

SOCIÉTÉ
GÉOLOGIQUE
DU
NORD

Fondée en 1870 et autorisée par arrêtés en date
des 3 Juillet 1871 et 28 Juin 1873.

PUBLICATION TRIMESTRIELLE

ANNALES LXXVIII
1958

**Volume publié avec le concours du
Centre National de la Recherche Scientifique**

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD
23, rue Gosselet
LILLE

Extraits du Règlement de la Société géologique du Nord

§ 1. — L'objet de la Société est l'étude de la géologie du Nord de la France.

§ 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 et avoir été proclamé dans la séance suivante par le Président, après élection.

§ 8. — La cotisation annuelle est fixée à 1.500 francs pour la France et l'Union Française ; 2.000 francs pour l'Étranger.

§ 10. — La Société tient ses séances habituelles à Lille, de Novembre à Juillet, une fois par mois. Chaque année, d'Avril à Juillet, la Société tient des séances extraordinaires sur le terrain, aux dates et lieux indiqués aux sociétaires par avis spéciaux.

§ 13. — Les ouvrages conservés dans la Bibliothèque de la Société peuvent être empruntés par les membres (voir le règlement spécial).

Extrait du Règlement concernant les publications

§ 1. — La Société publie des *Annales* et des *Mémoires*.

§ 2. — Les *Annales* paraissent périodiquement. Elles forment annuellement un volume qui est distribué gratuitement aux membres.

§ 3. — Les *Mémoires* sont publiés lorsque la situation financière de la Société le permet. Ils ne sont pas envoyés gratuitement aux membres qui pourront se les procurer à un prix de faveur fixé par le Conseil (voir le règlement spécial et les prix au dos de la couverture).

§ 8. — Les *Mémoires* ne peuvent être mis en vente par les auteurs.

Tirages à part

Les Tirages à part sont faits, après avis du délégué aux publications, sur le même papier que celui des Annales ou sur un papier différent, à la demande des auteurs, avec ou sans couverture. En raison des fluctuations actuelles des prix, ceux-ci sont fixés par l'imprimeur au moment du tirage et remis à l'auteur avant exécution

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD

Fondée en 1870

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

À 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

T O M E L X X V I I I
1 9 5 8

*Volume publié avec le concours du Centre National
de la Recherche Scientifique.*

L I L L E
S O C I É T É G É O L O G I Q U E D U N O R D
23, rue Gosselet
Compte de chèques postaux Lille C./C. 5.247
Téléphone : 53.05.38

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD

au 1^{er} Janvier 1958

Siège de la Société : 23, rue Gosselet à Lille.

<i>Président</i>	M. R. LEROUX, Directeur de la Société Eau et Force à Anzin.
<i>Vice-Président</i>	M. Ch. DELATTRE, Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Lille.
<i>Secrétaire</i>	MM. P. CELET.
<i>Trésorier</i>	G. PUIBARAUD.
<i>Bibliothécaire</i>	Mme S. DEFRETIN.
<i>Libraire</i>	MM. J. CHALARD.
<i>Directeur</i>	P. PRUVOST.
<i>Délégué aux publications.</i>	P. CORSIN.
<i>Secrétaire-Adjoint chargé des échanges</i>	J. POLVÊCHE.
<i>Membres du Conseil</i>	A. DUPARQUE, F. JOLY, R. MARLIÈRE, R. PETIT, G. DEPAPE.

MEMBRES TITULAIRES

- ALIN, Pharmacien, 43, rue Arthur Lamendin, Bruay (P.-de-C.).
ARSIGNY L., Professeur, 15, rue Cuvier, Le Cateau (Nord).
** ASSELBERGHS, Professeur de Géologie, 11, Place Foch, Louvain
(Belgique).
** BAECKEROOT (Abbé Georges), Professeur Honoraire aux Facultés
Catholiques de Lille, 265, Avenue de la République, La
Madeleine (Nord).
*† BARROIS Charles, Membre de l'Institut, ancien Professeur de la
Faculté des Sciences, 41, rue Pascal, Lille (Nord).
* BARROIS C.E., Fontaine-les-Grès (Aube).
* BARROIS J. (le Docteur), 20, rue des Jardins, Lille (Nord).
BAUDET James, Attaché à l'Institut de paléontologie humaine, 1, rue
René Panhard, Paris-XIII^e.
BEAUVAIS, Assistant de Géologie, Laboratoire de Géologie de la
Sorbonne, 1, rue Victor Cousin, Paris-V^e.

* Les noms des membres à perpétuité sont précédés d'un astérisque ;
ceux des membres à vie de deux astérisques **. Ces signes indiquent les
noms des membres libérés de leur cotisation.

VIII

- BERGOUNIOUX (R.P.), Professeur de Géologie à l'Institut Catholique, 31, rue de la Fonderie, Toulouse (Haute-Garonne).
- BERTELOOT, Ingénieur-Chimiste, 7, quai du Maréchal Joffre, Douai (Nord).
- BERTHOIS Léo, Docteur ès Sciences, 30, quai Saint-Cast, Rennes (Ille-et-Vilaine).
- BESTEL, Professeur honoraire, 28, rue du Pâquis, Money-St-Pierre (Ardennes).
- BEUGNIES Alphonse, Chargé de Cours à la Faculté Polytechnique, Mons (Belgique).
- BELUCKE Marcel, Ingénieur-Chimiste, Comptoir Tuilier, Courtrai (Belgique).
- BIBLIOTHEQUE MUNICIPALE DE LILLE, Lille (Nord).
- BIBLIOTHEQUE UNIVERSITAIRE DE LILLE, Lille (Nord).
- BIBLIOTHEQUE DE L'UNIVERSITE D'AIX-MARSEILLE, Section des Sciences, 1, Place Victor Hugo, Marseille (B.-du-R.).
- BIBLIOTHEQUE UNIVERSITAIRE DE CAEN, 168, rue Caponière, Caen (Calvados).
- BIBLIOTHEQUE UNIVERSITAIRE DE POITIERS, Poitiers (V.).
- BIBLIOTHEQUE UNIVERSITAIRE DE RENNES, Place Hoche, Rennes (Ille-et-Vilaine).
- BIBLIOTHEQUE UNIVERSITAIRE DE TOULOUSE, 56, rue de Taur, Toulouse (Haute-Garonne).
- BOGDANSKI Michel, 19, rue d'Isly, Alger (Algérie).
- BOLEWSKI Andzê, Polska Akademia Nauk, Varsovie (Pologne).
- BONTE A., Professeur à la Faculté des Sciences de Lille, 23, rue Gosselet, Lille (Nord).
- BOREL A., Maître de Conférences à la Faculté Catholique de Médecine et Pharmacie, 33, rue du Faubourg d'Arras, Lille (Nord).
- BOUCLET, Chef de Division à l'E.D.F., 4, rue de l'Abbaye, St-Omer (Pas-de-Calais).
- BOUROZ A., Chef du Service géologique aux H.B.N.P.C., 20, rue des Minimes, Douai (Nord).
- BOUT Pierre, Maison Combet-Mondon, Le Puy (Haute-Loire).
- BUISINE Michel, Géologue aux Houillères de Lens, 56, rue du Pôle Nord, Lens (Pas-de-Calais).
- BUTEL P., Licencié ès-Sciences, 3, rue d'Enghien, Groslay (S.-et-O.).
- CARRETTE, Ingénieur civil des Mines, 178, rue de Courcelles, Paris-XVII^e.
- CASTELAIN J., rue Anatole France, Cuinchy (Pas-de-Calais).
- CELET P., Assistant de Géologie, 23, rue Gosselet, Lille (Nord).
- CENTRE D'ETUDE ET DE RECHERCHES DES CHARBONNAGES (C.E.R.C.H.A.R.) Laboratoire de Verneuil, B.P. 27, Creil (Oise).
- CHALARD J., Ingénieur-Géologue aux H.B.N.P.C., 28, rue de l'Intendance, Valenciennes (Nord).
- CHARBONNAGES DE FRANCE, Service Information, boîte postale 396.08, Paris-VIII^e.

- CHARLES Robert-P., Conservateur de la Bibliothèque du Cabinet d'Égyptologie au Collège de France, 3, Square Henri-Delormel, Paris (XIV^e).
- CHARTIEZ Ch., Entrepreneur de forages, 2, rue Rouget-de-l'Isle, Béthune (Pas-de-Calais).
- CHATILIEZ P., Ingénieur, Châlet Dupas, Brunémont (Nord).
- CHAVY J., Ingénieur, ancien Directeur de la C^{ie} des Mines de Liévin, 24, rue Delpech, Amiens (Somme).
- COINTEMENT, Ingénieur, 7, rue des Fougères, Rennes (I.-et-V.).
- COLLIGNON Maurice, Général de Division du Cadre de Réserve, 7, rue de l'Isère, Gières (Isère).
- COLLIN J.-J., Etudiant, 3, boulevard Calmette, Lille (Nord).
- COMPTOIR TUILIER DU NORD, 117, route Nationale, Marcq-en-Barœul (Nord).
- ** COMTE P., Commissariat à l'énergie atomique, 69, rue de Varenne, Paris-VII^e.
- CORSIN Paul, Professeur de Paléobotanique, 23, rue Gosselet, Lille (Nord).
- COUDOUX J. (Mlle), Licenciée en Géographie, 11, rue de Bruxelles, Lille (Nord).
- DALINVAL A., Ingénieur-géologue au groupe de Douai des H.B.N.P.C., 18, rue de l'Égalité, Dechy (Nord).
- DAMOUR P., Industriel, Villa Kersaint, avenue de l'Hippodrome, Lambersart (Nord).
- DANGEARD, Professeur de Géologie à la Faculté des Sciences, Caen (Calvados).
- DANZE-CORSIN (Mme), Docteur ès-Sciences, Assistante de Paléobotanique, 23, rue Gosselet, Lille (Nord).
- DANZE J., Docteur ès-Sciences, Assistant à la Faculté des Sciences, 23, rue Gosselet, Lille (Nord).
- DEFRETIN S. (Mme), Assistante à la Faculté des Sciences, 23, rue Gosselet, Lille (Nord).
- ** DEHAY Ch., Professeur à la Faculté de Médecine et Pharmacie, Cité Hospitalière, Lille (Nord).
- DEHORGNE Marcel, 76, rue Montorgueil, Paris (2^e).
- DELAHAYE Emile, Docteur ès-Sciences, 35, rue Alfred de Musset, Lille (Nord).
- DELATRE Ch., Maître de Conférences, 23, rue Gosselet, Lille (N.).
- DELEAU P., Docteur ès-Sciences, Professeur, Villa Biarmandrais, Parc d'Hydra, Alger (Algérie).
- DELCOURT Albert (Abbé), Professeur au Collège Saint-Julien, Ath (Belgique).
- DELECOURT Jean, Directeur des Tuileries du Nord, 113, rue Nationale, Marcq-en-Barœul (Nord).
- DELECOURT Jules, Ingénieur, 19, rue des Alliés, Wasmes (Belgique).
- DELEPINE G. (Mgr), Membre non résidant de l'Institut, Professeur de Géologie à la Faculté Catholique des Sciences, 13, rue de Toul, Lille (Nord).

- DELHAYE Francis, 12, rue Gambetta, Béthune (Pas-de-Calais).
- DELHAYE René, Pharmacien, 61, rue Saint-Aubert, Arras (P.-de-C.).
- DELIGNE (Mme), Professeur, 6, rue d'Arras, Douai (Nord).
- DELLERY Bernard, Villa Ginette, rue du Capitaine Ferber, Wimeux (Pas-de-Calais).
- DELPORTE Henri, Professeur, 6, rue Jacquard, Croix (Nord).
- DELMER A., Ingénieur au Corps des Mines et au Service Géologique de Belgique, 24, Place du Roi-Vainqueur, Bruxelles 4 (Belg.).
- DENDAI R.P., 59, rue de Bruxelles, Namur (Belgique).
- DENIAU J.-L., Professeur au Lycée d'Hyères, rue Jean Ribier, Hyères (Var).
- DEPAPE (le Chanoine), Professeur à la Faculté Catholique des Sciences, 13, rue de Toul, Lille (Nord).
- DEROO J., Ingénieur E.N.S.P., 5, rue Pasteur, Viroflay (S.-et-O.).
- DERVILLE (le Père), Assistant à la Faculté des Sciences de Strasbourg, 1, rue d'Anvers, Strasbourg (Bas-Rhin).
- DESPLANQUES Henri (Abbé), Professeur aux Facultés Catholiques, 60, boulevard Vauban, Lille (Nord).
- DESTOMBES J.P., Ingénieur H.E.I., Docteur de l'Université de Lille, Géologue au B.R.G.G.M., 57, r. Charles-Laffitte, Neuilly (S.).
- DETUNCQ, Les Closages, Villerville (Calvados).
- DEWITTE Georges, Chargé de Cours à l'Université de Gand, 20, Nieuwstraat, Wieze (Belgique).
- DEZWARTE Jean-Marie, 34, boulevard Bigot Danel, Lille (Nord).
- DHORDAIN, Directeur des carrières quartzitiques de Beaumont-les-Cousolre, Cousolre (Nord).
- DIDIER, Directeur général honoraire des Mines de Bruay, 8, Chaussée de la Muette, Paris-XVI^e.
- DOLLE L., Professeur honoraire à la Faculté des Sciences de Lille, 52, rue Faidherbe, La Madeleine (Nord).
- * * DOLLE P., Ingénieur-Géologue, Chalet, rue Philibert-Robiaud, Hénin-Liétard (Pas-de-Calais).
- DOLOMIE FRANÇAISE, Flaumont-Wambrechies par Avesnes-sur-Helpe (Nord).
- DONZE, Chef du Service Géologie et Plans du groupe de Bruay, H.B.N.P.C., Bruay (Nord).
- DORLODOT Jean (de), Directeur du Musée Houiller de Louvain, Château de Vieusart, Corroy-le-Grand (Belgique).
- DOUBINGER J. (Mlle), Assistante à la Faculté Catholique de Toulouse, 31, rue de la Fonderie, Toulouse (Haute-Garonne).
- DREYFUSS M., Professeur de Géologie et Minéralogie, Institut des Sciences Naturelles, Place Leclerc, Besançon (Doubs).
- DUBAR G. (le Chanoine), Professeur à la Faculté Catholique des Sciences de Lille, 129, rue de Londres, Mouvaux (Nord).
- DUBOIS C. (Mme), Collaboratrice de la Carte géologique d'Alsace et de Lorraine, 13, rue Daniel-Hirtz, Strasbourg (Bas-Rhin).

- DUBOIS Gérard, Ingénieur en Chef de la formation professionnelle du groupe de Douai des H.B.N.P.C., 2, Cité des Châlets, rue Jules Guesde, Sin-le-Noble (Nord).
- DUBOUCH H., Ingénieur, 17, rue des Coches, St-Germain-en-Laye (Seine-et-Oise).
- DUBREUCQ J., Inspecteur au Service des Eaux, région Nord S.N.C.F., 95, rue de Maubeuge, Paris (IX^e).
- DUBU V., Inspecteur d'Académie, Laon (Aisne).
- DUFOUR (l'abbé Robert), Professeur, 85, avenue de Denain, Valenciennes (Nord).
- 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).
- ** DUPARQUE A., Membre correspondant de l'Institut, Professeur de Géologie et Minéralogie à la Faculté des Sciences, 31, rue des Pyramides, Lille (Nord).
- DUPONT A. (Mlle), Professeur au Lycée, 27, rue Alexandre Leleu, Lille (Nord).
- DURAND J., Inspecteur général des Mines, 34, rue de Metz, Toulouse (Haute-Garonne).
- ECOLE TECHNIQUE DES MINES, rue Ch-Bourseuil, Douai (Nord).
- FABRE, Ingénieur au B.R.G.G.M., 74, rue de la Fédération, Paris (15^e).
- FALEMPE, Chef du Service Géologie et Plans, groupe d'exploitation VI des H.B.N.P.C., Aniche (Nord).
- FERGUSSON (Mlle), Professeur, 101, rue Henri-Dure, Raismes (N.).
- FERNET Paule, Licenciée ès-Sciences, 2, rue R. Salengro, Albert (Somme).
- FERRANDON Alain, Etudiant, Cité Universitaire, boulevard Painlevé, Lille (Nord).
- FEUGUEUR L., Ingénieur au B.R.G.G.M., 74, rue de la Fédération, Paris (15^e).
- FEYS, Ingénieur-Géologue au B.R.G.G.M., 74, rue de la Fédération, Paris (15^e).
- FIRTION Fridolin, Maître de Conférences à l'Université de Sarrebruck (Sarre).
- FONTECAVE F. (Mlle), Professeur, Villa « Le Cygne », Quartier Excentric, Rosendaël (Nord).
- ** FOURMARIER Paul, Ingénieur en Chef du Corps des Mines, Professeur à l'Université, 9, rue Gretry, Liège (Belgique).
- FOURNEAU, Directeur Général de la Société des Eaux du Nord, 44, rue L-Bergot, Lille (Nord).
- FRADCOURT, Ingénieur civil des Mines, 14, rue des Belneux, Mons (Belgique).
- FRADIN Jean, Chef de travaux pratiques à l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, 60, boulevard St-Michel, Paris-VI^e.
- ** FRIANT M. (Mlle le Docteur), Sous-Directeur au laboratoire d'anatomie comparée au Muséum, 55, rue de Buffon, Paris-V^e.

- ** FRIEDEL E., Directeur de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines, 60, boulevard Saint-Michel, Paris-VI.
- FROIDEVAL P., Professeur au Collège, Armentières (Nord).
- GAMBLIN A., Professeur agrégé, 26, rue Désiré Desmettre, Marcq-en-Barœul (Nord).
- GANTOIS, Ingénieur à la S.A.D.E., rue de la Gare, St-André-lez-Lille (Nord).
- GEOLOGISCH LABORATORIUM, Gebow voor Mijnbouwkunde, Deift (Hollande).
- ** GENY Pierre, Ingénieur civil des Mines, 9, rue Sainte-Catherine, Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- GIVENCHY (De) M., Ingénieur, 131, rue Lecourbe, Paris (15^e).
- GLAÇON René, Assistant de Zoologie, 23, rue Gosselet, Lille (Nord).
- GODFRIAUX I., 23, rue Gosselet, Lille (Nord).
- GOHIER J., 99, boulevard Thiers, Béthune (Pas-de-Calais).
- *† GOSSELET J., Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences de Lille, Fondateur de la Société Géologique du Nord.
- GOSSELET Fr., Ingénieur, 4, rue de Bourgogne, Lille (Nord).
- GOUILLARD, Docteur ès-Sciences, Chef de Travaux à la Faculté des Sciences de Lille, 23, rue Gosselet, Lille (Nord).
- GOVAERTS R., Pharmacien, 13, Grand-Place, Ath (Belgique).
- GRANGEON P. (Frère), Professeur à l'Ecole St-Julien-de-Brioude, 13, rue de Toul, Lille (Nord).
- GREBER Ch., Ingénieur-Géologue au B.R.G.G.M., 74, rue de la Fédération, Paris (15^e).
- ** GROSJEAN André, Ingénieur en Chef, Directeur au corps des Mines de Belgique, Directeur du Service géologique de Belgique, 41, avenue de l'Horizon, Woluwe-St.-Pierre (Belg.).
- GROUPE D'AUCHEL DES HOUILLERES DU BASSIN DU NORD ET DU PAS-DE-CALAIS, Auchel (Pas-de-Calais).
- GROUPE DE LENS DES HOUILLERES DU BASSIN DU NORD ET DU PAS-DE-CALAIS, Lens (Pas-de-Calais).
- GROUPE DE VALENCIENNES DES HOUILLERES DU BASSIN DU NORD ET DU PAS-DE-CALAIS, 25, rue de la Liberté, Anzin (Nord).
- GULINCK M., Ingénieur, 13, Place du Casino, Gand (Belgique).
- HACQUAERT, Professeur à l'Université de Gand, 43, Vaderlandstraat, Gand (Belgique).
- HANOT J., Directeur du laboratoire d'analyse des eaux, 6, rue Creton, Amiens (Somme).
- HENNINOT, Médecin-biologiste, 55, boulevard Vauban, Lille (Nord).
- HERLEMONT, Chef de Travaux à la Faculté de Médecine et Pharmacie, 66, rue Francisco Ferrer, Lille (Nord).
- HERVOUET M., Ingénieur E.N.S.P., 16, rue Jeanne d'Arc, Saint-Quentin (Aisne).

