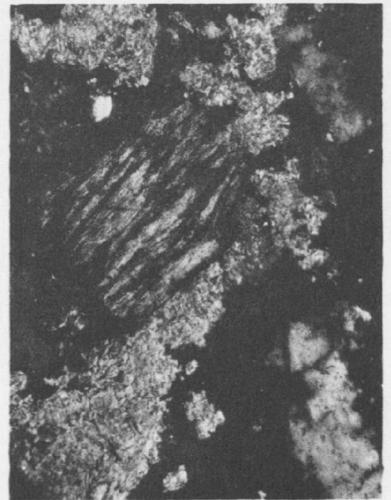


Fig. 15

x 180



Fig. 16

x 85



Fig. 17

x 85



Fig. 18

x 180

BIBLIOGRAPHIE

- A. BOUROZ (1960). — Sur les subdivisions du terrain houiller du Nord de la France. *C.R. Ac. Sc.*, t. 251, Paris.
- A. BOUROZ (1962). — Sur la pluralité d'origine des tonsteins. *A.S.G.N.*, t. LXXXII, Lille.
- A. BOUROZ (1963). — Les composants pétrographiques des schistes houillers et leur signification sédimentologique. *C.R. 5^e Congrès Strat. et Géol. Carb.*, Paris-Gap 1964.
- J. CHALARD (1960). — Contribution à l'étude du Namurien du bassin houiller du Nord de la France, Valenciennes.
- H. ERHART (1956). — La genèse des sols en tant que phénomène géologique. *Ev. des Sc.*, n° 8, Paris.
- G. LIENHARDT (1962). — Géologie du Bassin houiller stéphanien du Jura et de ses morts-terrains. Paris.
- J. DE MAISTRE (1963). — Description géologique du bassin houiller de la Loire. *R.I.M.*, vol. 45, n° 7 et 8, Saint-Etienne.

EXPLICATIONS DES PLANCHES

PLANCHE XXXII

FIG. 1. — Aspect du tonstein sur carotte sciée. Dans le schiste inférieur, les petites traînées claires sont constituées par de la pyrite secondaire. Il en existe également mais en quantité un peu moindre dans le schiste supérieur.

Echantillon $\times 1$.

FIG. 2. — Schiste inférieur. - Feutrage d'illite cryptocristalline à extinction orientée. Vers la base, deux quartz de 20 à 30 μ . Les minces traînées noires sont constituées par de la matière organique. Les deux taches noires, au milieu de la photo, sont des amas de pyrite secondaire.

L.M. 20 457 - C, L.P., $\times 85$.

FIG. 3. — Contact net entre le schiste inférieur (bas de la photo) et le tonstein (haut, partie claire).

L.M. 20 457 \pm C, L.P., $\times 22$.

FIG. 4. — Partie inférieure du tonstein. Nombreux fuseaux ou amas de kaolinite blanchâtre striée (100-350 μ). Plages de calcite secondaire (120 μ).

L.M. 20 457 \pm C, L.P., $\times 85$.

FIG. 5. — Partie inférieure du tonstein. Kaolinite abondante en amas ou vermicules striés (100-350 μ). Petites mouchetures de pyrite secondaire.

L.M. 20 457 \pm C, L.N., $\times 85$.

FIG. 6. — Partie supérieure du tonstein. - Kaolinite abondante en amas ou vermicules striés (50-180 μ). Biotite relativement peu abondante (30-80 μ). Petites mouchetures de pyrite secondaire. La comparaison de la fig. 6 avec la fig. 5 montre la granodécroissance des éléments constitutifs du tonstein.

L.M. 20 457 \pm C, L.N., $\times 85$.

FIG. 7. — Partie supérieure du tonstein. - Kaolinite abondante en fuseaux ou vermicules striés (50-180 μ). Plage de calcite secondaire (50 μ). La comparaison de la fig. 7 avec la fig. 4 montre la granodécroissance des éléments constitutifs du tonstein.

L.M. 20 457 \pm C, L.P., $\times 85$.

FIG. 8. — Tonstein. - Kaolinite striée en vermicules et amas abondants. A gauche, aiguille très acérée de quartz. Vers le milieu du bord droit : feldspath très altéré, transformé vers le bas, en minéral phylliteux très polychroïque (damouritisation). Quelques plages paraissant finement grenues : calcite secondaire.

L.M. 20 457 \pm C, L.P., $\times 180$.

FIG. 9. — Tonstein. - Fond de kaolinite striée. Gros élément feldspathique en voie d'altération phylliteuse. Sous ce dernier, à gauche, biotite (en noir). Vers le bas, quelques plages finement grenues de calcite secondaire.

L.M. 20 457 \pm C, L.P., $\times 180$.

PLANCHE XXXIII

FIG. 10. — Contact entre la partie supérieure du tonstein et le schiste supérieur, montrant des lits schisteux à l'intérieur du tonstein et quelques éléments de kaolinite dans la base du schiste : il y a interpénétration sédimentaire des deux formations qui sont génétiquement distinctes.

L.M. 20 457 \pm C, L.P., $\times 22$.

FIG. 11. — Schiste supérieur. - Feutrage d'illite cryptocristalline à extinction orientée. Minces traînées noires de matière organique. Vers le bas, à droite, un petit quartz. Quelques petits amas noirs constitués par de la pyrite secondaire.

L.M. 20 457 \pm C, L.P., $\times 85$.

FIG. 12. — Schiste gréseux. - Au centre, feldspath maclé en voie d'altération (180μ). Nombreux quartz, dont quelques-uns plus ou moins corrodés (60 à 150μ). Quelques plages de calcite secondaire (120μ). Quelques amas de kaolinite microcristalline.

L.M. 20 418 //, L.P., $\times 85$.

FIG. 13. — Schiste gréseux. - Quartz à golfe de corrosion et à fentes de retrait (180 à 300μ). En bas, élément feldspathique en voie de kaolinisation. En haut, petit feldspath maclé.

L.M. 20 418 //, L.P., $\times 85$.

FIG. 14. — Schiste gréseux. - En dessous du centre, feldspath maclé en voie d'altération (250μ). En bas et à gauche, quartz (180μ). A droite, en bas, plage de calcite secondaire, en contact avec un quartz. En haut, plages de kaolinite microcristalline, avec petits quartz en haut et à droite.

L.M. 20 420 \perp , L.P., $\times 85$.

FIG. 15. — Schiste gréseux. - En bas, à droite, quartz craquelé. Au centre, élément de kaolinite striée (150μ). Plages de calcite secondaire, entourant la kaolinite.

L.M. 20 416 \perp , L.P., $\times 180$.

FIG. 16. — Schiste gréseux. - Au centre, quartz (250μ). A son contact, vers le bas, feldspath en voie d'altération. Sous le feldspath, biotite en voie d'altération. Dans le reste du champ, quartz, dont un engrené et kaolinite microcristalline.

L.M. 20 418 //, L.P., $\times 85$.

FIG. 17. — Schiste gréseux. - Même champ que fig. 16, montrant en lumière naturelle, au centre, la biotite en voie d'altération, passant latéralement, à droite, à de la chlorite (un peu plus claire). Quelques mouchetures de pyrite secondaire.

L.M. 20 418 \perp , L.N., $\times 85$.

FIG. 18. -- Schiste gréseux. - Au centre, feldspath en voie d'altération, recouvert en partie d'une pellicule de calcite secondaire (élimination du Ca des plagioclases).

L.M. 20 417 \perp , L.P., $\times 180$.

A propos de la formation de minéraux secondaires lors de la combustion des charbons

par Daniel LIMACHER (1)

Lorsque des incendies ont lieu dans des mines de charbon, on peut constater la formation de certaines croûtes blanchâtres constituées par des minéraux divers que je me suis proposé d'étudier. Malheureusement, lorsque le feu se déclare dans des galeries souterraines, la récolte s'avère particulièrement difficile, les quartiers en feu étant immédiatement fermés par mesure de sécurité. On ne peut avoir la chance d'observer les parties incendiées que lors d'éventuels recoupages dans ces zones brûlées. Par contre, les terrils où s'entassent les déblais se révèlent plus faciles d'accès. Il n'est pas rare de les voir se consumer lentement, par secteurs soulignés de blanc, fumant et répandant une odeur de gaz sulfureux. Les matériaux qui y sont déversés sont variés et contiennent des quantités assez importantes de matières charbonneuses. Les anciens terrils en sont particulièrement riches, car autrefois les procédés de séparation n'étaient pas aussi perfectionnés qu'aujourd'hui. Les stériles sont généralement des grès et des schistes, plus rarement des calcaires, comme c'est le cas des lignites de Gardanne. Il peut s'y ajouter des résidus de lavoirs, des cendres et mâchefers provenant de centrales thermiques. De ce fait, les matériaux brûlant sur les terrils et dans les mines ne sont pas tout à fait les mêmes ; les conditions de combustion ne sont pas non plus absolument semblables. Les exploitations en découvertes, comme celles de Decazeville, où brûlent à la fois des veines de charbon en place et des déblais, dont certains sont fort anciens, m'ont toutefois permis de constater l'identité des minéraux formés.