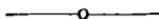
- HORON O., 38, rue de Fontenay, Sceaux (Seine).
- HOUILLERE DU BASSIN DE LORRAINE, Direction générale, Merlebach (Moselle).
- INSTITUT DE GEOGRAPHIE DE LA FACULTE DES LETTRES, 9, rue Auguste-Angellier, Lille (Nord).
- INSTITUT DE GEOLOGIE DE L'UNIVERSITE DE LA SARRE, Sarrebruck (Sarre).
- INSTITUT SCIENTIFIQUE CHERIFIEN, avenue Biarnay, Rabat (Maroc).
- INVENTAIRE DES RESSOURCES HYDRAULIQUES DU NORD ET DU PAS-DE-CALAIS, Ecole Technique des Mines, Douai (Nord).
- JOLY Fernand, Ingénieur, 830, avenue de la République, Marcq-en-Barœul (Nord).
- JOLY R., Assistant de Zoologie, 23, rue Gosselet, Lille (Nord).
- LABORATOIRE DE GEOLOGIE DE L'ECOLE DES MINES ET FACULTE TECHNIQUE DU HAINAUT, 9, rue Houdain, Mons (Belgique).
- LABORATOIRE DE GEOLOGIE DE LA SORBONNE, 1, rue Victor Cousin, Paris-V°.
- LABORATOIRE DE GEOLOGIE DE LA FACULTE DES SCIENCES DE DIJON, Dijon (Côte-d'Or).
- LABORATOIRE DE GEOLOGIE DE LA FACULTE DES SCIENCES, Alger (Algérie).
- LABORATOIRE DE GEOLOGIE DU COLLEGE DE FRANCE, Place Marcelin Berthelot, Paris-V°.
- LABORATOIRE DE GEOLOGIE DU MUSEUM D'HISTOIRE NATURELLE, 61, rue de Buffon, Paris-V°.
- LAFFITE R., Professeur de Géologie appliquée à la Faculté des Sciences d'Alger, Alger (Algérie).
- LAPPARENT A.F. (l'abbé de), Professeur de Géologie à l'Institut Catholique, 21, rue d'Assas, Paris-VI°.
- LAURENTIAUX D., Assistant à la Sorbonne, 1, rue V. Cousin, Paris (5°).
- LAVERDIERE J.W., Laboratoire de Géologie, Université de Laval, Québec (Canada).
- LECOINTRE G., Ingénieur-Géologue au B.R.G.G.M., 74, rue de la Fédération, Paris (15°).
- LECOMPTE, Conservateur à l'Institut royal d'Histoire naturelle de Belgique, 34, rue Vautier, Bruxelles (Belgique).
- LECOMTE P., Professeur d'exploitation des Mines à l'Ecole centrale des arts et manufactures, 19, rue Blanche, Paris-IX°.
- LEMAIRE-BRIAND (Mme), Professeur au Lycée, Arras (P.-de-C.).
- LE MAITRE D. (Mlle), Professeur à la Faculté Catholique des Sciences, 13, rue de Toul, Lille (Nord).
- LEMOIGNE Yves, Stagiaire de Recherches au C.N.R.S., 23, rue Gosselet, Lille (Nord).

XIV

- LENTACKER, Professeur de Géographie au Lycée Faidherbe, 68, rue des Arts, Lille (Nord).
- ** LEROUX Ed., Ingénieur civil, 45, rue Félix Faure, Enghien-les-Bains (S.-et-O.).
- LEROUX René, Directeur de la Société « Eau et Force », 217 bis, avenue Anatole France, Anzin (Nord).
- LEROY M., Ingénieur-Géologue, S.A.P., B.P. 6.066, Dakar (Sénégal), A.O.F.
- LEVEUGLE J. (Mlle), Licencié ès-Sciences, Professeur, 1, rue d'Isly, Roubaix (Nord).
- LIENHARDT G., Ingénieur au B.R.R.G.M., 74, rue de la Fédération, Paris-XV°.
- LINGLIN (Mlle), Ingénieur aux H.B.N.P.C., 29, avenue Sully, Béthune (Pas-de-Calais).
- LOUVET J., Professeur au Lycée, 17, rue de la Herse, Douai (Nord).
- LHOSTE Marc, Ingénieur, 9, rue Brémontier, Paris (XVII°).
- LOMBARD, Professeur à l'Université, Cordova (Argentine).
- LUCAS G., Professeur à la Faculté des Sciences d'Alger, rue Michelet, Alger (Algérie).
- MAES Maurice, Architecte, 124, rue de Dunkerque, Tourcoing (N.).
- MANDERSCHIED G., Compagnie Française des Pétroles, 126 ter, rue Michelet, Alger (Algérie).
- MARCHE-MARCHAD-DESCHAMPS (Mme), Chef de Travaux, Ecole des Sciences, I.F.A.N., Dakar (A.O.F.).
- MARIETTE Henri, Docteur-Vétérinaire, 42, rue de Montreuil, Samer (Pas-de-Calais).
- MARION (Mme), Professeur, 7, rue du Pré Brûlé, Solesmes (Nord).
- ** MARLIÈRE René, Professeur à la Faculté Polytechnique de Mons, 31, rue des Combattants, Hyon (Belgique).
- MARTEL A., Ingénieur-géologue, S.N. Repal - B.P. 105, Alger (Alg.).
- MARTIN Henri, Directeur de l'Enregistrement et des Domaines, 215, Boulevard de la Liberté, Lille (Nord).
- MARTIN, Ingénieur, 45, rue Philippe de Comines, Lille (Nord).
- MASSON, Aide-géologue, 11, Route Nationale, Noyelles-Godault (Pas-de-Calais).
- MASUREL Ed., Industriel, 63, rue Nationale, Tourcoing (Nord).
- MATHIEU G., Professeur à la Faculté des Sciences, Laboratoire de Géologie, Poitiers (Vienne).
- MELON, Industriel, Licencié ès-Sciences, Usine à gaz, Château-Landon (Seine-et-Marne).
- MENCHIKOFF N., Docteur ès-Sciences, Laboratoire de Géologie de la Sorbonne, 1, rue Victor Cousin, Paris-V°.
- MERLE Louis, Chef de travaux, Electricité de France, 20, rue Giroud, Douai (Nord).
- MEURISSE L., Entrepreneur de sondages, 21, rue d'Arras, Carvin (Pas-de-Calais).

- MIART, Professeur, 35, rue J.-J.-Rousseau, Charleville (Ardennes).
- MONTAGNE P., Ingénieur principal en retraite, 63, rue Jean Jaurès, Liévin (Pas-de-Calais).
- MORAND Mme, Stagiaire de Recherche au C.N.R.S., 204, Boulevard Clémenceau, Marcq-en-Barœul (Nord).
- MOUTERDE (l'Abbé), Professeur à la Faculté Catholique des Sciences de Lyon, 25, rue du Plat, Lyon (Rhône).
- MUCHEMBLE G. (Mlle), Chef de Laboratoire à l'Institut Pasteur, boulevard Louis XIV, Lille (Nord).
- MUDRY Paul, Ingénieur, 33, rue Michelet, Liévin (Pas-de-Calais).
- MULO, Ingénieur, 2, rue Champêtre, Lambersart (Nord).
- MUSEUM D'HISTOIRE NATURELLE DE MARSEILLE, Palais de Longchamp, Marseille (B.-du-Rh.).
- NOVOJILOV Nestor I., Académie des Sciences de l'U.R.S.S., Bolchata Kaloujskaïa 33, Moscou, B.H.
- PAREYN Cl., Chef de Travaux à la Faculté des Sciences, Caen (Calvados).
- PENEAU J., Professeur aux Facultés Catholiques de l'Ouest, 50, rue du Docteur Guichard, Angers (M.-et-L.).
- ** PETIT R., Ingénieur aux H.B.N.P.C., 5, avenue Emile Roux, Liévin (Pas-de-Calais).
- PICAVET P., Ingénieur, 142, rue Faidherbe, Mouvaux (Nord).
- PINCHEMEL P., Professeur de Géographie à la Faculté des Lettres, 9, rue Auguste-Angellier, Lille (Nord).
- PIVETEAU, Membre de l'Institut, Professeur de Paléontologie à la Sorbonne, 12, rue Roli, Paris-XIV^e.
- POLVECHE J.-J., Chef de Travaux à la Faculté des Sciences de Lille, 23, rue Gosselet, Lille (Nord).
- POULAIN Emile, Sous-Caissier de la Caisse d'Epargne, Cense-des-Nobles par Landouzy-la-Ville (Aisne).
- PREVOT A. (le Docteur), Institut Pasteur, 25, rue du Docteur-Roux, Paris (XV^e).
- PRUDHOMME Victor, Agrégé de Sciences Naturelles, 87, rue Nationale, Lille (Nord).
- ** PRUVOST P., Membre de l'Institut, Professeur de Géologie à la Sorbonne, 5, Place du Panthéon, Paris (V^e).
- PUYBARAUD G., Ingénieur, Groupe de Béthune des H.B.N.P.C., 4, rue Brasme, Bully-les-Mines (P.-de-C.).
- REMACLE J. ROME (Dom), 4, Place Smolders, Louvain (Belgique).
- RENARD B., 18, Avenue de Liège, Valenciennes (Nord).
- RENAULT Ph., Assistant à la Faculté des Sciences de Lille, 23, rue Gosselet, Lille (Nord).
- RICHEZ E., Professeur de Sciences Naturelles au Lycée, Cambrai (Nord).
- RICOUR Jean, Géologue au B.R.G.G.M., 3, rue des Chantiers, Paris-V.
- RINGARD H., Ingénieur-Docteur aux Usines Courrières-Kuhlmann, 128, route Nationale, Billy-Montigny (Pas-de-Calais).

- RINGOT, Ingénieur, Groupe de Lens des H.B.N.P.C., 63, rue de la Bassée, Lens (Pas-de-Calais).
- RONFARD, Ingénieur aux H.B.N.P.C., rue Dernière, Pecquencourt (Nord).
- ROUSSEAU J., Assistant de Physique générale à la Faculté des Sciences, 10, Place Simon Volant, Lille (Nord).
- SCRIBAN R., 76, rue du 2 Septembre, Saint-Amand (Nord).
- SERVICE GEOLOGIQUE DES H.B.N.P.C., 20, rue des Minimes, Douai, (Nord).
- SERVICE DES MINES, Arrondissement minéralogique de Lille, 5, boulevard de la Liberté, Lille (Nord).
- SOCIETE NATIONALE DES PETROLES D'AQUITAINE, Groupe Lorraine, 36, rue Général Leclerc, Maxéville (M.-et-M.).
- SOYER A., Assistant au Muséum, 37, rue Jacques Kablé, Nogent-sur-Marne (Seine-et-Marne).
- ** STAMP L. DUDLEY, Professor, Eblingford Manor, Bude, Cornwall (England).
- STATION AGRONOMIQUE D'ARRAS, 9, rue Saint-Niçaise, Paris-II.
- STEVENS (Major), Professeur de Géologie à l'Ecole Royale Militaire, 1, avenue de la Couronne, Bruxelles 4 (Belgique).
- STIEVENARD Maurice, Ingénieur divisionnaire au service géologique des H.B.N.P.C., Douai (Nord).
- STOPA, Chef de travaux à l'Académie des Mines, Laboratoire de Paléontologie, 30, Aleja Mickiewicza, Krakow (Pologne).
- TEIXEIRA, Professeur de Géologie à la Faculté des Sciences de Lisbonne, 199, Rua das Amoreiras, Lisbonne (Portugal).
- THEOBALD, Maître de Conférences de Geologie, Faculté des Sciences, Institut des Sciences Naturelles, Place Leclerc, Besançon (Doubs).
- THERET, Professeur au Collège, Béthune (Pas-de-Calais).
- TIEGHEM Gilbert (Abbé), 22, rue Lamartine, Armentières (Nord).
- VADASZ Elemer, Professeur de Géologie à l'Université, Muzeum Körut 4a, Budapest VIII (Hongrie).
- VAN DE WALLE-LANDRU (Mme), 46, rue Georges-Bizet, Liévin (Pas-de-Calais).
- VANDENBERGHE, Géologue, 9, Avenue Percier, Paris XVIII^e.
- VETTER P., Géologue aux Houillères d'Aquitaine, Decazeville (A.).
- VOISIN L., Professeur au Collège Moderne de Charleville, 36, rue de Nouzonville, Charleville (Ardennes).
- WAROQUIEZ J., Ingénieur à la S.A.D.E., 8, rue de la Gare, Saint-André-lez-Lille (Nord).
- ** WATERLOT G., Professeur de Géologie Houillère à la Faculté des Sciences de Lille, 23, rue Gosselet, Lille (Nord).
- WINNOCK E., Géologue, S.N. Repal, boîte postale 72, Relizane (département d'Oran).



ANNALES
DE LA
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE
DU NORD

Séance du 8 Janvier 1958

Présidence de M. le Ch. DEPAPE, Président

Election du Bureau pour 1958

La Société procède au renouvellement de son Bureau pour 1958. Ont pris part au vote : 36 membres de la Société. Après dépouillement par le Président, le Bureau de la Société se trouve ainsi composé pour l'année 1958 :

<i>Président</i>	M. R. Leroux Directeur de la Société Eau et Force à Anzin.
<i>Vice-Président</i>	M. Ch. Delattre Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Lille.
<i>Secrétaire</i>	MM. P. Celet
<i>Trésorier</i>	G. Puibaraud
<i>Bibliothécaire</i>	M ^{me} S. Defretin
<i>Libraire</i>	MM. J. Chalard
<i>Directeur</i>	P. Pruvost
<i>Délégué aux publications</i>	P. Corsin
<i>Secrétaire-Adjoint chargé des échanges</i>	J. Polvêche
<i>Membres du Conseil</i>	A. Duparque MM. F. Joly, R. Marlière, R. Petit, G. Depape.

Sont élus membres de la Société :

M. J.J. Collin, Etudiant ;

M. L. Voisin, Professeur au Collège Moderne de Charleville.

Le Président présente ses félicitations à **M. G. Waterlot** qui vient d'être élu premier Vice-Président de la Société Géologique de France.

M. J. Ricour présente un échantillon résultant de l' « *Effet de la chute d'un tricône* ».

M. R. Petit présente la communication suivante :

Brèches crayeuses à ciment de travertin

par R. Petit

SOMMAIRE. — Dans le Nord de la France, depuis Cambrai jusqu'à l'embouchure de la Bresle et des environs de Saint-Omer jusqu'à ceux d'Amiens, on rencontre sur des pentes de craie, presque toujours sénonienne, plusieurs gîtes de brèches à ciment de travertin.

Aucun n'est en relation directe avec les dépôts des terrasses où alternent les cailloutis de solifluxion, les sables ou graviers repris par les rivières, les tufs interstratifiés, ainsi que des loess remaniés ou non. Seul un loess, probablement récent, recouvre la brèche en plusieurs endroits.

L'intérêt de ces gîtes réside dans le fait que, par suite sans doute de leurs conditions topographiques locales particulières, ils ont permis à des conditions climatiques générales, mais brèves, de laisser trace de leur action.

Trois gîtes de brèches crayeuses, situés dans les départements du Nord et du Pas-de-Calais, ont déjà été étudiés dans les travaux de la S.G.N. D'autres avaient été signalés par divers auteurs, au début du XIX^e siècle, dans le département de la Somme notamment. Enfin, plusieurs viennent d'être observés dans ce département. Ils vont être décrits sommairement. On cherchera ensuite à expliquer leur formation.

1. - BEAUMERIE

Vallée de la Canche

En 1930, M. Ch. Dehay signalait l'existence d'un calcaire bréchiforme près de Montreuil-sur-Mer, au bord de la R.N. 39, entre Brimeux et Beaumerie. Il le décrivait en détail, faisant ressortir sa situation superficielle le long d'une pente, sa plus grande épaisseur au bas de la pente, son étendue relativement restreinte et localisée, enfin la présence de limon mélangé au ciment travertineux. Un échantillon de cette craie bréchoïde a été donné par M. Dehay au musée Gosselet.

2. - VAUCELLES

(LES RUES DES VIGNES)

Vallée de l'Escaut

En 1936, Maurice Leriche, à la suite d'une tournée dans la vallée de l'Escaut, décrivait la « brèche de Vaucelles » que Gosselet avait signalée dès 1874 puis montrée sur place à la S.G.N. en 1898. Le compte rendu de l'excursion de 1898, rédigé par Lagaisse, donne la coupe suivante (je replace les terrains dans leur ordre réel de superposition, mais en gardant à chaque couche son numéro) :

- 6 - Terre à brique
- 5 - Ergeron
- 4 - Craie jaune dolomitisée
- 3 - Craie bréchiforme à ciment cristallisé
- 2 - Craie grise
- 1 - Brèche formée de fragments de craie blanche inférieure à silice.

Relisant cette coupe, Leriche, qui avait pris part à l'excursion de 1898, en déduisait que Gosselet regardait la brèche comme interstratifiée dans la craie, et c'est bien ce que tout autre lecteur pensera. Néanmoins, un doute devait subsister dans l'esprit des participants à l'excursion.

sion de 1898, car il existe au musée un échantillon, rapporté cette année-là, qui porte la mention : « Surface de la craie - Age Holocène ? ». Notons que la coupe donnée par Leriche du talus méridional du chemin de Vaucelles à Villers-Outreaux, montre quelques blocs de brèche en place recouverts par du limon quaternaire.

L'opinion de Leriche se résume en cette phrase : « Le phénomène qui a donné naissance aux « brèches » de Vaucelles est bien dû, comme l'a indiqué Gosselet, à la cimentation des fragments de craie par des eaux incrustantes, mais ce phénomène est superficiel et récent ».

J'ai visité le gîte de Vaucelles en Juillet 1957 : quelques éléments de la coupe de Leriche sont encore visibles entre des éboulements plus importants qu'en 1936. Il faut signaler qu'à la base du talus septentrional, qui supporte le mur de clôture de l'abbaye, on voit un très gros bloc de brèche solidement pris dans ce talus et paraissant de plus grandes dimensions que les blocs de l'autre talus.

3. - ESQUERDES

Vallée de l'Aa

En 1954, lors de la réunion extraordinaire qui se fit le 27 Mai sous la présidence de M. Joly, M. Waterlot, nous faisant visiter la carrière de la poudrerie d'Esqueredes, y montrait au sommet « la Moyenne terrasse de l'Aa..., dont la base passe à un conglomérat bréchique fait de blocs de craie cimentés par de la calcite, tout à fait local ».

Quoique les auteurs cités plus haut n'aient pas cherché à relier leurs observations, il s'agit à n'en pas douter de formations analogues. Outre leur structure identique, ces brèches ont aussi des conditions de gisement semblables : elles se trouvent formées d'ordinaire sur des pentes aux dépens de la masse crayeuse altérée plus ou moins épaisse qui surmonte la craie en place.

De mon côté, j'ai fait au cours de ces dernières années, dans la région d'Abbeville, des observations du même genre.

Dans quelques cas, il pourrait être abusif de parler de brèche puisque les éléments de craie sont plus ou moins arrondis. Dans la majorité des autres cas, l'expression convient parfaitement car les éléments sont restés anguleux ; est-ce parce qu'ils ont été fragmentés sur place sans transport, ou bien parce que, durcis préalablement, un court transport ne les a pas usés ? Cela est difficile à dire.

4. - VILLE D'EU

Vallon sur la rive droite de la Vallée de la Bresle

En Septembre 1949, mon attention a été attirée le même jour sur deux points. La R.N. 40 monte de la ville d'Eu au bourg d'Ault en longeant à droite un ravin profond et à gauche un talus d'abord dénudé puis boisé. Lorsqu'on a parcouru environ 600 m. à partir de la R.N. 15 bis, on aperçoit en coupe sur ce talus une sorte de dalle crayeuse de quelques centimètres d'épaisseur qui fait plus ou moins saillie sur la craie fendillée assez meuble qu'elle couvre. Cette dalle s'étend sur 100 m. de longueur au moins, elle présente les caractères de la formation décrite par M. Dehay excepté qu'elle est plutôt moins épaisse et que le ciment est moins bien cristallisé. Au point bas, on constate comme à Beaumerie l'augmentation d'épaisseur de la brèche.

Quelques heures plus tard, parcourant à marée basse la plage d'Ault à Mers, j'ai vu parmi les blocs de craie attaqués par les lithophages, un autre bloc dont les alvéoles étaient fort irrégulières : c'était aussi une brèche qui provenait sans doute d'un point où la falaise coupe une vailleuse suspendue.

5. - CAMBRON

Vallon sur la rive gauche de la Vallée de la Somme

Le chemin de Cambron à Lambercourt longe sur 500 mètres environ la lisière sud du bois du Seigneur. C'est un peu avant d'arriver au bois proprement dit qu'on peut voir, au flanc d'un talus et en plein taillis, sur quelques mètres seulement, une brèche du type de celle de Beaumerie. Ici aussi, le contraste est net entre la partie sub-horizontale mince et la partie terminale de base, plus épaisse, celle-ci accusant avec la précédente une franche rupture de pente.

En arrière et plus haut que la brèche, on aperçoit un limon loessique épais, mais on ne peut pas dire s'il est réellement ou non superposé à la brèche.

Difficile à trouver pour un observateur non prévenu, ce gîte m'a été indiqué le 24 Mars 1957, par un habitant du pays, M. Joseph Macle, qui en avait remarqué la singularité.

6. - FONTAINE-SUR-SOMME

Vallée de la Somme

La route départementale 218 va d'Abbeville à Picquigny par la rive gauche de la Somme. Après avoir traversé Fontaine et franchi un petit vallon, elle aborde un éperon avant d'atteindre le hameau de Vieulaine. Sur le côté droit (sud) de la route, le talus a été entamé en deux endroits pour améliorer la visibilité.

C'est du côté le plus proche de Fontaine que se voit la coupe intéressante. Elle montre sur quelques mètres de longueur seulement une série de couches différentes numérotées de bas en haut :

7 - lehm (terre à brique)	1 mètre
6 - loess fin (ergeron)	2 ^m à 0 ^m
5 - gros fragments de craie avec intervalles remplis de loess	0 ^m 40

- | | |
|--|-------------------|
| 4 - loess avec grande quantité de petits granules de craie | 0 ^m 40 |
| (les couches 5 et 4 contiennent quelques silex fracturés et roulés). | |
| 3 - mêmes éléments que ceux de la brèche ci-dessous mais non cimentés | 0 ^m 10 |
| 2 - brèche crayeuse cimentée | 0 ^m 20 |
| 1 - amas de fragments de craie qui ne paraissent pas être restés à leur place d'origine. | |

Ainsi donc, une brèche existe ici, et sans aucun doute au-dessous du loess franc, dont elle est séparée par des couches contenant, en proportions différentes, du loess et des fragments de craie. Ajoutons qu'ici, comme à la ville d'Eu, le ciment n'est en général pas bien cristallisé.

La seule pente visible va de l'éperon vers le vallon parallèlement à la Somme et elle est très faible ; on peut supposer que c'est pour cela qu'on n'observe pas ici la partie terminale inférieure épaisse qui tombait peut-être vers la rivière.

La brèche de Fontaine pourrait être d'un âge très proche de celui du tuf des ballastières de Longpré dans la masse duquel Briquet a signalé la présence de petits lits interstratifiés de limon très analogue à l'ergeron.

C'est en cherchant les carrières où Briquet avait étudié l'argile à arborisations vertes « aux environs de Longpré-les-Corps-Saints, dans les vallées de la Somme et de la Nièvre » que j'ai fait les observations suivantes.

7. - LONG

Vallée de la Somme

Sur la route de Long à l'Etoile par la rive droite de la Somme, dans l'une de ces carrières maintenant abandonnées et à moitié éboulées, on aperçoit au-dessus de la craie massive en place une dalle un peu plus sombre, d'épaisseur irrégulière, qui, sur quelques mètres d'étendue, fait un peu saillie au-dessus du front de carrière. Ce point

situé à près de 20 m. plus haut que la base de la carrière est inaccessible et on ne peut y prélever d'échantillon, mais il est possible qu'il s'agisse d'une brèche cimentée, ou même d'un travertin.

8. - ST-LEGER-LES-DOMART

Vallée de la Nièvre

Dans cette localité existe aussi une carrière abandonnée, mais un peu moins haute et plus éboulée que la précédente. En gravissant le talus d'éboulement, on atteint le sommet de la carrière où l'on peut voir et toucher une brèche semblable aux autres.

Les trois derniers gîtes permettent des observations plus complètes parce que des surfaces importantes ont fait l'objet d'exploitation, non pas de la brèche, mais d'une craie durcie qui l'accompagne sans qu'on puisse dire actuellement si la transformation de celle-ci procède ou non d'un phénomène lié à la formation de celle-là.

9. - NEUILLY-L'HOPITAL

Vallée du ruisseau de Drucat

La plus ancienne mention que nous connaissons de cette carrière se trouve dans le rapport que la Société d'Emulation d'Abbeville fit en sa séance du 16 Thermidor an X sur ses travaux de l'année écoulée.

Je résume les points les plus intéressants :

« Cette carrière se signale par la présence d'une pierre calcaire d'une nature particulière et différente de celle à chaux ordinaire ; elle avait paru mériter des recherches suivies ; quelques échantillons furent envoyés à l'école des mines qui n'en rendit aucun compte.

« Sa dureté l'a fait employer jusqu'à ce jour à ferrer la grand'route. Il n'existe qu'une seule excavation de 4 mètres, c'est à cette profondeur qu'ont été pris les morceaux soumis à l'examen ; les plus grands ne présentent

au plus qu'un décimètre et demi de diamètre ; ils sont réunis plusieurs ensemble par un gluten jaunâtre qui permet de les séparer facilement. Le grain en est fin, sa cassure présente des points brillants dus au quartz ; elle est quelquefois veinée d'un rouge brun dû au fer ; soumise à quelques analyses chimiques, elle paraît contenir 1/18 (sic) parties d'acide carbonique, 60 de chaux, 6 d'alumine, 4 de silice, 2 de fer. On y a reconnu un peu de magnésie.

« L'acide carbonique qu'on en obtient par l'acide sulfurique est infiniment plus pur que celui de la craie ordinaire. C'est d'après ces qualités qu'on l'emploie de préférence dans la préparation des eaux gazeuses.

« Aussi dure que le marbre, elle reçoit un poli terne. La chaux qu'on en obtient est bien préférable à la chaux ordinaire. Un essai comparatif de résistance de mortiers lui assigne une supériorité d'au moins 18 pour 100 ».

Environ trente ans après ce rapport, F.P. Ravin écrivait (1834-1835) que « les brèches crayeuses forment des couches assez épaisses sur la pente des vallées ; elles sont composées de fragmens anguleux de craie blanche, réunis par un ciment de calcaire d'eau douce ».

Il en cite plusieurs gîtes en Seine-Inférieure et dans la Somme, d'après A. Passy, C. Prévost, C. Picard et T. de Clermont, auxquels il ajoute celui de Neuilly-l'Hôpital qui lui a été indiqué par Baillon. Voici la description qu'il en donne :

« Ce mamelon est composé de fragmens réunis en plusieurs masses. Dans les masses supérieures, les fragmens de craie sont compacts, durs, jaunis, à l'état subcristallin, comme marmorescent ou spathique ; dans les masses inférieures, les fragmens sont plus gros et ils ont conservé la blancheur de la craie, cependant ils sont durcis, mais ils ne le sont pas au même degré. Quelques-uns s'y trouvent à la vérité dans le même état que ceux des masses supérieures ; mais ce sont toujours les plus superficiels.

« Aucun ciment ne lie entr'eux les fragmens des masses inférieures ; il en manque souvent aussi dans les masses supérieures ; mais là où il existe, il est évidemment siliceux...

« On ne peut pas inférer... qu'il y ait deux sortes de brèches crayeuses, mais que les eaux siliceuses qui ont passé sur nos collines et dans nos vallées ont saisi la craie de deux manières. Elles ont agi sur les masses ou blocs qui se trouvaient détachés à sa surface, et elles se sont infiltrées dans ses couches superficielles. Ce n'est pas à l'action de ces eaux qu'il faut attribuer le brisement de ces couches ; la superficie de la craie était réduite en fragmens, aussi bien que les blocs détachés, lorsque la silice les a pénétrés ».

En 1843, Buteux signale l'existence de cette carrière dans son « Esquisse géologique du département de la Somme ».

Enfin, en 1876, la première édition de la carte géologique d'Abbeville mentionne « qu'entre Neuilly-l'Hôpital et Drucat les assises crayeuses ont été durcies sur le passage d'une fissure qui les a transformées en un calcaire compact, souvent bréchiforme, à cassure esquilleuse et conchoïdale, formant saillie au-dessus du sol à l'ouest de Neuilly ». La deuxième édition attribue le durcissement à des eaux d'infiltration, sans plus, mais retient l'existence de la faille mentionnée par la première édition.

Je sais que Prestwich, au cours d'un de ses voyages à Abbeville, a visité Drucat et qu'il y a observé des altérations de la craie, mais je n'ai pu lire la relation qu'il en a faite. J'ignore donc l'explication qu'il a pu donner de ces altérations et je ne sais pas non plus s'il est allé jusqu'à Neuilly.

La S.G.N. a visité la carrière de Neuilly le 27 Mai 1956.

Les participants ont pu y observer sur un petit front de carrière la craie fragmentée en blocs à arêtes émoussées dont l'intérieur durci, à cassure conchoïdale, ressemble à

un calcaire lithographique. Les intervalles entre blocs sont remplis d'un ciment meuble blanc jaunâtre. Ceci correspond exactement à la description de thermidor an X. L'opinion a été émise sur place, que cette craie très dure pourrait être silicifiée et des échantillons ont été prélevés aux fins d'analyse, qui ont montré une teneur d'environ 1 pour 100 seulement d'insoluble dans l'acide chlorhydrique.

Notons qu'à la base de la partie visible de cette craie fragmentée, on voit plusieurs gros silex situés horizontalement au même niveau, ce qui semble exclure le jeu d'une solifluxion.

Peu avant d'arriver au front précédent, on était passé à côté d'un bloc bréchtique surgissant du milieu des vieilles exploitations remblayées. Aucune explication de la présence de ce bloc n'a pu être alors fournie sur le terrain.

Enfin, plus au nord, existe un front de carrière, plus important que le premier, dans une craie en place, massive, partiellement durcie, découpée en très gros parallélépipèdes par les joints de stratification et les diaclases habituels.

Depuis Mai 1956, j'ai visité à nouveau cette carrière et j'y ai prélevé des échantillons de craie durcie dont l'analyse chimique détaillée a donné les résultats suivants :

CO ₂	43,7
SiO ₂	0,2
Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	0,1
P ₂ O ₅	0,05
CaO	55,5
MgO	0,2
SO ₃	0,1
non dosé	0,15
Total :	100.—

Cette composition est semblable à celle des craies les plus pures.

M. Pierre Dollé a étudié au microscope un échantillon de la même roche et en donne la description suivante :

« Calcaire fin, homogène avec de très nombreux débris organisés, des foraminifères, probablement globigérines. Calcite secondaire cryptocristalline. Pas de quartz ». Cette description confirme l'analyse chimique et indique que cette craie n'a subi d'épigénisation ni de silice ni de magnésie. On voit ainsi que, malgré certaines contradictions, l'analyse reproduite dans le rapport de l'an X était plus proche de la vérité que l'estimation de Ravin basée seulement sur l'aspect.

Une mesure faite par M. Bouroz assigne à ce calcaire une densité de 2,7 alors que celle de la craie ordinaire est au plus de 2,3. Cette augmentation de densité entraîne pour un fragment donné un retrait des dimensions linéaires d'environ 6 pour cent, ce qui a beaucoup contribué à accroître le vide entre fragments et à en appeler le remplissage par des matériaux meubles. Cela réduit d'autant la part qu'on aurait pu attribuer à la seule dissolution dans la fragmentation de cette partie du massif crayeux.

Quand on regarde un fragment de cette craie durcie encore entourée de la craie d'origine et qu'on en examine une section, on voit qu'à son contact avec la craie, le calcaire dur est garni de dendrites régulièrement ordonnées qui semblent former un front d'attaque. Il faudrait rechercher si cette particularité se rencontre sur un grand nombre d'autres échantillons. M. Dollé suggère qu'on trouverait peut-être là une indication sur le processus de transformation de la craie tendre en calcaire dur.

Outre le bloc de brèche qui a été vu par la Société en 1956, il en existe un autre à quelques dizaines de mètres plus à l'E, dans une pâture où il est recouvert en partie par une faible épaisseur de limon loessique.

Ces gros blocs de brèche de Neuilly sont exceptionnellement durs, car ils ne contiennent aucun élément tendre : la masse principale en est faite de fragments de craie durcie, débarrassés de toute trace de craie tendre, et le liant est un ciment travertineux dur analogue à celui des brèches des autres localités. C'est cette grande dureté qui

en a rendu l'attaque impossible avec les outils à main usités dans ces petites exploitations.

La carrière de Neuilly paraît, au premier abord, n'avoir aucune ressemblance avec les gîtes précédents puisqu'on n'y voit nulle part la dalle bréchique subhorizontale. Néanmoins, quoique le rapport de l'an X soit muet sur ce point, on pourrait penser d'après la description de Ravin qu'elle y existait au début du XIX^e siècle. Une autre différence est marquée par la présence de la craie durcie. Mais les deux gros blocs de brèche, quoiqu'ils ne se relient actuellement à rien d'autre dans cette carrière, sont, je pense, l'équivalent de la partie terminale inférieure des brèches des autres gîtes. Comment expliquer leur formation ?

Nous avons vu que Ravin l'attribuait à des eaux « qui ont passé sur nos collines et dans nos vallées », donc à des actions de surface. La 1^{re} édition de la carte géologique la rattachait à la présence d'une fissure et pouvait laisser entendre qu'il s'agirait de l'action d'eaux profondes. Quant à la 2^e édition, elle ne mentionne que l'action d'eaux d'infiltration sans plus, mais retient l'existence « de la faille de Neuilly-l'Hôpital à Druceat mentionnée par la 1^{re} édition », sans lui faire jouer explicitement aucun rôle. Pour ma part, je crois aussi à l'action d'eaux de surface, mais nous devons chercher comment elles ont pu passer « sur » une roche perméable.

10. - ARREST

Vallée du ruisseau de l'Avalasse

Ce gîte n'est pas aussi ancien que le précédent dans la littérature géologique locale. Je l'ai trouvé pour la première fois dans Buteux (1843).

Voici le passage relatif à la craie :

P. 25. — « Au côté sud d'un vallon qui, du milieu d'Arrest, va de l'est à l'ouest, la craie blanche est silici-

fiée jusqu'à plusieurs mètres de profondeur en partant du sommet de ce vallon.

« Absolument semblable à celle de Neuilly-l'Hôpital, elle forme une brèche dont les fragments sont réunis en blocs de diverses grosseurs par un ciment siliceux. Elle est dure, compacte, suberistalline. Dans le bas, les morceaux de craie ne sont silicifiés qu'au centre, parfois ils le sont d'un seul côté, ce qui, au surplus, se remarque dans toutes nos craies silicifiées ».

En 1849, il n'écrivit plus « la craie est silicifiée », mais seulement « compacte » et il qualifie le ciment de « calcaire » et non plus de « siliceux ».

Le passage relatif aux terrains plus récents était rédigé comme suit en 1843 :

P. 58. — « M. Ravin a bien voulu me montrer un calcaire d'eau douce à Arrest. Très-dur, compact, bien que présentant de petites cavités tubuleuses dues au dégagement du gaz, comme toutes les roches de ce genre, et contenant des bulimes, des clausilies, des agathines et plusieurs espèces d'hélices en abondance. Il forme une partie assez considérable d'un coteau dirigé de l'est à l'ouest du village. Le reste du coteau fait partie de la formation crétacée ».

Dans les éditions suivantes, il donne les noms des fossiles déterminés par C. Picart : *Achatina lubrica*, *Bulimus montanus*, *Clausilia*, et surtout *Helix hispida*, *H. lapicida*, *H. nemoralis*, *H. nitida*, *H. rotundata*, puis il ajoute :

« l'épaisseur de ce calcaire n'est que de quelques mètres. Il me paraît appartenir au terrain quaternaire le plus ancien ».

Ravin n'avait pas cité la « tuffière » d'Arrest dans son mémoire de 1834 ; il n'avait dû la découvrir qu'un peu plus tard, car c'est seulement par des lettres du 8 Septembre 1840 et du 14 Avril 1841 qu'il en a informé Buteux.

La première édition de la carte géologique d'Abbeville (1876) en fait mention : « Enfin, il faut encore ranger dans le terrain des alluvions anciennes un tuf calcaire, avec fossiles d'eau douce que l'on observe à la sortie S.W. du village d'Arrest et qui est exploité pour moellons », mais la deuxième édition (1940) est muette à son égard.