Les embrasements sont assez fréquents, en dépit de la prudence des exploitants, du fait de l'aptitude du charbon à s'échauffer de lui-même dans des conditions d'ailleurs assez mal définies. Divers facteurs interviennent parmi lesquels :

— Degré de métamorphisme : les anthracites sont assez sujettes à l'autoéchauffement, mais les lignites, notamment celles de Fuveau, s'enflamment facilement sur les terrils.

— Contraintes et décontraintes des couches faisant intervenir des phénomènes thermodynamiques.

— Degré de fissuration du charbon et des roches encaissantes conditionnant la circulation de l'air donc de l'oxygène nécessaire à la combustion.

— Phénomènes biochimiques dus aux moisissures.

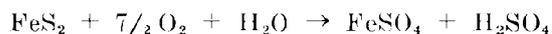
Teneur du charbon en matières humiques et sulfures organiques.

— Présence de minéraux sulfurés : pyrite, marcassite, etc...

Revenons sur quelques-uns de ces facteurs.

La fissuration des roches ne doit pas être trop grande ; si la circulation de l'air est importante, alors que l'échauffement est modéré, l'air évacue les calories et empêche la montée en température.

Très souvent il faut faire intervenir, pour expliquer l'élévation initiale de température, l'action des moisissures qui se développent sur des matières telles que résidus de bois, chiffons gras, etc., provenant de l'exploitation. Ceci est surtout valable pour les terrils, où de tels matériaux ne sont pas rares. Il faut en effet une température de l'ordre de 150° C pour que la réaction d'oxydation de la pyrite s'amorce. Cette réaction symbolisée stoechiométriquement par :



est exothermique, et on peut atteindre assez rapidement la température d'inflammation du bois et de là celle du charbon.

L'oxydation du sulfure de fer est à l'origine d'une partie des formations blanchâtres caracté-

(1) Assistant au laboratoire de Minéralogie-Cristallographie de la Faculté des Sciences de Lille.

ristiques des zones brûlées. Les minéraux qui s'y trouvent peuvent ensuite passer en solution et recristalliser en surface par évaporation, après un parcours plus ou moins long. L'acide sulfurique, obtenu à partir de la pyrite et des sulfures organiques du charbon, réagit sur les minéraux des roches encaissantes et sur les produits de distillation de la houille et tout particulièrement sur les produits ammoniacaux. On obtient ainsi, à divers degrés d'hydratation, des sulfates tels que :

- letovicite, mascagnite (sulfate d'ammonium),
 - epsomite, hexahydrate (sulfate de magnésium),
 - copiapite, mélanterite, coquimbite (sulfate de fer),
- et divers aluns :
- alun de sodium, de potassium, tschermigite,
 - kalinite, mendozite, pikeringite,
 - halotrichite, etc...

ainsi que du gypse souvent préexistant.

J'ai remarqué aussi, sur le charbon en combustion lente, du soufre et du salmiac (chlorure d'ammonium) ; ces minéraux proviennent de la distillation du charbon. Celui-ci contient en effet presque toujours, d'après les analyses qui m'ont été communiquées, 1 à 2 % de soufre et d'azote et environ 0,05 % de chlore. Ces derniers minéraux

sont les plus constants dans les mines et sur les terrils « chauds », c'est-à-dire actuellement en combustion. On les trouve assez étroitement associés, généralement bien cristallisés en croûtes blanches, jaune plus ou moins orangé suivant la température à laquelle le soufre a été porté : on atteint en effet assez facilement les premières étapes de sa fusion.

Dans certains gisements, le charbon contient des sulfures métalliques qui se subliment au cours de l'embrassement et recristallisent dans des zones plus fraîches. Ils peuvent donner des minéraux tels que l'orpiment, l'arsénolite, le réalgar, etc... L'examen de ces formations montre que les minéraux ont cristallisé, soit à partir de l'état fondu, soit à partir de la phase vapeur, ce qui rappelle l'aspect des associations minérales des fumerolles volcaniques. On trouve parfois les mêmes minéraux avec les mêmes faciès dans ces deux types de gisements pourtant apparemment si différents.

Parmi ces trois groupes de minéraux, les sulfates sont les plus caractéristiques des houillères embrasées et leur étude me semble être la plus intéressante. Malheureusement, leur développement ne peut avoir lieu qu'au cours de l'évaporation des solutions sulfatées, aussi leur récolte n'est possible qu'après des périodes de sécheresse prolongée, ce qui rend leur étude fonction des conditions atmosphériques.