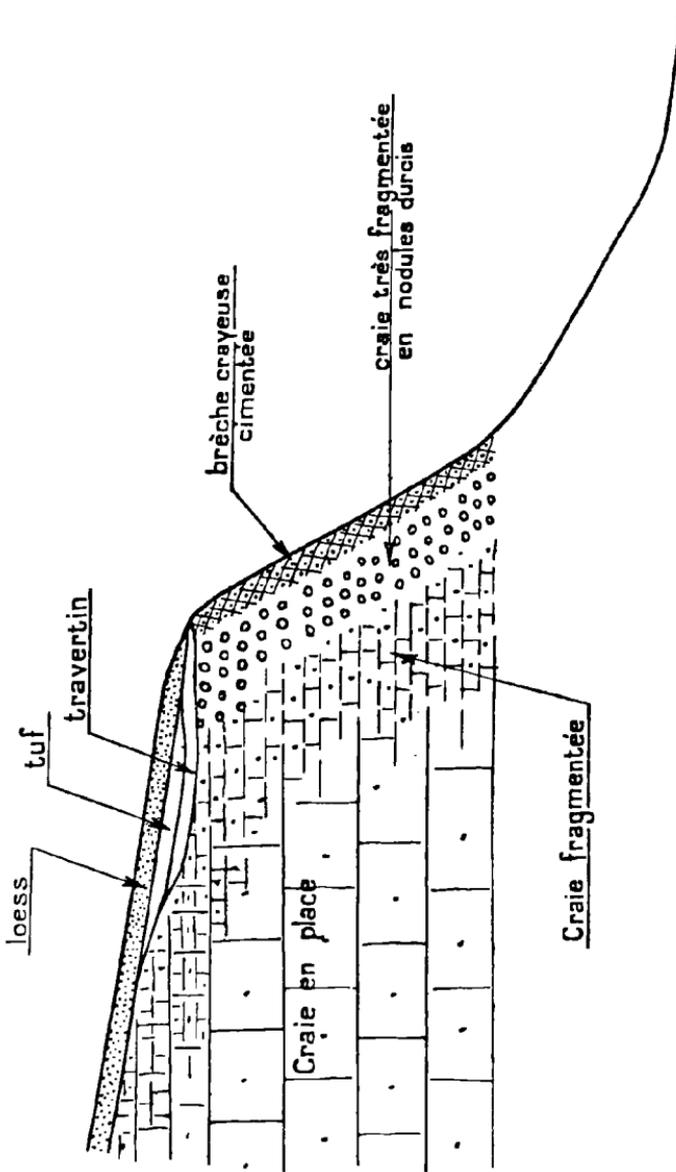
En 1902, M. A. Vinchon visita plusieurs fois Arrest et en rapporta toute une faunule qui fut étudiée en 1904 par M. Bédé alors attaché au laboratoire de Stanislas Meunier. La faune terrestre identifiée comprenait : *Clausilia Joinvillensis*, *Helix fulva*, *H. rotundata*, *H. lapicida*, *H. arbustorum*, *H. nemoralis*, *H. hortensis*, *H. celtica*, *Ferrussaccia subcylindrica* et deux espèces nouvelles : *H. Cossmanni* et *Buliminus Meunieri*. La faune d'eau douce était représentée par *Limnaea palustris*, *Planorbis rotundatus* et *Cyclas cornea*.

Il n'est pas dit explicitement si les fossiles venaient du calcaire dur signalé par Buteux ou d'une autre formation.

En conclusion, M. Bédé exprimait l'espoir que les recherches que son confrère devait poursuivre permettraient de compléter la monographie de cette faunule et d'essayer d'exposer une hypothèse expliquant la formation de cet horizon quaternaire. Il m'a été impossible de consulter les Bulletins du Muséum de 1905 à 1914, je ne sais donc pas si cette étude a eu une suite. Mais de 1919 à 1956 il n'y a rien.

En 1954, M. l'abbé Breuil et M. Aufrère, qui avaient vu la première édition de la carte géologique et mesureraient l'intérêt que présenterait la reprise de l'étude de ce gîte, m'avaient demandé de les y conduire, mais je n'ai pu le faire car je n'avais pas encore visité la carrière. C'est M. Berson, Ingénieur des Ponts et Chaussées, qui m'y a piloté en Septembre 1957.

L'étude détaillée de cette carrière serait difficile à faire et demanderait beaucoup de temps. Je n'en peux donner



- Coupe schématique des gîtes d'Arrest et de Tœufles -

pour le moment qu'une coupe schématique résumant une observation rapide.

En partant de l'intérieur vers l'extérieur, on trouve d'abord la craie massive, seulement découpée par les joints de stratification et les diaclases, puis une craie de plus en plus morcelée en fragments à noyau durci, exploitée sous le nom impropre de tuf. Cette craie a-t-elle été fragmentée sur place, ou bien une partie en a-t-elle été transportée par solifluxion ? Je ne chercherai pas ici à résoudre ce problème. Au-dessus, sur la pente, apparaissent des blocs de brèche semblables à ceux de Neuilly-l'Hôpital. Enfin plus haut, en situation presque horizontale à 15 ou 20 mètres au-dessus du fond de la vallée, on trouve un travertin de 0 m. 50 à 1 m. d'épaisseur contenant quelques coquilles, surmonté lui-même par des dépôts meubles de plus de 2 mètres dont la base tufacée est remplie d'*Helix* très fragiles, tandis que le sommet est loessique. J'admets provisoirement que le travertin représente la dalle bréchique subhorizontale des autres gîtes, mais ceci n'a que valeur d'hypothèse.

Le travertin est loin d'être homogène. Il conviendrait ici d'ouvrir une parenthèse pour rappeler les définitions respectives du travertin et du tuf. Emile Haug les donne tous deux comme des dépôts de sources et il les distingue que par leur dureté : « Quand le dépôt est pulvérulent ou qu'il se laisse couper au couteau, c'est un tuf calcaire ; quand il est plus compact et visiblement concrétionné, il prend le nom de travertin ».

D'après cela, on peut dire qu'en plusieurs endroits le travertin est franc : il est compact, visiblement concrétionné et ne se laisse pas couper au couteau ; mais avec ces caractères, sa couleur peut varier du beige au brun rougeâtre. Les parties compactes ne se présentent généralement pas en grosses masses, elles sont de forme irrégulière et les vides qu'elles laissent entre elles sont plus ou moins bien remplis tantôt par un dépôt tufacé qui se laisse sinon couper, du moins désagréger au couteau et

dans lequel se voit la place de débris végétaux, tantôt par un amas de petits granules concrétionnés plus ou moins bien soudés entre eux. Dans la masse, sont prises des coquilles, terrestres pour la plupart ; on y voit aussi des silex patinés. Lorsque les silex se trouvent dans l'amas de granules, ils n'y sont souvent pas nus, mais enrobés dans une enveloppe de travertin d'un à trois millimètres d'épaisseur.

Si le travertin beige est de même composition que celui de Tœufles, qui a même aspect, il ne contiendrait que 0,32 % d'insoluble dans H Cl. Deux échantillons de travertin brun rougeâtre avec amas de petits granules ont été analysés, l'un sommairement, l'autre de façon plus détaillée ; voici les résultats des analyses :

		<i>Echantillons</i>			
		<u>A₁</u>	<u>A₂</u>		
Insoluble dans H Cl		10,1 %	4,40 %		
Soluble dans H Cl		89,9 %	95,60	dont 93,00	CO ³ Ca
				0,15	Fe ² O ³
				2,45	divers
				}	MgO
				}	Al ² O ³
				}	SO ³
				}	P ² O ⁵

L'insoluble contient de nombreux grains de quartz à contours arrondis, et des silex patinés de dimensions allant de 1 mm. à plusieurs centimètres.

11. - TŒUFLES (Chaussoy)

Vallée de la Trie

(Il s'agit de la carrière de rive droite
et non de celle de rive gauche portée sur la carte d'Etat-Major)

Je pensais que mention avait déjà été faite de la carrière de Tœufles comme gîte de craie dureie, sinon de brèche, mais je n'ai rien retrouvé à ce sujet au cours de mes récentes recherches d'archives.

On peut en résumer la coupe par le schéma donné ci-

dessus pour Arrest, avec cette différence qu'on n'y observe pas de loess superposé au travertin.

Cette carrière n'exploite plus la craie fragmentée en nodules, sans doute parce qu'il aurait fallu enlever au préalable trop de matériaux inutilisables et que sur le côté la brèche la recouvre d'une carapace trop dure. Elle n'extraît maintenant que la craie massive en place, comme on l'a fait à Neuilly-l'Hôpital et à Arrest, mais au détriment de la dureté du produit marchand. Celui-ci ne pourrait pas être employé à recharger les chemins mais peut servir en fondation dans les élargissements de routes ou les relèvements de tournants.

L'intérêt de cette carrière est d'abord qu'on peut y reconstituer la coupe schématique perpendiculaire à l'axe de la vallée, en rapprochant par la pensée trois coupes partielles échelonnées sur une centaine de mètres, et ensuite parce qu'on y voit sur cette étendue une coupe en long de l'intérieur du massif rendant compte des variations importantes, de nature et d'épaisseur des dépôts quaternaires. Ceux-ci surmontent plusieurs mètres de craie fragmentée dont la situation en place et presque horizontale est prouvée par la présence de deux lits de silice. On peut espérer qu'une exploration détaillée du versant, qui serait d'ailleurs assez difficile parce qu'il est boisé, donnerait des renseignements qui complèteraient utilement ceux que fournissent les parties bien visibles.

Je n'ai pas eu le temps de faire l'étude complète de ce gîte, je me bornerai donc à en décrire les points les plus marquants.

Lorsqu'on suit le chemin qui donne accès à la carrière, on voit plusieurs blocs de brèche descendus de l'escarpement boisé du flanc de vallée ; quelques-uns sont disposés de telle sorte qu'ils font penser à une mise en place intentionnelle. Quand on arrive au premier niveau, celui où s'arrêtent les camions, à plus de dix mètres au-dessus du fond de vallée, on voit une première coupe partielle comportant une grande masse de craie fragmentée en nodules,

dont la partie extérieure cimentée indique la provenance des blocs de brèche aperçus en montant. Au niveau supérieur, à cinq mètres plus haut que le premier, se trouve le prolongement de la craie en nodules, bientôt surmontée de dépôts crayeux stratifiés plus ou moins inclinés, incontestablement quaternaires, qui se superposent comme suit :

terre végétale	0,20
amas crayeux en très gros fragments	0,80
amas crayeux en granules, max. 2×1 cm.	0,80
amas crayeux durci en fragments 5×2 cm. avec silex éclatés blancs	0,80
<hr/>	
Epaisseur totale	2,60 m.

En ce point, on est à l'extrémité N de la coupe en long ; quand on se dirige vers le fond de la carrière, on voit ces dépôts changer d'épaisseur, de composition, de cohésion, si bien qu'à l'extrémité S où ils surmontent une masse visible de craie fragmentée en place de plus de 4 m., leur épaisseur totale est de 1 m. 80.

Il ne peut être question de les atteindre, à cause de la grande hauteur à laquelle ils se trouvent, mais leur étude est possible car de nombreux blocs détachés de la paroi sont tombés par terre, et ils indiquent eux-mêmes leur provenance par leur grain et par leur couleur. Leur succession est la suivante :

terre végétale	0,20
amas crayeux en fragments un peu moins gros qu'au N	0,30
travertin beige avec coquilles	0,20
travertin blanc sans coquilles	0,30
amas crayeux avec petits fragments de silex blancs	0,30
amas de craie en nodules jaunâtres	0,20
amas crayeux blanc en morceaux (peut-être en place)	0,30
<hr/>	
	1,80 m.

Les couches les plus remarquables sont les travertins et particulièrement le travertin beige fossilifère. On y voit un bon nombre de gastéropodes terrestres : hélices,

clausilies, succinées et peut-être quelques-uns d'eau douce: planorbis, limnées, mais leur dégagement est rendu difficile par la dureté de la roche et la fragilité des coquilles. M. Calas a bien voulu accepter un envoi de plusieurs de ces fossiles aux fins de détermination. Lorsqu'il m'aura fait connaître les résultats de son étude, j'en ferai part à la Société.

Outre la présence des fossiles animaux, on remarque de nombreux canaux de forme irrégulière dont le diamètre excède rarement un millimètre ; quelques-uns contiennent un filament végétal : est-il ancien ? est-il récent ? Je ne puis le dire, mais on ne voit nulle part la place de grosses tiges de roseaux comme les participants à l'excursion du 27 Mai 1956 ont pu en voir dans le tuf de Caours.

J'ai fait analyser deux échantillons de ce travertin beige, l'un de façon sommaire, l'autre avec un peu plus de détail :

<i>Echantillons</i>		
	<u>T₁</u>	<u>T₂</u>
Insoluble dans H Cl	0,45	0,20
Soluble dans H Cl	99,55	99,8
		dont 97,70 CO ₃ Ca
		0,10 Fe ₂ O ₃
		2,00 } MgO
		reste } Al ₂ O ₃
		} SO ₃
		} P ₂ O ₅
	—————	—————
	100,—	100,—

L'insoluble est fait d'une poudre impalpable plus ou moins brune contenant des restes de matières humiques et quelques très rares petits grains de quartz.

Je ne pense pas que la solifluxion ait été parmi les causes qui ont formé l'amas de craie fragmentée, car celui-ci, important sur la pente, est presque nul à la partie supérieure subhorizontale. Or, s'il n'est presque rien resté en cet endroit, il aurait dû en rester encore moins sur la pente, et tout aurait dû couler dans le fond de la vallée.

HYPOTHESES SUR LES CONDITIONS DE FORMATION DES BRECHES

Comme il a été dit, les brèches et les travertins se distinguent des dépôts des terrasses et surtout, parmi ceux-ci, des couches remaniées ou formées au niveau des fonds de vallées : sables ou cailloutis repris par la rivière, ou tufs ayant pour origine des résurgences. La caractéristique des brèches et de leurs travertins, comme on le voit sur le schéma qui représente les gîtes d'Arrest et de Tœuffles, est de se trouver plaqués sur pente avec une relevée verticale exondée d'au moins 10 à 15 mètres. Leur concrétionnement a donc exigé, à cette hauteur au-dessus des fonds de vallées, le ruissellement d'une eau claire ne contenant pratiquement que du carbonate de calcium dissous.

Or, dans les pays de craie blanche, on ne voit nulle part actuellement de source jaillissant à flanc de coteau : les points de résurgence sont au niveau des rivières. Il a donc fallu, à l'époque de la formation des brèches, que la craie blanche ait été rendue imperméable jusqu'à 15 m. au moins au-dessus des fonds de vallées.

Seul le gel me paraît avoir pu rendre la craie imperméable. Jusqu'à quelle profondeur a-t-il agi ? M. Cailleux ayant observé (1943) dans le Vexin normand que la fissuration de la craie s'étendait jusqu'à une profondeur de 3 à 8 m., l'a attribuée aux alternances de gel et de dégel, et a admis l'existence d'un tjäle, d'un sol perpétuellement gelé. Nous savons d'autre part que les variations saisonnières de la température extérieure se font sentir dans le sol jusqu'à une dizaine de mètres et qu'à cette profondeur règne la température moyenne du lieu. Si, au cours d'une période très froide, la température moyenne de la Picardie a été inférieure à zéro degré, il a pu exister au voisinage et au-dessous de 10 m. une tranche de craie de plusieurs mètres d'épaisseur constamment gelée pendant cette période. Un dégel en surface devait donc pouvoir donner

lieu à des sources surélevées. Si l'on admet la possibilité d'existence de telles sources à flanc de coteau, on comprend qu'il ait pu en résulter des cascades aux points de rupture de pente. Mais celles-ci ont-elles été capables de produire les amas très durs de Vaucelles, de Beaumeric, de Neuilly, d'Arrest et de Tœufles ?

La réponse me semble devoir être cherchée dans les faits observés par M. Alexis Lambert.

Etudiant les dépôts de travertins des rivières du Karst dinarique (1955) il écrit ceci : « Le simple examen des rivières du Karst montre que les dépôts tufacés se produisent lorsque les eaux acquièrent un régime torrentiel ou se précipitent en cascades. Des digues de moulins rustiques, en enrochement, se couvrent sur le parement aval, de dépôts ; souvent même, les pierres sèches constitutives se trouvent cimentées dans le corps de l'ouvrage, lui assurant une relative étanchéité ».

En 1956, étudiant le rôle morphologique des dépôts de travertins par des sources latérales aux cours d'eau dans le Tell algérien, il ajoute : « L'architecture caractéristique en épaulettes des dépôts travertineux des sources perchées à flanc de coteaux est, je crois, bien connue ; accolés aux reliefs, ils constituent généralement des sortes de lobes couronnés par un plateau et limités par une falaise souvent en surplomb. Ce dispositif serait dû à ce que le maximum du dépôt se fait à l'origine de la cascade et y constitue un bourrelet qui contrarie l'écoulement des eaux à l'amont ; celles-ci, toujours à la recherche de nouvelles voies, parcourent successivement, tout en les édifiant, les génératrices d'un cône très aplati dont les griffons occupent le sommet ».

Il pense que la cause principale de la formation du travertin est l'effet de cavitation qui, par la dépression qu'il crée, accélère le dégagement du gaz carbonique, tandis que l'action de la photosynthèse par l'intermédiaire des mousses lui paraît secondaire.

On sait déjà que les eaux calcaires du bassin de la Somme sont capables de donner des tufs de fond de vallée puisqu'on en connaît d'holocènes et de pleistocènes, mais on aurait pu douter de leur aptitude à produire des travertins de cascades. Or il semble bien qu'on puisse donner ce nom aux importantes concrétions formées par la rivière d'Ancre, visibles dans le jardin public de la ville d'Albert et qui sont sûrement récentes et peut-être même encore en cours de formation.

Dans ces conditions, j'imagine la formation des brèches de la manière suivante :

A la fin d'une longue période froide et humide, un brusque changement de climat amena un temps sec et un réchauffement rapide de la surface du sol, ce qui provoqua la fonte de la neige de surface et celle de la glace emprisonnée dans les diaclases des couches supérieures de la craie tandis que les couches sous-jacentes étaient encore gelées : l'eau pouvait alors en quelques endroits favorables couler sur la craie. Il en résultait en quelques points la formation de ruisselets, de petites mares où s'implantaient des mousses et où purent vivre des gastéropodes d'eau douce, tandis que des gastéropodes terrestres suivaient l'avance de la végétation dans les endroits exondés.

Lorsque le ruissellement se faisait directement sur la craie, la présence de mousses pouvait suffire à provoquer la précipitation du carbonate de calcium nécessaire pour cimenter une mince dalle crayeuse, ou pour former quelques amas de travertins. Lorsque l'eau quittait une pente douce pour aborder une pente plus raide, il en résultait des cascades où l'effet de cavitation s'ajoutant à l'action des mousses provoquait la cimentation des gros blocs de brèche. Au hasard de l'édification du travertin, les cascades se déplaçaient, laissant les blocs de brèche sans liaison apparente entre eux.

Quoique les positions respectives des travertins beige et brun n'aient pu être observées, on croit bien sentir peu à peu le développement d'un régime éolien puisque

le travertin brun peut contenir jusqu'à 10 % d'insoluble dans l'acide, parmi lesquels de très nombreux grains de quartz.

Un moment vint où la craie fut pratiquement asséchée, soit par dégel complet de la masse, soit par défaut d'alimentation, tandis que les apports de loess par le vent se faisaient de plus en plus abondants jusqu'au jour où ils le furent assez pour retenir à eux seuls les précipitations annuelles de plus en plus rares et faire vivre une végétation steppique. Les conditions propres à la formation du travertin et des brèches n'existaient plus et ne se sont plus dès lors trouvées réunies. Quand plus tard la pluviosité augmenta de nouveau, ce fut sous un climat plus doux, la craie dégelée en profondeur n'était plus imperméable et l'eau pouvait s'infiltrer jusqu'à la nappe phréatique actuelle, trouvant son exutoire au niveau du fond des vallées et non plus à 15 ou 20 mètres au-dessus.

AGE DES BRECHES

Il me paraît actuellement impossible de fixer l'âge exact de ces brèches dans l'ère quaternaire.

Qu'on se rappelle les avis différents des auteurs sur le tuf de la Celle-sous-Moret que les uns placent en totalité dans l'interglaciaire Riss-Würm, tandis que d'autres rangent son niveau moyen dans le Mindel-Riss, alors que ce tuf est en relation assez étroite avec les terrasses et qu'il contient une flore et une faune abondantes, c'est-à-dire de sérieuses bases de datation.

Le problème qui nous retient est bien plus difficile.

Néanmoins, je crois qu'on peut dire en gros que toutes nos brèches sont du même âge et relativement récentes. Cette opinion se fonde sur leur aspect, leur situation et l'état de fraîcheur de la dalle subhorizontale qui n'est pour ainsi dire nulle part, disloquée malgré sa situation presque en surface.

Ce qu'on peut affirmer, c'est qu'en plusieurs endroits

elles sont recouvertes par un loess, probablement récent, et que quelques-unes doivent dater de l'arrivée des premières bouffées de ce loess.

Je ne me risquerai pas à dire que ces brèches datent d'un interstade de la dernière glaciation plutôt que du dernier interglaciaire. Peut-être l'étude en cours de la faune de gastéropodes de Tœufles, jointe à celle de la faune d'Arrest faite en 1904, jettera-t-elle quelque lumière sur ce point, en comparant leurs résultats à ceux des déterminations que A.S. Kennard a faites sur la faune des terrasses de la Somme à la demande de M. l'abbé Breuil.

C'est donc plus pour donner à nouveau une image du climat qui a dû présider à leur formation, que pour tenter une datation précise, que je donnerai l'extrait suivant d'E.H. De Geer (1955^b) en attirant l'attention sur la différence qui existait entre une frange de glacier et une zone périglaciaire : « ...la forte insolation lors de l'épisode chaud d'Alleröd a dû subitement détruire une glaciation qui n'était plus nourrie, cela par fonte verticale aussi bien qu'horizontale ».

Je crois avoir montré l'intérêt que présentent ces brèches et les roches qui les accompagnent. Je souhaite que, si d'autres gîtes étaient connus, ils soient signalés, et que les plus importants, ceux d'Arrest et de Tœufles, soient étudiés en détail.

Notes ajoutées pendant l'impression. — 1. - Afin d'illustrer les hypothèses faites sur les conditions de formation des brèches, on peut chercher à imaginer jusqu'à quelle profondeur s'est étendu le sol gelé en permanence.

J'ai admis ci-dessus, compte tenu des observations de M. Cailleux et des mesures actuelles de température, que sa partie supérieure était à 10 m. de profondeur environ. Supposons que la température moyenne du lieu, celle qui règne à cette profondeur, ait été pendant longtemps voisine de moins 2 degrés, et qu'on applique à la craie un degré géothermique de 30 m., on voit que l'épaisseur du

sol gelé en permanence pouvait être d'environ 60 mètres. Il est certain que le dégel d'une pareille masse de roche, à la suite d'un changement de climat, a dû demander un certain temps pendant lequel, la craie jouant le rôle de roche imperméable, sa surface toute imprégnée d'eau a été le siège de phénomènes qui ne peuvent pas s'y produire de nos jours.

Répétons que les conditions climatiques ont été incapables à elles seules de provoquer partout la formation de brèches. Il y a fallu des situations particulières de fissuration préalable de la craie, de rétention de l'eau, d'exposition au vent dominant de la période froide, et au soleil de la période de réchauffement.

2. - *Le C.R. sommaire des séances de la S.G.F.* vient de donner le résumé de la communication faite par MM. Mazenot et Cailleux le 18-11-57 sur la cryoturbation et le loess würmien de l'aérogare d'Orly. Il est intéressant de noter que la présence de mollusques würmiens d'eau douce dans le loess indique qu'il y avait alors là-bas des « flaques » sur le plateau aujourd'hui sec.

On établira un parallèle, qui pourrait être une identité, entre le climat des « flaques » du loess d'Orly et celui du tuf et des travertins d'Arrest et de Tœufles.

3. - Le dernier *Bulletin de la S.G.F.* (6) VII, sorti en Décembre 1957 et qui vient d'être distribué, donne p. 585 la note de Mlle Ruth Fridman sur la « Généralité des phénomènes périglaciaires würmiens sur le littoral et les îles de la Charente-Maritime ».

Retenons que la surface du head de solifluxion de la pointe des Minimes (abords sud de La Rochelle) porte une mince couche d'un calcaire très pur, épaisse en moyenne de 2 cm. visible sur 7 à 8 m. et intimement soudée au head. L'auteur suppose que ce niveau serait le témoin d'un tournant climatique où un épisode toujours froid, mais de plus en plus sec, aurait succédé aux conditions froides mais humides qui ont permis la solifluxion.

Il est clair qu'il y a de grandes analogies entre les conditions de formation et l'âge probable de cette mince couche calcaire, et les conditions et l'âge de nos travertins.

Nous différons de l'auteur sur le point de savoir si le « tournant climatique » a été accompagné ou non de réchauffement, mais sommes d'accord pour trouver qu'à ce moment un temps sec a succédé brusquement à un temps humide.

SITUATION APPROCHÉE DES DIVERS GITES DE BRECHE

N° du texte	Localité	Coordonnées Lambert I zone Nord			Exposition
		X	Y	Z	
3	Esquerdes	588.500	334.600	55	Sud
1	Beaumerie	563.200	305.700	25	E-S-E ?
9	Neuilly-l'Hôpital	566.800	274.950	40	Est
10	Arrest	548.200	269.600	40	S-S-E
5	Cambron	558.600	267.700	40	S-S-E
11	Tœufles	555.250	264.600	60	Ouest
2	Vaucelles	663.400	264.250	90	N-O
4	Ville d'Eu	534.400	262.800	40	S-E
8	St-Léger-les-Domart	585.100	260.850	50	S-S-E
7	Long	575.500	259.300	35	S-O
6	Fontaine-sur-Somme	572.600	258.400	20	Nord ?

Nota.

- I. - Les onze gîtes ont été rangés ici dans l'ordre des latitudes décroissantes. On remarquera que neuf d'entre eux sont groupés dans une bande de moins de 17 km. de largeur.
- II. - L'altitude n'est que grossièrement approchée. En trois points elle a été relevée sur la carte au 50.000 type 1922. Pour les huit autres, elle a été prise sur les minutes au 40.000 de la carte d'Etat-Major.
- III. - Dans sept cas sur onze, l'exposition est comprise entre l'Est et le Sud.

BIBLIOGRAPHIE

- ALIMEN (H.) 1957. — A propos de l'âge du tuf de la Celle-sous-Moret. C.R. somm. *Séances S.G.F.* n° 11, 3 Juin 1957, p. 220.
- BÉDÉ (P.) et VINCHON (A.) 1904. — Contribution à l'étude du gisement quaternaire d'Arrest (Somme). *Bull. Mus. Hist. Nat.* 1904, fasc. 2, p. 79.

- BOURDIER (F.) 1956. — Vue d'ensemble sur les subdivisions stratigraphiques actuelles du quaternaire français. *Lexique stratig. int.* fasc. 4 b, p. 143. *Cong. Géol. Internat.* 1956. *Publ. C.N.R.S.*
- BREUIL (H.) 1952. — Glanes conchyliologiques en France. *XIII^e Congrès préhistorique de France, Paris, 1950*, p. 191, 233
- BRIQUET (A.) 1906. — Un tuf pleistocène dans la vallée de la Somme. *A.S.G.N.*, t. XXXV, p. 255.
- BUTEUX (C.J.). — Esquisse géologique du département de la Somme.
1843. - 1^{re} Ed. *Mémoires de l'Académie d'Amiens*.
1849. - 2^e Ed. Paris, chez P. Bertrand.
1865 (1864). - 3^e Ed. Abbeville, Imp. de P. Briez.
- CAILLEUX (A.) 1943. — Fissuration de la craie par le gel. *Bull. Soc. Géol. de France*, 5^e série, t. XIII, p. 511.
- DE GEER (E.H.) 1955a. — La déglaciation scandinave selon la chronologie DE GEER. *B.S.G.F.*, 6^e série, t. V, p. 169.
— 1955b. — La déglaciation américaine selon la chronologie DE GEER. - Corrélations avec la déglaciation scandinave. *Ibid.* p. 423.
- DEHAY (Ch.) 1930. — Le calcaire bréchiforme des environs de Montreuil-sur-Mer. *A.S.G.N.*, t. LV, p. 57.
- GORET (A.) 1802. — La carrière de Neuilly-l'Hôpital, dans Rapport des travaux de l'an X. *Bull. Soc. d'Emulation d'Abbeville*.
- LAGAISSE 1898. — C.R. de l'excursion géologique du 1^{er} mai 1898 à Crèvecœur et à Cambrai. *A.S.G.N.*, t. XXVII, p. 42.
- LAMBERT (A.) 1955. — Remarques sur les dépôts de travertins par les cours d'eau et sur leurs conséquences morphologiques. *B.S.G.F.*, 6^e série, t. V, p. 577.
— 1956. — Rôle morphologique des dépôts de travertins par des sources latérales aux cours d'eau dans le Tell algérien. *B.S.G.F.*, 6^e série, t. VI, p. 923.
- LFRICHE (M.) 1936. — Les brèches de Vaucelles. *A.S.G.N.*, t. LXI, p. 141.
- RAVIN (F.P.) 1834-35. — Mémoire géologique sur le Bassin d'Amiens et en particulier sur les cantons littoraux de la Somme. *Mém. Soc. d'Emulation d'Abbeville*.
— 1840-41. — Lettres à Buteux. Archives Biblioth. d'Abbeville.
- ROYER (L.) 1938. — Les causes possibles de l'aspect bréchoïde de certaines roches. *B.S.G.F.*, 5^e série, t. VIII, p. 37.
- Carte géologique au 80.000 - Abbeville, 1876, 1^{re} édition, par E. FUCHS.
- Carte géologique au 80.000 - Abbeville, 1940, 2^e édition, par C.P. NICOLESCO.

M. Y. Lemoigne présente la communication suivante :

*Nouvel affleurement de tangué
sur la côte Ouest du Cotentin*

par **Yves Lemoigne.**

(Pl. I)

La grande marée d'équinoxe du mois de Septembre 1957 (1) s'est révélée particulièrement violente sur la côte Ouest du Cotentin où les plages ont subi les actions érosives du flux. Flux qui, en particulier dans la région de Créances (voir fig. 1 et 2) a, par endroits, déblayé du sable sur une épaisseur de plus de deux mètres et sapé la base du cordon de dunes qui offrent maintenant des abrupts variant entre 1 et 5 mètres.

Ce déblaiement — dû aux simples effets dynamiques et morphologiques du flot sur le rivage — a eu pour conséquence de mettre au jour, sur la plage de Créances, dans la zone intercotidale, à une dizaine de mètres du pied des dunes, une vaste surface de tangué.

I. — MODES DE GISEMENT

Celle-ci se présente comme une bande parallèle à la ligne des dunes s'étalant sur plus de 1.000 mètres de longueur (entre les « chalets du Docteur » et la « tour télégraphe de Jersey ») et sur une largeur variant de 1 à 100 mètres. Cette nappe se prolonge d'une part vers la mer, disparaissant sous le sable suivant un pendage d'environ 10 degrés et d'autre part sous les dunes (2).

(1) Coefficients 115-116 les 24 et 25 Septembre.

(2) L'envahissement des divers points de la côte Ouest du Cotentin par les dunes apparaît comme tout à fait récent. Il est postérieur au Néolithique à Biville et à Carteret où les sables recouvrent des petits instruments de silex et des poteries fragmentées (d'après A. BIGOT, *As. Française, As. Sciences*, 1903).

L'épaisseur paraît assez importante : des trous creusés à la pelle nous permettent de préciser que nous sommes en présence d'une nappe dont la puissance excède 2 m. et constituée par une superposition de lits se distinguant

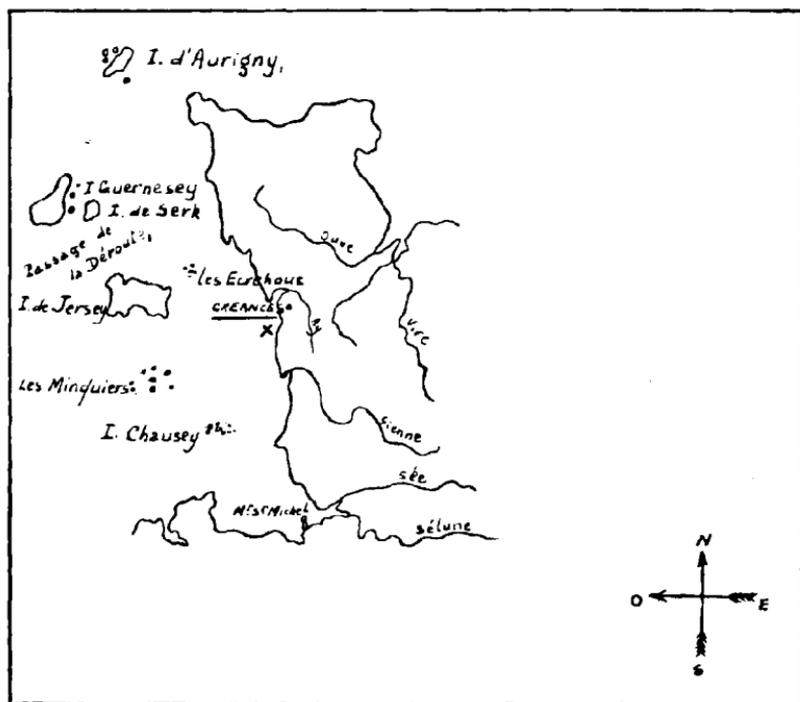


FIG. 1. — Schéma du contour de la côte actuelle du Cotentin.
(x - emplacement de l'affleurement observé sur la plage de Créances).

par leur teneur plus ou moins forte en sable (il s'en suit des variations de teintes). En surface, aux endroits creusés par le flot, la tange se présente en couches régulières séparées par des intervalles, ce qui donne un aspect grossièrement feuilleté. Cette propriété est constante des dépôts de tange de la zone intercotidale actuelle et se

retrouve dans les gisements anciens émergés définitivement, pourvu qu'ils n'aient pas été remaniés (3).

II. — CARACTERES LITHOLOGIQUES

D'une façon générale, la tanguie est un sédiment également décrit sous l'appellation d'« argile des polders » répandu dans les estuaires de la côte Ouest du Cotentin (notamment dans la baie du Mont Saint-Michel) et utilisé comme amendement calcaire par les cultivateurs et les maraîchers de la région (4).

De teinte gris clair argenté pouvant devenir bleuâtre lorsqu'elle est imbibée d'eau, la tanguie est une vase de granulométrie fine, pouvant présenter une teneur plus ou moins forte en sable. Humide, elle fait penser, au toucher, à une argile.

L'étude granulométrique des tanguies a été faite ; mais les différents auteurs divergent dans le mode d'expression de leurs résultats. Les uns construisent des courbes cumulatives, d'autres des courbes de fréquence, certains emploient une représentation en coordonnées polaires ou en coordonnées Gausso-logarithmiques. Monsieur le Profes-

(3) J. BOURCART (1944) a différencié, à propos de la tanguie, la stratification vraie du litage. La première s'applique à la disposition par couches successives de matériaux de nature et de granulométrie différentes. Cette disposition n'entraînant pas *a fortiori* de vide entre les couches. Quant au litage, il faut l'entendre d'une formation homogène en général -- la tanguie rentre dans cette catégorie -- mais séparée par des joints béants en couches successives. Dans la tanguie, la dimension de chaque lit est de quelques millimètres ou de quelques centimètres. Les lits sont assemblés eux-mêmes en couches horizontales séparées par un joint plus important. Cette disposition feuilletée serait liée aux dépôts discontinus.

(4) A Créances, la tanguie extraite de l'estuaire de l'Ay est employée comme amendement calcaire notamment dans les sols acides avoisinant la Lande de Lessay ; elle est également répandue sur les semis effectués en sols sableux comme apport lourd s'opposant aux actions éoliennes de déflation.

seur J. Jacquet a utilisé une méthode simple et expressive des courbes de fréquence (courbes de répartition en granulométrie) et a noté que :

« les tangues paraissent se caractériser d'une façon nette par l'existence de 2 ou 3 courbes en cloche (courbes de Gauss, comme toutes les courbes de fréquence) séparées par un intervalle absolument nul : la (ou les deux premières courbes) se situe dans la phase sable et sablon, la dernière dans la phase poudre-précolloïdes (environ 2 microns). Il existe généralement une courbe correspondant au sablon ; mais bien souvent, on obtient une seule courbe en double cloche enveloppante de 2 courbes élémentaires. La courbe des poudres précollôïdes est toujours constante dans la tange, ce qui différencie nettement celle-ci des sables avec lesquels elle peut avoisiner sur le terrain... » (5).

Toujours d'après J. Jacquet, la tange serait presque en totalité d'origine marine et cette formation constituerait avant tout un sédiment marin plus que fluvio-marin.

La tange prélevée sur la plage de Créances est remarquable par sa très faible teneur en sable. Des examens au microscope que nous avons faits nous ont révélé la présence de :

- tests de foraminifères
- rares tests de globigérines
- frustules de diatomées
- fins fragments de coquilles
- très nombreux spicules siliceux d'éponges
- matières colloïdales non identifiables
- grains de glauconie.

De par la nature de ses constituants, cette tange apparaît donc comme un sédiment nettement marin. Celui-ci s'observe actuellement dans les estuaires de la côte Ouest

(5) J. JACQUET. — Recherches écologiques sur le littoral de la Manche. Les prés salés. Les estuaires. La Tange. Thèse Paris, 1949, p. 175.

du Cotentin. Ce dépôt peut correspondre à une simple décantation, mais il nous est permis de penser que le dépôt serait lié à un apport d'eau douce. A ce sujet, il nous paraît en effet intéressant de remarquer que dans les estuaires où nous trouvons de la tangué, l'eau des rivières y débouchant renferme des sels de fer en solution (sels d'origine continentale provenant du lessivage de terrains à minéraux dans la constitution desquels entrent les ions fer). Sels de fer dont une partie serait à l'état ionique et qui, avec d'autres facteurs, entraîneraient la précipitation des matières en solution colloïdale ou saline laquelle favoriserait le dépôt des corps en suspension. La présence d'ions fer dans l'eau douce n'est sans doute pas également sans rapport avec la formation de la glauconie (6).

Au point de vue chimique, la tangué est caractérisée par une forte teneur en calcaire (la simple addition d'acide chlorhydrique provoque immédiatement un intense bouillonnement), une teneur relativement importante en chlorure de sodium, la présence de phosphore, une faible teneur en matières organiques et la présence d'un minéral de néoformation : la glauconie. Les sulfures et les sulfates sont en quantités insignifiantes.

III. — CARACTERES PALEONTOLOGIQUES

Dans la tangué observée sur la plage de Créances, nous

-
- (6) Dans ces estuaires, la glauconie pourrait se former à partir d'une part des ions fer apportés par les eaux douces et les ions potassium contenus dans l'eau de mer, et d'autre part de la silice opale constituant les spicules d'éponge qui se révèlent très abondants dans la tangué. En effet, la silice opale, libérée des organismes qui l'ont formée, est une forme instable de la silice qui tend à devenir une forme stable et cela par simple modification de structure (cette tendance pouvant être sensible à de nombreux facteurs physico-chimiques du milieu). Mais cette modification dans la disposition architecturale des ions silicium et oxygène constituant la silice serait favorable à la fixation des ions fer et potassium et conduirait alors à la formation de silicate double de fer et de potassium.

avons remarqué des restes d'animaux marins et des restes plus ou moins altérés de végétaux.