TABLE DES MATIÈRES

1963

TABLE DES MATIERES

Activité de la Société

- Elections pour le renouvellement du Conseil d'Administration de la Société, p. 9.
Election de nouveaux membres, p. 3, p. 169, p. 219, p. 220.
Séances ordinaires de la Société : 6 janvier, p. 9 ; 6 février, p. 10 ; 6 mars, p. 13 ; 17 avril, p. 99 ;
15 mai, p. 167 ; 5 juin, p. 169 ; 6 novembre, p. 219 ; 4 décembre, p. 220.

Nécrologie

- Mgr G. DELÉPINE, p. 167.

Conférences

- M. le Professeur ROUBAULT : L'état actuel du problème du granite, p. 169.
M. le Professeur GLANGEAUD : Les grandes structures de la terre, p. 169.

Présentation d'ouvrages

- M. BRIANCOURT : Etude des sols de fondations, présenté par M. Chalard, p. 10.
M. G. DASSONVILLE : Contribution à la connaissance géologique de la bordure cévenole de basse Ardèche, p. 220.
M. J. PROUVOST : Transformations expérimentales des sulfures métalliques naturels, p. 220.
M. P. CELET : Contribution à l'étude géologique du Parnasse-Kiona et d'une partie des régions méridionales de la Grèce continentale, p. 221.

Discours

- M. CHALARD, p. 10.
M. POLVÊCHE, p. 10.

Stratigraphie

- G. DASSONVILLE et F. ROSSIGNOL. — A propos du Houiller inférieur dans la région d'Orchies, p. 161.
- A. BONTE, P. BROQUET et P. CELET. — Observations sur le Bathonien de Bucilly (Aisne), p. 195.
- G. WATERLOT. — Quelques données sur les couches tertiaires et crétacées de la feuille « Le Quesnoy » au 50.000^e, p. 197.
- C. CAVELIER. — L'Éocène supérieur et l'Oligocène de la Butte de Villers-Cotterets (Aisne), p. 203.
- G. WATERLOT. — Le Crétacé de la région N et NE de Maubeuge, p. 265.
- P. CELET. — Extension de la zone du Parnasse en Grèce méridionale (Stratigraphie), p. 275.

Péetrographie

- J. FABRE et R. FEYS. — Action de roches éruptives sur des charbons d'Afrique du Sud, p. 31.
- E. MÉRIAUX. — Caractères pétrographiques des houilles du sondage de Loos 5 (Groupe de Lens-Liévin), p. 223.
- A. BOUROZ. — Présence d'un niveau kaolinique dans le Namurien de Picardie, p. 281.

Minéralogie

- P. DEBRABANT. — Sur la détermination de l'âge absolu de quelques minéraux argileux extraits de sédiments de la région d'Hassi-Messaoud, p. 137.
- J. PROUVOST. — Etude des transformations de la bornite (Cu_5FeS_4) par élévation de température, p. 143.
- J.M. CHARLET. — La thermoluminescence des roches et son utilité en géologie, p. 243.
- D. LIMACHER. — A propos de la formation de minéraux secondaires lors de la combustion des charbons, p. 287.

Paléontologie

- M. FRIANT. — Le *Rhinoceros (Tichorhinus) antiquitatis* BLUM. Recherches anatomiques sur la tête osseuse et la dentition, p. 15.
- F. LAURENTIAUX-VIEIRA et D. LAURENTIAUX. — Sur quelques restes nouveaux d'Arachnides du terrain houiller, p. 23.
- J. LEVET-CARETTE et S. LOBOZIAK. — Inventaire palynologique, « par les mégaspores », du sondage 233 de la fosse 2 d'Auchel, p. 37.
- N. SELOSSE. — Inventaire des « Mégaspores » du faisceau de Meunière (Westphalien B inf.), dans le Bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais, p. 61.
- S. LOBOZIAK. — Etude palynologique comparative des couches du Westphalien C inférieur dans le groupe d'Auchel-Bruay des H.B.N.P.C., p. 71.
- J. DANZÉ et J.P. LAVEINE. — Etude palynologique d'une argile provenant de la limite Lias-Dogger, dans un sondage à Boulogne-sur-Mer, p. 79.

- J. LEVET-CARETTE. — Etude de la microflore infraliasique d'un sondage effectué dans le sous-sol de Boulogne-sur-Mer (Pas-de-Calais), p. 101.
- D. LAURENTIAUX. — Morphologie et nervation de l'aile métathoracique dans le genre *Hadroneuria* HANDLIRSCH 1908 et diagramme alaire des Lithomantides westphaliens (Insectes Paléodictyoptères), p. 129.
- B. AGRALI. — Etude des Microspores du Namurien à Tarla-Agzi (Bassin houiller d'Amasra, Turquie), p. 145.
- A.F. DE LAPPARENT et J. BLOT. — Ammonites et Poissons dans la partie moyenne du Portlandien du Pays de Bray, p. 201.
- S. LOBOZIAK. — Le genre *Colisporites* POT. et KR. dans le Bassin houiller du Nord de la France, p. 231.
- D. BRICE et D. LAURENTIAUX. — Une Sauterelle Mio-Pliocène de l'Ardèche, p. 259.

Tectonique

- J.P. et P. DESTOMBES. — L'Anticlinal des Quénoes, au Cap Blanc-Nez (Pas-de-Calais), p. 47.
- A. BEUGNIES. — Essai d'interprétation géodynamique du magmatisme de l'Ardenne, p. 171.
- H.L. et G. MENNESSIER. — Carte structurale des plissements provençaux de la région de Salernes (Var) établie en perspective, p. 263.

Géophysique et Géologie appliquée

- J. CLÉMENT. — Résultats préliminaires des campagnes géophysiques de reconnaissance dans les permis de recherche « Arras et Avesnes » de l'Association Shell Française-P.C.R.B.-SAFREP. Objectifs du forage profond Jeumont-Marpent n° 1, p. 237.

Hydrogéologie

- G. DASSONVILLE et J. RICOUR. — Interprétation des essais de débit appliquée à la localisation des venues d'eau dans un captage à la craie, p. 57.

Terrains primaires

- F. LAURENTIAUX-VIEIRA et D. LAURENTIAUX. — Sur quelques restes nouveaux d'Arachnides du terrain houiller, p. 23.
- J. FABRE et R. FEYS. — Action de roches éruptives sur des charbons d'Afrique du Sud, p. 31.
- J. LEVET-CARETTE et S. LOBOZIAK. — Inventaire palynologique, « par les mégaspores », du sondage 233 de la fosse 2 d'Auchel, p. 37.
- N. SELOSSE. — Inventaire des « Mégaspores » du Faisceau de Meunière (Westphalien B inf.) dans le Bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais, p. 61.
- S. LOBOZIAK. — Etude palynologique comparative des couches du Westphalien C inférieur dans le groupe d'Auchel-Bruay des H.B.N.P.C., p. 71.

- J. DANZÉ et J.P. LAVEINE. — Etude palynologique d'une argile provenant de la limite Lias-Dogger, dans un sondage à Boulogne-sur-Mer, p. 79.
- D. LAURENTIAUX. — Morphologie et nervation de l'aile métathoracique dans le genre *Hadroneuria* HANDLIRSCH 1908 et diagramme alaire des Lithomantides westphaliens (Insectes Paléodictyoptères), p. 129.
- P. DEBRABANT. — Sur la détermination de l'âge absolu de quelques minéraux argileux extraits de sédiments de la région d'Hassi-Messaoud, p. 137.
- R. AGRALI. — Etude des Microspores du Namurien à Tarla-Agzi (Bassin houiller d'Amasra, Turquie), p. 145.
- G. DASSONVILLE et F. ROSSIGNOL. — A propos du Houiller inférieur dans la région d'Orchies, p. 161.
- A. BEUGNIES. — Essai d'interprétation géodynamique du magmatisme de l'Ardenne, p. 171.
- E. MÉRIAUX. — Caractères pétrographiques des houilles du sondage de Loos 5 (Groupe de Lens-Liévin), p. 223.
- S. LOBCZIAK. — Le genre *Colisporites* POT. et KR. dans le Bassin houiller du Nord de la France, p. 231.
- D. BRICE et D. LAURENTIAUX. — Une Sauterelle Mio-Pliocène de l'Ardèche, p. 259.
- A. BOUROZ. — Présence d'un niveau kaolinique dans le Namurien de Picardie, p. 281.
- D. LIMACHER. — A propos de la formation de minéraux secondaires lors de la combustion des charbons, p. 287.