1) *Restes d'animaux marins* ; ce sont :

— des tests de petits gastéropodes appartenant au genre *Hydrobia*, en grand nombre, bien conservés ; parfois accumulés en lits interstratifiés semblant correspondre à de véritables hécatombes de ces mollusques.

— des fragments de coquilles de lamellibranches dont la plupart doivent être rapportés à l'espèce *Cardium Edulae*.

— des tests de foraminifères.

— des frustules de diatomées.

— des spicules de nature siliceuse provenant de la dés-organisation du squelette d'éponges.

2) *Restes de végétaux* ; ils sont de trois sortes :

— des graines de *Salsolacées* réduites à leur enveloppe (*Salsolacées* du genre *Sueda* et probablement de l'espèce *Sueda Maritima*).

— des racines de graminées et de plantes herbacées.

— de très nombreuses racines d'arbustes en place mais modifiées à l'état tourbeux devant représenter les restes d'une végétation buissonnante.

La présence des restes végétaux en place est particulièrement importante au point de vue paléogéographie et par suite au point de vue stratigraphie. En effet, nous pouvons conclure qu'à cet endroit — actuellement occupé par la mer — a existé un sol de végétation succédant à des dépôts de tange formés dans une aire qui a dû être une plaine maritime et à une altitude voisine du zéro moyen de la mer. Par conséquent, la nappe de tange actuellement en dessous du niveau de la mer que nous avons observée sur la plage de Créances, a été émergée autrefois.

IV. — RELATIONS PALEOGEOGRAPHIQUES ET IMPORTANCE STRATIGRAPHIQUE

Nous avons pu observer d'autres gisements de tangué dans la région de Créances (voir fig. 2, 3 et 4).

1) Dans l'estuaire de l'Ay, où nous avons remarqué que la tangué constituant le sol du schorre et de la zone parhaliennne (7) présentait, comme dans le gisement de la plage de Créances, de nombreux *Hydrobia* et des fragments de coquilles, ainsi que des racines d'arbustes (8).

2) De chaque côté de la route Hayoque-Le Haut d'Y, sous les limons et le sable, avant d'arriver au village du Haut d'Y, nous avons observé de la tangué paraissant en continuité avec celle constituant le schorre sud de l'estuaire de l'Ay.

3) Le creusement de tranchées profondes d'un mètre cinquante pour la pose d'égouts, de chaque côté de la route du village du Bourg à Créances, a permis de reconnaître de la tangué reposant sous des limons. Cette tangué est très sableuse. La forte teneur en sable doit résulter d'un fort lessivage (facilité par la pente) qui a entraîné les parties les plus solubles en particulier les parties calcaires et colloïdales.

4) Le creusement d'un puits (voir fig. 4, x 4) entre

(7) *La slikke* (du mot flamand slijk : boue) est la partie inférieure, inondée à toute marée haute, même en période de morte eau (premier et dernier quartiers).

— *Le schorre* est la zone plus élevée, inondée seulement aux marées de vive eau (marées de cyzygie), recouverte d'un tapis végétal halophile et qui, généralement, surplombe la slikke sous-jacente d'un abrupt très net (haut de 20 cm. à 1 m. et plus parfois). Elle correspond à l'horizon supérieur subterrestre de la zone intercotidale.

— *La zone parhaliennne* est au-dessus du schorre, elle n'est jamais envahie par la mer.

(8) Ces racines ne sont pas à l'état de tourbe mais à l'état de « charbon de bois », leur altération s'étant effectuée en milieu sec.

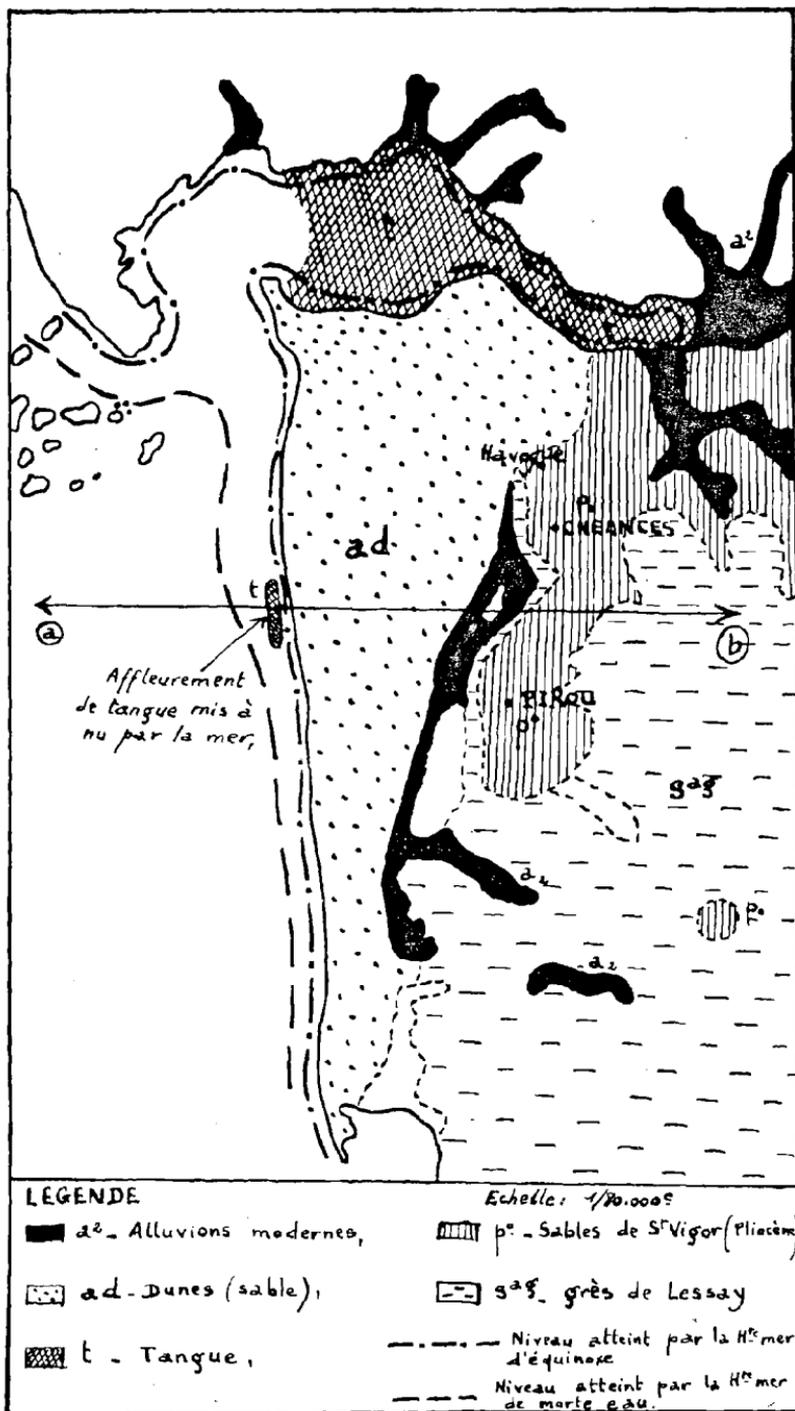


FIG. 2. — Les affleurements de terrains dans la région de Créances (d'après la carte géologique: St-Lô (28), 2^e édit.).
IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

Pirou et Créances, a permis de remarquer la présence de tangue sous les sables dunaires.

Ces quelques observations sont autant d'arguments qui nous permettent de penser que tous ces gisements de tangue sont en relation les uns avec les autres et doivent correspondre à un même dépôt.

Par ailleurs, des formations de tangue ont été étudiées par Bigot (9) sur les côtes du Massif Armoricain, par G.

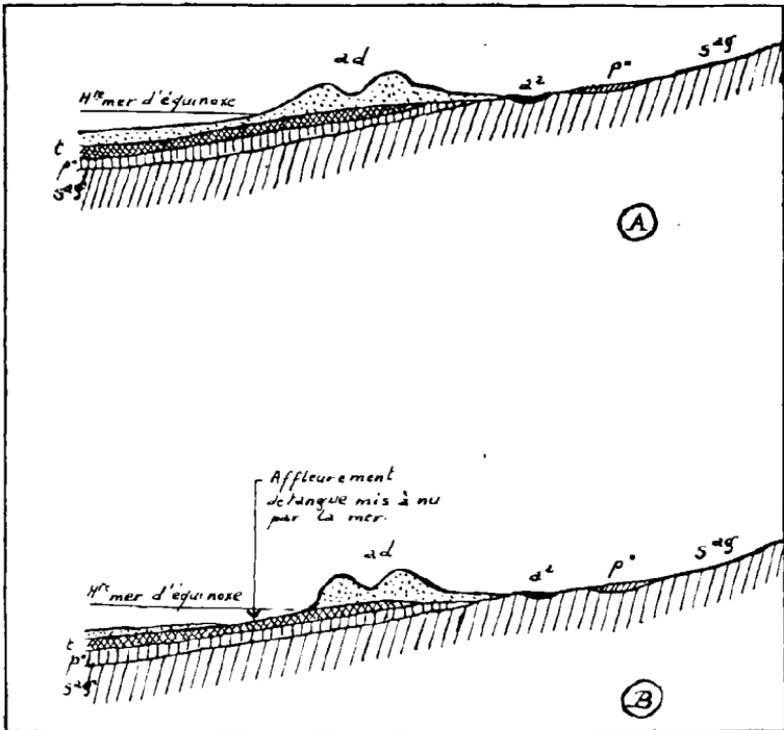


FIG. 3. — Coupe suivant a-b correspondant à la figure 2.

A — Avant la marée de Septembre 1957.

B — Après la marée de Septembre 1957.

(9) BIGOT. — *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, C.R. collaborateurs, 1899, n° 73, p. 17.

Dubois (10) dans le Nord de la France et en Belgique, par J. Jacquet (11) sur le littoral de la Manche...

Toutes ces études mettent en évidence que les dépôts de tange sur les côtes occidentale et septentrionale de France correspondent à un cycle de sédimentation qui aurait commencé à la fin des temps pléistocènes et qui se serait continué tardivement jusqu'au cours des temps historiques. Ce cycle correspondrait à l'ensemble des transgressions et régressions de la mer flandrienne.

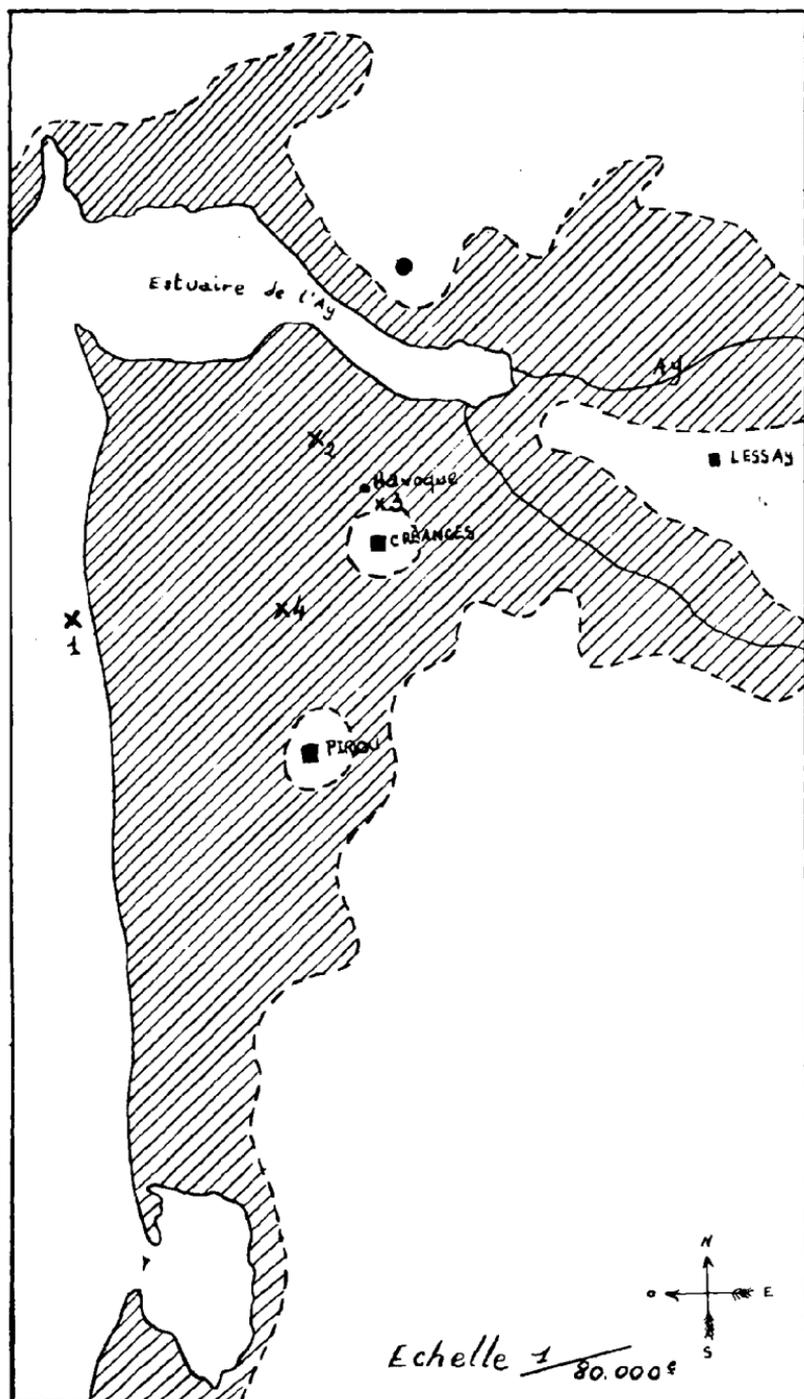
L'affleurement nouveau observé à Créances — correspondant en fait à une vaste nappe dont quelques gisements attestent la présence — paraît bien devoir être rattaché aux formations analogues de la baie de Cancale et des marais de Dol, situés plus au sud et dont l'étude de la structure géologique a permis à G. Dubois d'établir que (voir fig. 1 et 5) :

« Au maximum de la régression préflandrienne, les îles Chausey, les Minquiers et Jersey, avec les rochers des Ecrehous, faisaient partie du continent ainsi que l'a démontré Barrois (12) en étudiant l'extension du limon dans les îles bretonnes... Au flandrien, tout le vaste golfe de St-Malo a été peu à peu submergé. La partie la plus éloignée de la mer, ou baie de Cancale, n'a dû être envahie qu'au cours du Flandrien moyen en raison de son altitude relativement élevée. La baie de Cancale est demeurée à l'état de vaste polder, découvert à marée basse. Les stations humaines se sont installées principalement sur les îles ou les cordons littoraux. C'est sous ce dernier aspect que l'on doit se représenter la baie de Cancale au temps

(10) G. DUBOIS. — Recherches sur les terrains quaternaires du Nord de la France. *Mém. Soc. géol. du Nord*, t. VIII, 1, 1924.

(11) J. JACQUET. — Recherches écologiques sur le littoral de la Manche. Les prés salés. Les estuaires. La Tange. Thèse Paris, 1949.

(12) BARROIS. — Extens. du limon en Bretagne, 1897, p. 42-44.



de la conquête romaine. Peut-être Jersey était-elle encore reliée au continent ?

« C'est au cours de la phase transgressive du Flandrien supérieur que la mer a fait une nouvelle conquête et submergé la plus grande partie de la baie de Cancale et du marais de Dol transformé encore une fois en polder ».

C'est cette même mer du Flandrien supérieur qui a recouvert l'affleurement de tange observé sur la plage de Créances, détruisant tout l'horizon botanique qui s'était installé. Elle a dû s'avancer assez loin à l'intérieur selon certaines considérations historiques, et si l'on en croit ce que nous racontent des traditions orales (13). Elle a dû recouvrir tout l'espace qu'avait occupé une transgression antérieure, cette dernière ayant déposé de la tange (voir fig. 4). Puis la mer aurait régressé, découvrant un espace actuellement recouvert de limons ou envahi par des dunes.

Dans le cordon de galets, situé entre le pied des dunes et l'affleurement de tange observé sur la plage de Créances, cordon formé par le flux exceptionnel, nous avons

FIG. 4. — Schéma indiquant quel devait être le rivage de la mer dans la région de Créances au maximum de la dernière transgression flandrienne (qui a déposé de la tange).

- Rivage de la mer actuelle.
- - - Rivage de la mer flandrienne au maximum de sa transgression.
- ///// Parties abandonnées par la mer flandrienne retirée plus à l'Ouest.
- X Gisements de tange observés en dehors de l'estuaire de l'Ay :
 - X₁ - Gisement mis à nu par la mer sur la plage de Créances.
 - X₂ - Gisement mis au jour lors de la mise en place de la route Créances-Le Haut d'Y.
 - X₃ - Gisement mis au jour lors du creusement de tranchées de chaque côté de la route du village « du Bourg ».
 - X₄ - Gisement observé lors du creusement d'un puits.

récolté sur une distance de 500 mètres une cinquantaine de galets de tourbe (14) qui affectent une forme générale plate, en liaison, semble-t-il, avec leur mode de gisement en strates. Ceux-ci ont été sans doute arrachés par le flot dans la zone infracotidale ou sublittorale. La présence de niveaux de tourbe (avec restes d'une industrie néolithique) interstratifiés dans les dépôts de tanguie, et témoignant de fluctuations du niveau marin, ont été mis en évidence dans la région du Mont Dol, ainsi que dans des sondages effectués pour établir la ligne d'Avranches à Lamballe, il en a été observé également dans le Nord de la France sur les plages du Boulonnais.

Des sondages dans le nouvel affleurement que nous avons observé nous permettraient peut-être de mettre en évidence des niveaux de tourbe, lesquels nous facilite-

-
- (13) Des vieux Créançais racontent avoir entendu dire par leurs pères qu'ils avaient vu, aux basses mers des marées d'équinoxe, des restes de troncs d'arbres avec leurs racines enfouies dans le sable et qui représentaient les derniers vestiges d'une ancienne forêt qui aurait été détruite au début du VIII^e siècle.

Ils vous racontent aussi qu'autrefois l'Evêque de Coutances se rendait à Jersey sur son âne pour y percevoir l'impôt. L'étude des origines de CRÉANCES nous apprend qu'antérieurement au VIII^e siècle, CRÉANCES occupait sensiblement l'emplacement actuel du village de HAVOQUE, une très forte marée au début du VIII^e siècle aurait détruit toutes les habitations et Créances aurait été, par la suite, reconstruit à l'emplacement qu'il occupe aujourd'hui situé en relief beaucoup plus au-dessus du niveau de la mer. Des fouilles antérieures à 1939 ont précisément mis à jour des fragments de vases et des pièces de monnaie romaines. De plus, il est curieux de remarquer que le terme « Havoque » peut avoir été emprunté au mot normand, maintenant mort, « havoqui », signifiant « dévastation ». Dans la langue anglaise, « havoc » signifie « dégât », « ravage ».

- (14) A la cassure, ces galets se révèlent comme étant constitués par une grande abondance de grains de quartz pris dans un enchevêtrement de débris végétaux. On peut les considérer, au point de vue pétrographique, comme de véritables galets de grès à grains de quartz et à ciment de tourbe (le quartz a résisté à l'acidité du milieu, il y a eu par suite concentration à la fois des grains de quartz et des éléments tourbeux).

raient les corrélations stratigraphiques (en effet, les niveaux de tourbe dans les accumulations de tange témoignent de transgressions marines au même titre qu'un conglomérat de base dans des assises marines).

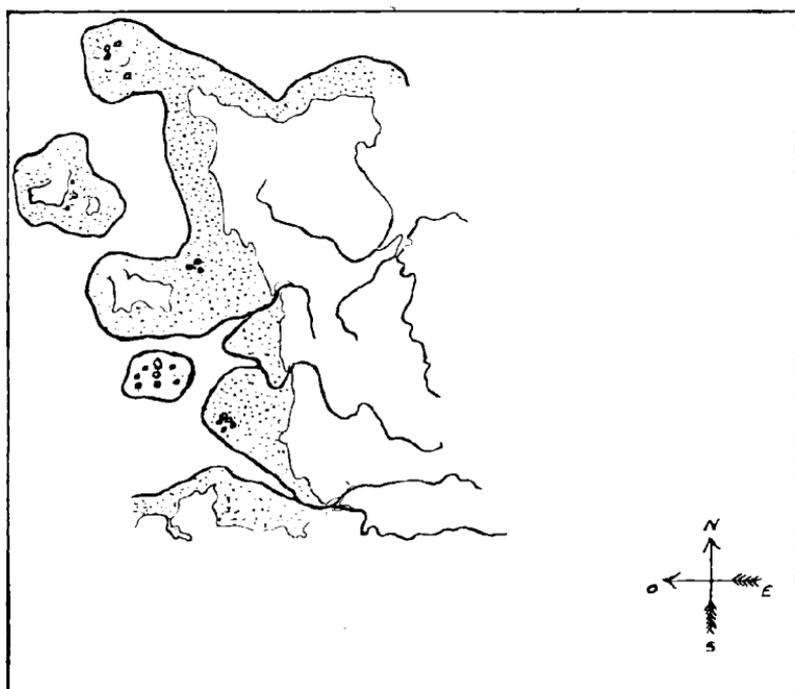


FIG. 5. — Schéma mettant en valeur l'invasion de la côte Ouest du Cotentin par la mer transgressive flandrienne (les zones en pointillés représentent les parties envahies depuis le début de l'ère chrétienne).

CONCLUSION

D'après nos observations, il apparaît que sur la côte Ouest du Cotentin, plus précisément dans la région de Créances, sur des dépôts marins d'âge pliocène, une mer flandrienne a déposé de la tange. Mais ce dépôt a été discontinu par suite d'oscillations du niveau marin per-

mettant l'installation de végétation, celle-ci étant à l'origine de la tourbe.

La dernière oscillation positive importante du niveau marin est d'époque historique, elle a été suivie (très probablement au Moyen Age) d'une légère régression abandonnant aux diverses actions érosives continentales un dépôt de tanguie dont une grande partie a été recouverte par des limons et des sables dunaires (voir fig. 2). Cette dernière oscillation positive a dû isoler définitivement Jersey, Aurigny, Serck, les îlots rocheux des Minquiers et des Ecrehous qui, pendant longtemps, ont dû être parties intégrées au Cotentin. Toutefois, la séparation n'a pas dû se faire en une seule fois. D'autre part, la « Forêt de Scissy » relève peut-être moins de l'imagination que d'une réalité historique.

Ce nouvel affleurement de tanguie vient confirmer la notion d'un cycle de sédimentation qui a affecté toute la côte occidentale et septentrionale de France et même d'Europe occidentale. Ce cycle correspond à l'ensemble des transgressions et régressions de la mer flandrienne (liées à des mouvements relatifs entre la mer et le continent dont les effets s'observent encore actuellement).

EXPLICATION DE LA PLANCHE I

Affleurement de tanguie

FIG. 1. — Vue d'une extrémité de l'affleurement de tanguie située près des « chalets du Docteur ».

On remarquera à la partie inférieure de l'affleurement un dépôt de galets.

FIG. 2. — Vue mettant en évidence le litage du dépôt de tanguie. A la partie inférieure et à la partie supérieure de l'affleurement, on remarque un cordon de galets parmi lesquels nous avons observé des galets de tourbe.

FIG. 3. — Vue de l'autre extrémité de l'affleurement.

Le Pipe de Naux et son site géologique

par **A. Beugnies**

(Pl. II).

Pour décrire la structure géologique de la région de Naux, nous utilisons, pour les formations cambriennes, l'échelle stratigraphique suivante :

ETAGE REVINIEN
(assises inférieures)

- Veine de la Folie* Rv 2 b
Veine épaisse d'ardoise noire
- Assise des quartzites de la Roche à Sept Heures* Rv 2 a
Alternance de phyllades noirs très fins et de gros bancs de quartzite gris grossier constituant le mur de la Veine de la Folie.
- Veine des Peureux* Rv 1 b
Couche peu épaisse d'ardoise noire.
- Assise de transition* Rv 1 a
Phyllades gris verdâtres avec bancs de quartzite clair surbordonnés.

ETAGE DEVILLIEN

- Assise des phyllades du Grand-Terne* Dv 2 b
Quartzophyllades verts comprenant à la base une couche épaisse d'ardoise verte à magnétite (Grand-Terne).
- Assise des quartzites des Quatre-Fils-Aymon* Dv 2 a
Épaisse assise de quartzite verdâtre souvent grossier.

Assise des phyllades du Petit-Terne Dv 1 c

Quartzophyllades verts à *Oldhamia radiata* comprenant une couche peu épaisse d'ardoise verte à magnétite (Petit-Terne).

Assise des quartzites de la Longue-Haie Dv 1 b

Alternance de phyllades verts et de quartzites gris verdâtres.

Cette succession, valable pour l'ensemble du Massif de Rocroi est absolument conforme à l'échelle stratigraphique établie par M. G. Waterlot dès 1932 (1). En conséquence, nous avons conservé les mêmes dénominations d'assises adoptées par cet auteur.

I. — LE PIPE DE NAUX

Il existe en face du village de Naux, sur la rive droite de la Semois, à quelques kilomètres de la frontière belge, un pipe de quartzophyre intrusif dans les assises gediniennes.

1. — *La coupe de la Semois.*

La coupe de la Semois dirigée Nord 20° Est, est reproduite à la figure 1. Elle montre l'existence d'un pipe de quartzophyre large de 80 m., intrusif dans le Revinien et crevant la couverture dévonienne constituée par les grés conglomératiques de base (faciès local de l'Arkose d'Haybes). Le pipe est coiffé d'un laccolithe dissymétrique d'où partent plusieurs digitations en forme de dyke ou de sill. La retombée septentrionale du laccolithe mesure 45 m. de long tandis que la retombée méridionale s'effile en un dyke observé sur une longueur de 140 m. Sur la coupe, on voit le dyke recouper le banc d'arkose, puis s'enfoncer dans les schistes reviniens pour, finalement,

(1) G. WATERLOT. — Sur la Stratigraphie et la Tectonique du Massif Cambrien de Rocroi. *Bulletin des Services de la carte géologique de la France*, tome XXXIX, 1937.

venir buter sur une faille que nous nommerons la *Faille de Naux*. Près du raccord du laccolithe avec le pipe, un deuxième dyke de 25 m. de long vient s'embotir dans les schistes de Revin, après avoir percé et disloqué le banc d'arkose. Au Sud-Ouest de la Faille de Naux, un troisième dyke épais de 4 m. au contact de la faille, s'effile vers le Sud pour se terminer en biseau à 60 m. de la faille. Sur toute sa longueur, le dyke horizontal coupe en discordance les schistes reviniens inclinés au Sud de 20°. Un quatrième dyke peut encore être observé en A mais l'absence d'affleurements ne permet pas de le suivre vers le Nord.

Il ne fait aucun doute que le gisement de quartzophyre de Naux soit intrusif. La structure de la roche magmatique est remarquable. Le quartzophyre du pipe est massif et microgrenu, de teinte gris-bleu sur cassure fraîche. Dans les dykes, la structure est microgrenue et massive au cœur ; elle est fluidale sur les 50 cm. inférieurs, au contact du plancher de l'injection. Généralement, on observe, enrobés dans le quartzophyre fluidal, des blocs à peine émoussés de grés ou quartzite, plus rarement de schistes ou phyllades. Au voisinage d'un bloc, la structure fluidale en épouse la forme. Tous ces cailloux, dont certains atteignent 50 cm. de côté, reposent au mur du dyke (1).

Les épontes des intrusions sont injectées de quartzophyre sur une distance de 0 m. 20 à 2 m. du contact éruptif.

Le quartzophyre est presque totalement composé de quartz. La seule minéralisation est représentée par quel-

(1) Cette structure particulière, rappelant par certains traits celle d'un conglomérat, a pu donner lieu à des interprétations erronées lorsque les observations n'ont porté que sur une partie de la coupe. C'est ainsi que M. Asselberghs interprète le dyke de Naux comme « une coulée contemporaine des couches de base (du Dévonien) qui s'est mélangée aux éléments détritiques se déposant au même moment dans la zone littorale » (E. ASSELBERGHS. — L'Éodévonien de l'Ardenne et des régions voisines. *Mém. Inst. Géol. Université de Louvain*, tome XIV, p. 43, 1946).

ques cristaux de pyrite et plus rarement de mispickel. Cependant, dans les parties terminales des dykes ou sur les parois du pipe on note une concentration des minéraux sulfurés.

2. — *La coupe de la Gire.*

Le ruisseau de la Gire, qui se jette dans la Semois en face de Naux, reçoit un affluent de droite à 300 m. de son embouchure. La rive gauche de la Gire, sur les 300 mètres du cour inférieur (voir fig. 2), montre un autre faciès de l'intrusion quartzophyrique. La rivière coule entièrement sur les formations reviniennes qui s'élèvent jusqu'à une certaine hauteur dans les escarpements de la rive, où on les voit recouvertes en discordance par les assises gedinniennes.

Dans la partie Sud de la coupe, le Dévonien débute par des grés conglomératiques fossilifères en une assise épaisse de 2 à 3 m., elle-même surmontée de schistes également fossilifères. Les couches de base se poursuivent avec les mêmes caractères lithologiques jusqu'à proximité de la Faille de Naux. A une trentaine de mètres au Sud de la faille, les grés conglomératiques prennent un faciès cristallin dû à l'injection quartzophyrique, qu'on décèle mieux dans les schistes reviniens et gedinniens encaissants jusqu'à 1 ou 2 m. du contact avec l'arkose cristalline. Le faciès cristallin se maintient au Nord de la faille sur plus de 700 m. le long de la bande d'affleurement de l'arkose.

Dans la partie injectée du Revinien, on note encore parfois la présence de blocs de grés plus ou moins métamorphisé.

3. — *Le faciès septentrional du sill.*

Entre les ruisseaux de la Gire et du Nantanru, le sill de quartzophyre, au niveau de l'arkose de base du Devonien, affleure sur une bande continue de 400 mètres. Là, le faciès de l'injection rappelle celui des épontes du pipe

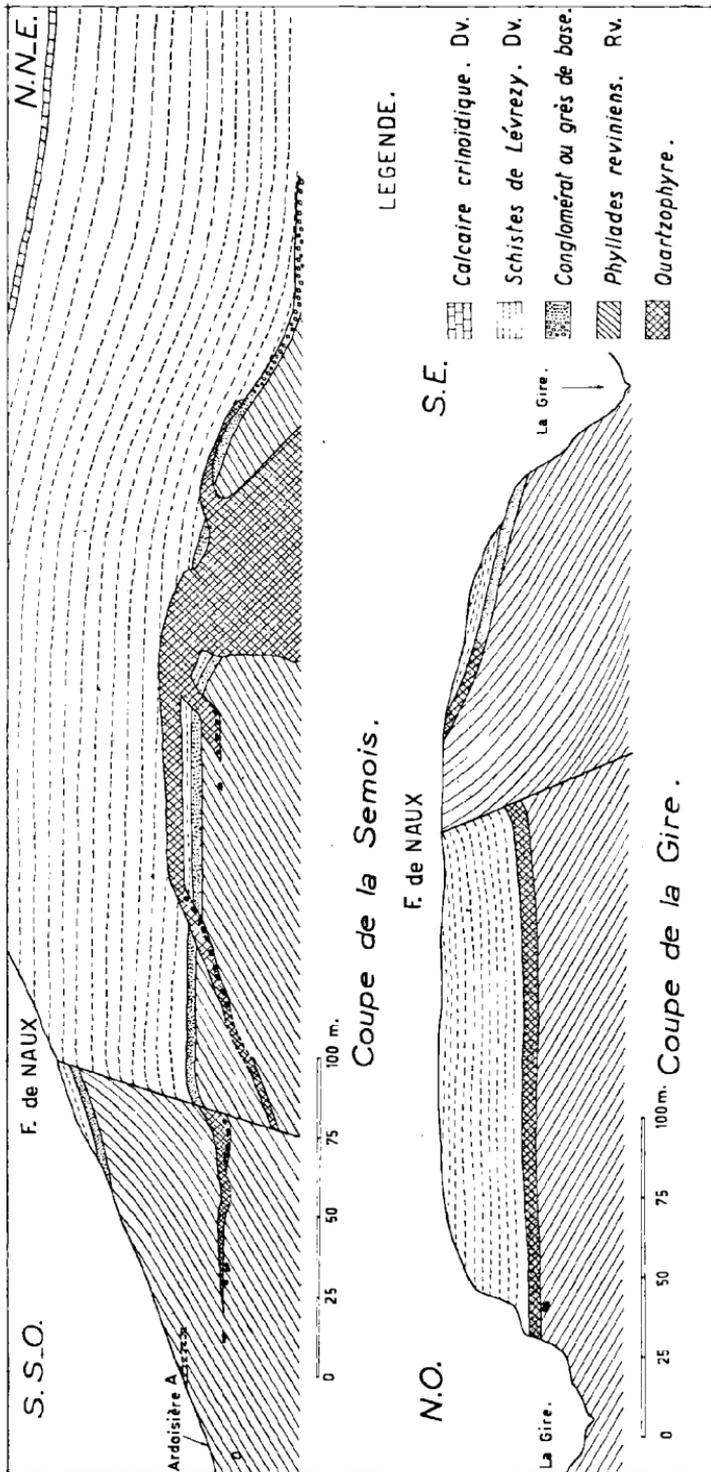


Fig. 1-2. — Coupe de la Semois ; coupe de la Gire.

de Naux et des parties terminales des dykes de la Semois : minéralisation sulfurée, surtout pyriteuse. La pyrite, martitisée par l'altération superficielle, a été exploitée comme minerai de fer.

4. — *Le métamorphisme des terrains encaissants.*

L'injection quartzophyrique a déclenché dans les roches encaissantes un métamorphisme qui s'observe sous deux aspects différents :

1°) *Un métamorphisme par injection du magma lui-même* et qui s'étend à faible distance au toit et au mur de l'intrusion. Jusqu'à un mètre ou deux du contact, les phyllades sont truffées de cristaux de quartz. Plus loin du contact, l'apport est plus disséminé. On le décèle encore toutefois dans un banc de calcaire erinoïdique localisé à quelque 60 mètres au toit du laccolith.

2°) *Un métamorphisme hydrothermal* engendré par les émanations volatiles résultant de la consolidation du quartzophyre. Il se traduit par une minéralisation sulfurée (pyrite et mispickel) atteignant une zone beaucoup plus étendue. Les schistes et le banc calcaire sont mouchetés de cristaux de pyrite jusqu'à des distances de 200 à 300 m. du centre magmatique.

II. — LE SITE GÉOLOGIQUE DU PIPE DE NAUX

La faille transversale de Naux (voir carte, Pl. II), sépare l'aire cartographiée en deux régions : la région occidentale et la région orientale.

1. — *La région occidentale.*

La région occidentale est constituée de Devillien au Nord-Ouest, recouvert en discordance par le Dévonien au Sud-Est. Le contact discordant s'observe particulièrement bien à la Roche aux Corpias, sur la rive droite de la Semois où le conglomérat de base du Dévonien atteint 40 mètres d'épaisseur. Là, le Dévonien repose sur le flanc

Sud de l'anticlinal de Deville-Fay-Phade qui s'ennoie vers l'Est. La terminaison périelinale du pli, soulignée par l'épaisse assise des quartzites des Quatre-Fils Aymon, s'observe nettement dans le paysage. L'anticlinal de Fay-Phade est interrompu au Nord par une faille longitudinale de chevauchement : c'est la Faille de la Carbonnière vue pour la première fois, en 1932, par M. Waterlot dans la vallée mosane (1).

Avec M. Waterlot, nous appellerons : « *Massif de la Carbonnière* » le massif situé au-dessus de la Faille de la Carbonnière et plissé en anticlinal, et « *Massif de Laval-Dieu* » le massif situé sous la faille de chevauchement et plissé en synclinal (le Synclinal du Ravin de Mairupt).

Le flanc Sud du Synclinal du Ravin de Mairupt est déversé vers le Nord avec des pendages de 50 à 55°. Une fois encore, l'alignement du flanc Sud du synclinal se suit aisément grâce à l'assise des quartzites des Quatre-Fils-Aymon : il est absolument continu depuis Monthermé jusqu'à la Faille de Naux en passant par le Roc-la-Tour. A proximité de la Faille de Naux, cependant, on observe une virgation des couches, qui tendent à prendre la direction du plan de faille.

Le passage de la Faille de la Carbonnière peut être précisé dans la vallée de la Gire grâce à une zone de brèche large d'une vingtaine de mètres séparant les quartzophyllades verts (Devillien du Massif de la Carbonnière), des Schistes de Levrezy et du conglomérat de base dévonien (recouvrant ici en discordance le Massif de Laval-Dieu). *La Faille de la Carbonnière affecte donc la couverture dévonienne en cet endroit.*

D'autre part, le Dévonien formant la couverture du Massif de la Carbonnière débute par un conglomérat de base que l'on suit sans interruption depuis la Roche aux Corpias jusqu'aux entablements qui couronnent la rive droite de la Gire et de son affluent.

(1) G. WATERLOT. — *Op. cit.*, p. 32.

Les couches dévoniennes, dirigées N. 35° Est avec des pendages de 14° à 20° au Sud-Est, s'infléchissent à 200 mètres environ de la Faille de Naux pour prendre une direction N. 65° Ouest avec des pendages de 15° à 19° vers le Sud-Ouest suivant l'orientation générale de la faille.

Dans son cours inférieur, la Gire a ouvert une fenêtre d'érosion amenant à l'affleurement le Cambrien du Massif de la Carbonnière. Là encore, on constate une virgation des couches imposée par la Faille de Naux. A partir de la Faille de Naux et vers le Sud, on peut établir la succession :

- Phyllades gris-verdâtre (Assise de transition Devillien-Revinien) Rv 1 a
- Couche d'ardoise noire (Veine des Peureux) Rv 1 b
- Alternance de quartzite et de phyllades noirs (base du mur de la Folie) Rv 2 a

C'est la succession normale appartenant au flanc Sud de l'anticlinal de Fay-Phade.

2. — *La région orientale.*

La partie Nord de la région orientale est constituée de roches appartenant au Revinien supérieur. La coupe du cours supérieur de la Gire permet d'établir du Nord au Sud la succession suivante :

- Gros bancs de quartzite grossier avec quelques niveaux de phyllades psammitiques à chloritoïde Rv 3 b
- Phyllades grossiers micacés à chloritoïde Rv 3 a

Compte tenu des pendages, cette succession est renversée et appartient au flanc Sud du Synclinal du Ravin de Mairupt.

Vers l'Ouest, les couches du Revinien supérieur viennent buter sur la Faille de Naux, en face des assises devilliennes du Massif de Laval-Dieu. Si l'on poursuit

la coupe de la Gire vers le Sud on arrive bientôt à une zone de brèche à éléments devilliens, puis dans des couches faites d'une alternance de quartzites et de phyllades gris-vert appartenant à l'assise de transition Rv 1 a.