Terrains secondaires

- J.P. et P. DESTOMBES. — L'anticlinal des Quénoes, au Cap Blanc-Nez, p. 47.
- G. DASSONVILLE et J. RICOUR. — Interprétation des essais du débit appliquée à la localisation des venues d'eau dans un captage à la craie, p. 57.
- J. DANZÉ et J.P. LAVEINE. — Etude palynologique d'une argile provenant de la limite Lias-Dogger, dans un sondage à Boulogne-sur-Mer, p. 79.
- J. LEVET-CARETTE. — Etude de la microflore infraliasique d'un sondage effectué dans le sous-sol de Boulogne-sur-Mer (Pas-de-Calais), p. 101.
- A. BONTE, P. BROQUET et P. CELET. — Observations sur le Bathonien de Bucilly (Aisne), p. 195.
- G. WATERLOT. — Quelques données sur les couches tertiaires et crétacées de la feuille « Le Quesnoy » au 50.000^e, p. 197.
- H.L. et G. MENNESSIER. — Carte structurale des plissements provençaux de la région de Salernes (Var) établie en perspective, p. 263.
- G. WATERLOT. — Le Crétacé de la région N et NE de Maubeuge, p. 265.
- P. CELET. — Extension de la zone du Parnasse en Grèce méridionale (Stratigraphie), p. 275.

Terrains tertiaires et quaternaires

- M. FRIANT. — Le *Rhinoceros (Tichorhinus) antiquitatis* BLUM. Recherches anatomiques sur la tête osseuse et la dentition, p. 15.
- C. CAVELIER. — L'Eocène supérieur et l'Oligocène de la Butte de Villers-Cotterets (Aisne), p. 203.

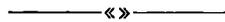
TABLE DES PLANCHES

- Pl. I. — *Rhinoceros (Tichorhinus) antiquitatis* BLUM., (note de M. FRIANT, p. 20).
 Pl. II. — » » » » » p. 21).
 Pl. III. — Nouveaux Arachnides du terrain houiller (note de F. et D. LAURENTIAUX, p. 29).
 Pl. IV. — Dolérite (note de J. FABRE et R. FEYS, p. 36).
 Pl. V. — Contact franc dolérite-charbon (note de J. FABRE et R. FEYS, p. 36).
 Pl. VI. — Charbons d'Afrique du Sud (note de J. FABRE et R. FEYS, p. 36).
 Pl. VII. — » » » » » »
 Pl. VIII. — » » » » » »
 Pl. IX. — » » » » » »
 Pl. X. — Anticlinal des Quénoes (note de J.P. et P. DESTOMBES, p. 56).
 Pl. XI. — Mégaspores du Faisceau de Meunière (Westphalien B inf.) (note de N. SELOSSE, p. 68).
 Pl. XII. — » » » » » » p. 69).
 Pl. XIII. — Spores de la limite Lias-Dogger (note de J. DANZÉ et J.P. LAVEINE, p. 88).
 Pl. XIV. — » » » » » p. 89).
 Pl. XV. — » » » » » p. 90).
 Pl. XVI. — » » » » » p. 91).
 Pl. XVII. — Microflore de l'Infralias (note de J. LEVET-CARETTE, p. 128).
 Pl. XVIII. — » » » » »
 Pl. XIX. — » » » » »
 Pl. XX. — » » » » »
 Pl. XXI. — *Hadroneuria* HANDLIERSCH (note de D. LAURENTIAUX, p. 136).
 Pl. XXII. — Microspores du Namurien à Tarla-Agzi (note de B. AGRALI, p. 160).
 Pl. XXIII. — » » » » »
 Pl. XXIV. — Phases magmatiques de l'Ardenne (note de A. BEUGNIÈS, p. 190).
 Pl. XXV. — Surfaces polies de houilles du sondage Loos 5 (note de E. MÉRIAUX, p. 228).
 Pl. XXVI. — *Colisporites* POT. et KR. (note de S. LOBOZIAK, p. 232).
 Pl. XXVII. — » » » » »
 Pl. XXVIII. — Permis Arras-Avesnes. Carte des activités de reconnaissance (note de J. CLÉMENT, p. 240).
 Pl. XXIX. — *Tettigonia viridissima* LINNÉ (note de D. BRICE et D. LAURENTIAUX, p. 260).
 Pl. XXX. — Blocs-diagrammes de la région de Salernes (note de H.L. et G. MENNESSIER, p. 264).
 Pl. XXXI. — Microfaciès des calcaires de l'Hélicon (note de P. CELET, p. 280).
 Pl. XXXII. — Niveau kaolinique du Namurien de Picardie (note de A. BOUROZ, p. 284).
 Pl. XXXIII. — » » » » » » »

TABLE DES AUTEURS

- M. FRIANT. — Le *Rhinoceros (Tichorhinus) antiquitatis* BLUM. Recherches anatomiques sur la tête osseuse et la dentition, p. 15.
- F. LAURENTIAUX-VIEIRA et D. LAURENTIAUX. — Sur quelques restes nouveaux d'Arachnides du terrain houiller, p. 23.
- J. FABRE et R. FEYS. — Action de roches éruptives sur des charbons d'Afrique du Sud, p. 31.
- J. LEVET-CARETTE et S. LOBOZIAK. — Inventaire palynologique, « par les mégaspores », du sondage 233 de la fosse 2 d'Auchel, p. 37.
- J.P. et P. DESTOMBES. — L'Anticlinal des Quénocs, au Cap Blanc-Nez (Pas-de-Calais), p. 47.
- G. DASSONVILLE et J. RICOUR. — Interprétation des essais de débit appliquée à la localisation des venues d'eau dans un captage à la craie, p. 57.
- N. SELOSSE. — Inventaire des « Mégaspores » du Faisceau de Meunière (Westphalien B inf.), dans le Bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais, p. 61.
- S. LOBOZIAK. — Etude palynologique comparative des couches du Westphalien C inférieur dans le groupe d'Auchel-Bruay des H.B.N.P.C., p. 71.
- J. DANZÉ et J.P. LAVEINE. — Etude palynologique d'une argile provenant de la limite Lias-Dogger, dans un sondage à Boulogne-sur-Mer, p. 79.
- J. LEVET-CARETTE. — Etude de la microflore infraliasique d'un sondage effectué dans le sous-sol de Boulogne-sur-Mer (Pas-de-Calais), p. 101.
- D. LAURENTIAUX. — Morphologie et nervation de l'aile métathoracique dans le genre *Hadroneuria* HANDLIRSCH 1908 et diagramme alaire des Lithomantides westphaliens (Insectes Paléodictyoptères), p. 129.
- P. DEBRABANT. — Sur la détermination de l'âge absolu de quelques minéraux argileux extraits de sédiments de la région d'Hassi-Messaoud, p. 137.
- J. PROUVOST. — Etude des transformations de la bornite (Cu_5FeS_4) par élévation de la température, p. 143.
- B. AGRALI. — Etude des Microspores du Namurien à Tarla-Agzi (Bassin houiller d'Amasra, Turquie), p. 145.
- G. DASSONVILLE et F. ROSSIGNOL. — A propos du Houiller inférieur dans la région d'Orchies, p. 161.
- A. BEUGNIES. — Essai d'interprétation géodynamique du magmatisme de l'Ardenne, p. 171.
- A. BONTE, P. BROQUET et P. CELET. — Observations sur le Bathonien de Bucilly (Aisne), p. 195.

- G. WATERLOT. — Quelques données sur les couches tertiaires et crétacées de la feuille « Le Quesnoy » au 50.000^e, p. 197.
- A.F. DE LAPPARENT et J. BLOT. — Ammonites et Poissons dans la partie moyenne du Portlandien du Pays de Bray, p. 201.
- C. CAVELIER. — L'Eocène supérieur et l'Oligocène de la Butte de Villers-Cotterets (Aisne), p. 203.
- E. MÉRIAUX. — Caractères pétrographiques des houilles du sondage de Loos 5 (Groupe de Lens-Liévin), p. 223.
- S. LOBOZIAK. — Le genre *Colisporites* POT. et KR. dans le bassin houiller du Nord de la France, p. 231.
- J. CLÉMENT. — Résultats préliminaires des campagnes géophysiques de reconnaissance dans les permis de recherche « Arras et Avesnes » de l'Association Shell Française-P.C.R.B.-SAFREP. Objectifs du forage profond de Jeumont-Marpent N° 1, p. 237.
- J.M. CHARLET. — La thermoluminescence des roches et son utilité en géologie, p. 243.
- D. BRICE et D. LAURENTIAUX. — Une Sauterelle Mio-Pliocène de l'Ardèche, p. 259.
- H.L. et G. MENNESSIER. — Carte structurale des plissements provençaux de la région de Salernes (Var) établie en perspective, p. 263.
- G. WATERLOT. — Le Crétacé de la région N et NE de Maubeuge, p. 265.
- P. CELET. — Extension de la zone du Parnasse en Grèce méridionale (Stratigraphie), p. 275.
- A. BOUROZ. — Présence d'un niveau kaolinique dans le Namurien de Picardie, p. 281.
- D. LIMACHER. — A propos de la formation de minéraux secondaires lors de la combustion des charbons, p. 287.



EDITIONS DU CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

C.C.P. Paris 9061-11

15, Quai Anatole France, PARIS (7^e)

Tél. : SOL. 93-39

Lexique International de Pétrographie des charbons

2^{me} édition

Publié sous l'égide du Comité International de Pétrographie des charbons, ce lexique se présente sous forme de cartothèque.

Dans la première partie, chaque terme fait l'objet d'une fiche (une ou plusieurs pages) comportant le nom de son auteur et la référence bibliographique correspondante, la liste des synonymes et des termes analogues, la description du constituant pétrographique considéré et ses propriétés, son mode de gisement, son importance pratique, avec des illustrations en noir et en couleurs.

La deuxième partie est consacrée aux méthodes d'analyses pétrographiques quantitatives.

Ensemble présenté sous reliure toile à feuillets mobiles, in-4^o coquille.

Edition 1963, rédigée en français :	Prix	57 F.
» » allemand :	»	57 F.
» » anglais :	»	57 F.

**LE CENTRE DE DOCUMENTATION
DU CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

15, Quai Anatole-France, PARIS (VII^e) — SOLférino 93-39 +

Le Centre de Documentation du C. N. R. S. publie mensuellement un « BULLETIN SIGNALÉTIQUE » en plusieurs fascicules dans lesquels figurent sous la forme de courts extraits classés par matières, tous les travaux scientifiques et techniques publiés dans le monde entier.

Quatre fascicules d'entre eux sont consacrés à la Philosophie et aux Sciences Humaines et paraissent trimestriellement.

Cette revue bibliographique, l'une des plus importantes du monde, signale, chaque année, environ 250.000 articles et mémoires. On trouvera ci-dessous le détail de ces fascicules.

Le Centre de Documentation du C. N. R. S. fournit également la reproduction sur MICRO-FILM ou sur PAPIER des articles analysés dans le « BULLETIN SIGNALÉTIQUE » ou des articles dont la référence bibliographique précise lui est fournie.

Expérimentateurs, Ingénieurs et Techniciens peuvent ainsi bénéficier, sans quitter leur laboratoire ou leur bureau, d'une documentation abondante et rapide.

Tarif des Abonnements au Bulletin Signalétique

— Année 1961 —

		PRIX	
		France	Etranger
MENSUELS	1. MATHÉMATIQUES	30 F.	35 F.
	2. ASTRONOMIE, ASTROPHYSIQUE, PHYSIQUE DU GLOBE	40 »	45 »
	3. PHYSIQUE I. - Généralités. Physique mathématique. Mécanique. Acoustique. Optique. Chaleur. Thermodynamique	50 »	55 »
	4. PHYSIQUE II. - Electricité	40 »	45 »
	5. PHYSIQUE NUCLEAIRE. Noyaux. Particules. Energie atomique	40 »	45 »
	6. STRUCTURE DE LA MATIERE. Cristallographie. Solides. Fluides. Atomes. Ions. Molécules	40 »	45 »
	7. CHIMIE I. - Chimie générale. Chimie physique. Chimie minérale. Chimie analytique. Chimie organique	100 »	105 »
	8. CHIMIE II. - Chimie appliquée. Métallurgie	80 »	85 »
	9. SCIENCES DE L'INGENIEUR	60 »	65 »
	10. SCIENCES DE LA TERRE I. - Minéralogie. Géochimie. Pétrographie	25 »	30 »
	11. SCIENCES DE LA TERRE II. - Physique du Globe. Géologie. Paléontologie.	40 »	45 »
	12. BIOPHYSIQUE. BIOCHIMIE. Chimie analytique biologique	40 »	45 »
	13. SCIENCES PHARMACOLOGIQUES, TOXICOLOGIE	40 »	45 »
	14. MICROBIOLOGIE. VIRUS. BACTERIOPHAGES. IMMUNOLOGIE. GENETIQUE	40 »	45 »
	15. PATHOLOGIE GENERALE ET EXPERIMENTALE	60 »	65 »
	16. BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES	100 »	105 »
	17. BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE VEGETALES	50 »	55 »
	TRIMESTRIELS	18. SCIENCES AGRICOLES. ZOOTECHNIE. PHYTIATRIE ET PHYTO-PHARMACIE. ALIMENTS ET INDUSTRIES ALIMENTAIRES	60 »
19. PHILOSOPHIE. SCIENCES HUMAINES. Philosophie. Sciences religieuses. Archéologie et Histoire de l'Art. Psychologie. Pédagogie. Sociologie. Sciences du Langage. Histoire des Sciences et des Techniques		80 »	85 »
20. PSYCHOLOGIE. PEDAGOGIE (*)		30 »	35 »
21. SOCIOLOGIE ET SCIENCES DU LANGAGE (*)		30 »	35 »
22. HISTOIRE DES SCIENCES ET DES TECHNIQUES (*)		20 »	25 »
Abonnement pour les fascicules groupés 1 à 11		250 »	290 »
Abonnement pour les fascicules groupés 12 à 18	250 »	290 »	

(*) Les fascicules spécialisés, numérotés 20 - 21 - 22, sont regroupés dans le fascicule 19.