Le contact anormal Rv 1 a sur Rv 3 a et la *brèche tectonique* soulignent le passage d'une faille longitudinale : c'est la Faille de la Carbonnière séparant le Massif de Laval-Dieu, au Nord, du Massif de la Carbonnière, au Sud.

Le Massif de la Carbonnière est presque entièrement constitué par l'assise de transition qu'on observe sur la rive droite du ruisseau de Nantanru et dans la vallée de la Semois.

Dans le ravin de la Gire et à proximité de la Faille de Naux, les couches se relevant vers la faille s'infléchissent. Là encore, on peut observer la succession normale :

— Schistes gris-vert	Rv 1 a
— Ardoise des Peureux	Rv 1 b
— Alternance quartzite-phyllades noirs	Rv 2 a

Sur les collines, le Cambrien disparaît sous la couverture dévonienne. Les couches gedinniennes dirigées Nord 35 à 40° Est inclinent vers le Sud-Est de 10° à 15°. Vers le Nord, les pendages atteignent 35° et contre la Faille de Naux on note encore des inflexions amenant les couches parallèlement au plan de faille.

3. — *La Faille de la Carbonnière.*

Lorsqu'on suit la Faille de la Carbonnière vers l'Est, dans la région orientale, on la voit d'abord séparer le Revinien supérieur du Massif de Laval-Dieu du Revinien inférieur de l'Anticlinal de Fay-Phade. Mais, sur la rive gauche du ruisseau de Nantanru, la faille affecte les formations dévoniennes. A partir de l'entrée du ravin et sur 200 mètres en direction des couches, on voit le

conglomérat dévonien reposer anormalement sur le banc de calcaire erinoïdique dont la position stratigraphique normale est à 60 m. environ au-dessus du conglomérat. Le banc calcaire appartient à une bande de Gedinnien située au Nord de la Faille de la Carbonnière et représentant la couverture du Massif de Laval-Dieu. La Faille de la Carbonnière est nettement post-gedinnienne. On peut préciser son allure. Son tracé épouse la forme du relief indiquant des pentes très douces vers le Sud.

4. — *La Faille de Naux.*

La Faille transversale de Naux, dont le tracé est précisé sur la carte, est un accident important qui a modifié l'allure des couches à son contact. Dans quel sens a-t-elle joué ?

On peut mettre en évidence un mouvement vertical qui a affaissé la lèvre orientale, accentuant ainsi l'ennoyage des plis. Le rejet vertical est de 50 mètres environ. On peut l'évaluer sur la coupe de la Semois (fig. 1) et sur la coupe de la Gire (fig. 2). On peut encore apprécier le rejet en comparant les altitudes du conglomérat de part et d'autre de la faille, là où elle est parallèle à l'affluent de la Gire : à l'Est le conglomérat affleure à une altitude de 220 mètres tandis qu'à l'Ouest on le trouve au niveau de 275 mètres.

En réalité le jeu de la Faille de Naux est plus complexe et témoigne d'un véritable chevauchement transversal sous l'effet d'une poussée dirigée vers le Nord-Est. Pour s'en rendre compte, on peut faire une coupe perpendiculaire au ruisseau de la Gire (Pl. II) à 300 m. de son embouchure. On y voit les couches reviniennes du compartiment Sud-Ouest se relever à 60° de pente au contact de la faille et chevaucher les couches du compartiment Nord-Est.

Un peu plus au Nord, Jules Gosselet (1) a observé

(1) J. GOSSELET. — « L'Ardenne », p. 210 (1888).

sur la rive gauche de l'affluent de la Gire, l'Arkose d'Haybes reposant sur les Schistes de Levrezy en position renversée.

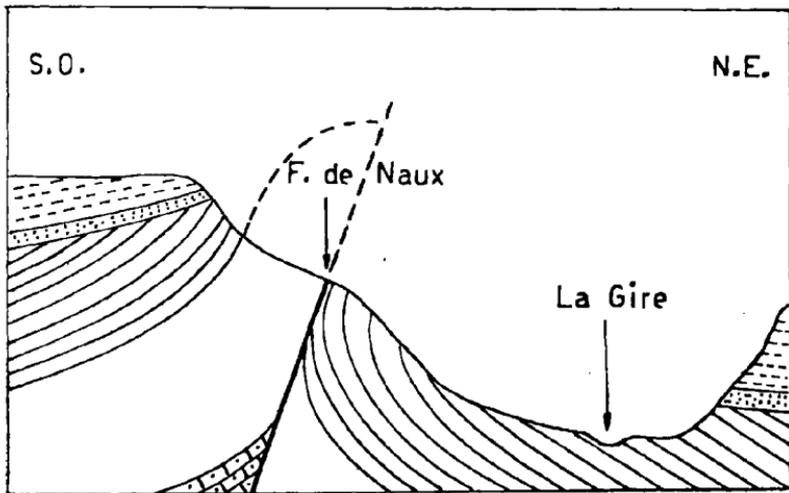
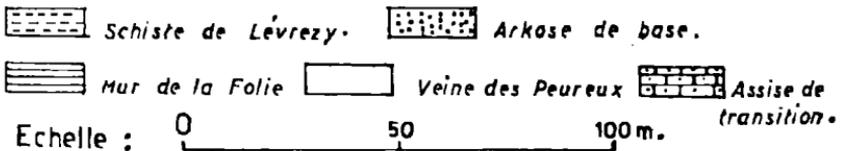


Fig.3...Coupe de la rive droite de la Gire .



La Faille de Naux s'est donc déclenchée dans l'axe d'un anticlinal transversal sous l'effet d'une poussée dirigée vers le Nord-Est. Cette poussée s'est encore manifestée en développant une schistosité transversale dans les formations dévoniennes du compartiment effondré. Des roches aussi compactes que les calcaires et les grès de base sont schistifiées dans leur masse. La schistosité est dirigée comme la faille et l'inclinaison est de 45° vers le Sud-Ouest.

III. — CONCLUSIONS.

La région de Naux permet d'observer les effets de phénomènes importants d'ordre tectonique et magmatique. Toute la structure de la contrée est dominée par trois faits principaux :

- 1° L'ennoyage des plis vers l'Est.
- 2° La Faille de la Carbonnière (longitudinale).
- 3° La Faille de Naux (transversale).

Les deux failles sont post-gedinniennes et la Faille de la Carbonnière est plus ancienne que la Faille de Naux puisqu'elle est affectée par cette dernière. C'est par suite du jeu vertical de la Faille de Naux que la trace de la Faille de la Carbonnière est rejetée au Nord dans la région orientale où elle vient en contact avec le Revinien supérieur du Massif de Laval-Dieu.

Alors que la Faille de la Carbonnière résulte d'une poussée dirigée vers le Nord-Ouest, la Faille de Naux témoigne d'une poussée ultérieure dirigée vers le Nord-Est.

Dans cette chronologie, où faut-il placer la consolidation du pipe de Naux ?

Injectant et métamorphisant les couches du Gedinnien, l'intrusion magmatique de Naux est post-gedinnienne.

D'autre part, la coupe de la Semois révèle que l'un des dykes issus du pipe est coupé par la Faille de Naux : l'intrusion est donc antérieure à la faille transversale.

Enfin, on peut observer que le métamorphisme hydrothermal accompagnant la mise en place de l'intrusion affecte uniquement le Massif de la Carbonnière et nulle part le Massif de Laval-Dieu. Nous en concluons que la consolidation du pipe est antérieure à la Faille de la Carbonnière.

La succession de ces phénomènes est comparable à celle que l'on peut établir dans l'ensemble du Cambrien

du Massif de Rocroi, aussi bien en ce qui concerne la tectonique que les activités magmatiques. La présence de la couverture dévonienne à Naux a permis de montrer que ces manifestations sont *post-gedinniennes*.

EXPLICATION DE LA PLANCHE II

Carte géologique des environs de Naux

Séance du 5 février 1958

Présidence de M. le Ch. **DEPAPE**, Président sortant
puis de M. R. **LEROUX**, nouveau Président.

Avant de quitter la présidence de la Société, Monsieur le Ch. **G. Depape** prononce l'allocution suivante :

« Avant de passer au premier point de l'ordre du jour — la transmission des pouvoirs de la présidence — laissez-moi d'abord, mes chers Collègues, vous remercier tous de la confiance que vous m'avez témoignée, de la collaboration que vous m'avez apportée, au cours de l'année qui se termine. Ces remerciements, je tiens à les adresser particulièrement aux membres du Bureau et du Conseil de la Société, dont le concours dévoué m'a été si précieux ; vous me permettrez de souligner tout spécialement le concours de notre Secrétaire M. Celet, qui, pour chaque séance, prépare avec soin le dossier des questions et travaux à mettre à l'ordre du jour.

« Et maintenant je me tourne vers vous, cher M. Leroux, président élu pour 1958. Permettez-moi de vous dire que nous avons vivement regretté qu'un fâcheux accroc de santé vous ait empêché d'assister à notre séance de janvier. C'est à l'unanimité qu'alors vos collègues vous ont donné leurs suffrages. Nous sommes heureux de vous voir aujourd'hui parmi nous, bien rétabli et en pleine forme ; laissez-moi vous exprimer au

nom de mes collègues et en mon nom personnel, nos cordiales félicitations, nos vœux les plus sincères, vous dire notre entière confiance et vous assurer de nos sentiments confraternellement dévoués. Suivant la coutume, je vous invite à assumer immédiatement vos fonctions, Monsieur le Président, pour la suite de l'ordre du jour de notre réunion de ce soir. »

M. **R. Leroux**, en prenant possession de ses fonctions présidentielles, prononce le discours suivant :

Mes Chers Confrères,

Lors de mon admission à la Société Géologique du Nord, le 15 mars 1950, sous le parrainage de MM. Joly et Waterlot, je ne soupçonnais pas que je serais appelé, par vos suffrages unanimes, à prendre place dans ce fauteuil rendu vénérable à la fois par les ans et par les éminentes personnalités qui l'ont occupé.

Etre admis, avec le seul titre de géologue amateur, au sein de votre savante compagnie dont j'ai pu mesurer l'esprit cordial et amical, était déjà un grand honneur. Je n'avais et je n'ai encore d'autre ambition que de conserver avec la Science géologique que j'aime tant un contact durable et efficient.

Aussi, grande a été ma confusion lorsque je fus sollicité, à la fin de l'année 1956, pour siéger l'année suivante à votre bureau comme Vice-Président, ce avec la redoutable perspective d'assumer, en cette année 1958, les responsabilités présidentielles.

Je remercie le Comité de l'époque de son affectueuse insistance et j'adresse également mes remerciements aux membres de la Société qui, par leurs suffrages renouvelés, m'ont accordé leur confiance.

L'honneur qui m'est fait, fruit de l'amitié et de la confiance, je ne le dois ni à ma préparation théorique, ni à mes antécédents, ni à mes travaux, ni à mon ancien-

neté. Peut-être se justifie-t-il par une assiduité qui est la preuve simultanée de l'intérêt que présentent vos travaux et de ma fidélité à la Science géologique.

Or, qui dit fidélité dit foi, attachement, amour.

Ma profession de distributeur d'eau me conduit à pratiquer l'hydrogéologie qui n'est, en quelque sorte, qu'un chapitre de la géologie appliquée faisant intervenir cet élément fluide du sol qu'est l'eau.

L'hydrogéologie met en œuvre les méthodes de la géologie générale et ses problèmes ne sont résolus que par la connaissance de la constitution géologique de la zone prospectée. De là la foi dans la science géologique et dans ses conclusions.

Entraînés que nous sommes dans le tourbillon de la vie moderne, il est besoin d'un dérivatif pour meubler le peu de temps que nous pouvons consacrer à la méditation et à la réflexion. La géologie n'est-elle pas une source de pensées réconfortantes, d'évasion des préoccupations de la vie justifiant l'attachement qu'elle mérite.

Enfin, l'amour de la géologie a en moi des racines profondes. Je le dois notamment au regretté Paul Houllier, Ingénieur des Ponts et Chaussées à Abbeville, géologue et hydrogéologue distingué, qui a été mon initiateur pendant mes jeunes années. Passionné de ces sciences dont il a tiré tant de joies profondes et auxquelles il a apporté localement tant d'utile attention, il a éveillé en moi un enthousiasme durable.

C'est pour moi un pieux devoir que de témoigner à mon Parrain spirituel, cette épithète étant ici particulièrement appropriée, mon affectueuse et inaltérable reconnaissance.

Je dois également beaucoup à mon regretté Maître Louis de Launay qui, à l'École Nationale des Ponts et Chaussées, prolongeait son cours de géologie appliquée à l'art de l'Ingénieur par de savantes et profitables conférences.

Je n'aurai garde d'oublier que grâce à notre éminent confrère Monsieur Edmond Leroux, j'ai pu lors d'un stage sur le chantier du souterrain de l'Ave Maria à Outreau, prendre un contact réel avec la géologie appliquée et connaître les caprices des venues d'eau, abondantes si elles sont indésirables, rares si on les recherche.

Modeste Ingénieur, c'est avec un mince palmarès que je me présente à vous. A défaut de titres, je vous apporte ma bonne volonté et mon désir de me rendre digne de votre confiance.

Je compte sur votre indulgence et sur votre cordiale sympathie lors des débats et discussions que mon inexpérience ne me permettra pas de conduire avec la maîtrise de mes prédécesseurs.

Je m'en excuse à l'avance auprès de notre Cher Directeur, Monsieur Pierre Pruvost, qui m'a jadis honoré de ses conseils et à qui j'adresse un déférent salut.

Je salue respectueusement Monseigneur Delépine, toujours si attaché à notre Société qui apprécie le prix de son amitié.

Je me tourne maintenant vers mon prédécesseur que je remercie en votre nom à tous, mes Chers Confrères, pour la sagesse, le calme et la sénérité de son mandat, fruits d'une vie de méditation, d'étude et de prière. Monsieur le Chanoine, la qualité et la dignité de votre présidence resteront gravées en nos mémoires. J'ose compter sur votre expérience pour m'aider à accomplir ma tâche, ainsi que sur les conseils de mes parrains et amis MM. Waterlot et Joly, à qui je crains de faire regretter mon admission, de Monsieur Duparque, qui m'honore de son amitié, de Monsieur Bouroz dont l'activité nous est si précieuse.

J'adresse mes félicitations à Monsieur Charles Delatre qui accède à la Vice-Présidence et en qui j'aurai un conseiller technique avisé.

Connaissant leur dévouement et leur activité, je re-

mercie à l'avance les membres du Bureau de la collaboration qu'ils ne manqueront pas de m'accorder :

Monsieur Celot, qui assume avec compétence la lourde charge de secrétaire ;

Monsieur Puibaraud, trésorier, qui tient avec une particulière rigueur les comptes de la Société ;

Monsieur Corsin, délégué aux publications, rôle demandant de la compétence et de la méthode ;

Madame Defretin, bibliothécaire, qui classe les publications avec ordre et minutie ;

Monsieur Chalard, notre nouveau libraire, à qui je souhaite la bienvenue comme membre du Bureau ;

Monsieur Polvêche, secrétaire adjoint chargé des échanges, ce qui prolonge ses anciennes fonctions de secrétaire.

Avec une telle équipe, homogène et cohérente, avec l'aide des auteurs de mémoires et de travaux, que j'espère nombreux, je m'efforcerai de réaliser ce simple programme : servir et maintenir.

Est élu membre du Conseil :

M. le Ch. **G. Depape**, Président sortant, en remplacement de M. **A. Bonte**, dont le mandat est expiré.

M. **G. Puibaraud**, Trésorier, présente le compte rendu financier pour l'année 1957. Le président le remercie et le félicite pour son dévouement dans la gestion des fonds de la Société.

M. **R. Leroux**, Président, fait part aux membres de la Société des distinctions honorifiques décernées par la Société des Sciences de Lille et félicite les lauréats :

Le *Prix Paul Bertrand* a été décerné à M. **J. Danzé**, Assistant au Musée Houiller de la Faculté des Sciences de Lille ;

Le *Prix Gosselet* a été attribué à M. **J. Polvêche**, Chef de Travaux Pratiques de Géologie à la Faculté des Sciences de Lille ;

Enfin, Mme **Morand** et M. **Godfriaux**, tous deux Attachés de Recherches au C.N.R.S., ont reçu la *Médaille Gosselet*.

M. **G. Waterlot** présente une communication intitulée: « Abaissement du niveau des nappes aquifères du Nord de la France depuis le début du siècle », par E. Leroux, J. Ricour et G. Waterlot (*).

M. A. Bouroz fait la communication suivante :

*Sur l'extension verticale de **Leaia tricarinata***

Meek et Worthen, forme *minima* Pruvost,

dans le **houiller du Nord de la France**

par **A. Bouroz**.

Le genre *Leaia* a été signalé pour la première fois dans le bassin houiller franco-belge par A. Renier en 1906 (1). G. Schmitz et X. Stainier le mentionnèrent à leur tour en 1911 (2 - 3) et déjà les niveaux trouvés s'échelonnaient dans presque tout le Westphalien A et une partie du Westphalien B. C'est en 1914 que Monsieur le Professeur P. Pruvost signala pour la première fois (4), la découverte d'échantillons de *Leaia* dans le bassin houiller du Nord de la France : sur l'initiative de C. Barrois, les ingénieurs des Mines d'Aniche en firent la recherche dans leur gisement et les découvrirent en 1913, au toit de la veine Nord 4 du siège Déjardin, dans l'assise de Vicoigne.

Puis, Monsieur le Professeur Pruvost reprit la définition de la variété qu'il avait créée en 1914, dans son ouvrage sur la Faune continentale du terrain houiller du Nord de la France (5).

(*) Le texte de la communication ne nous ayant pas été remis lors de la séance, cette note paraîtra à une date ultérieure.

Au cours des vingt-cinq années qui suivirent, sous l'impulsion de l'Ecole Géologique Lilloise, les *Leaïa* furent recherchées avec des fortunes diverses par les compagnies minières du Nord et du Pas-de-Calais, et c'est ainsi que fut finalement reconnu un niveau à *Leaïa tricarinata* forme *minima* Pruvost, situé à 70 ou 100 mètres au mur du niveau marin de Poissonnière, suivant qu'on se trouvait dans les synclinaux Nord ou Sud du bassin.

Dans les bassins belges, X. Stainier en 1922 (6) signale des *Leaïa* dans l'assise de Chatelet, en Campine (sondage n° 86 de Wyvenheide). En 1935, il signale (7), toujours en Campine, un niveau qui paraît l'équivalent du précédent dans le sondage n° 76 d'Eysden.

C'est à partir de 1945 que les découvertes se multiplièrent en Belgique. Monsieur A. Delmer (8 - 9 - 10) découvrit des *Leaïa tricarinata minima* à divers niveaux stratigraphiques et en particulier en plusieurs points, dans le niveau de Wyshagen, en Campine, niveau situé vers la partie supérieure du Westphalien B₁ (un gîte de ce niveau avait été signalé par X. Stainier dès 1911 (2) dans le sondage n° 81 d'Eysden, concession de Limbourg-Meuse).

D'autres niveaux furent signalés dans les années qui suivirent : dans le houiller de Seraing (11), un double niveau, dans la veine Petit Joli Chêne et sa passée au mur, au sommet de l'assise de Chatelet, au mur du niveau de Stenaye, équivalent de notre niveau marin de la Passée de Laure ; puis des gîtes inédits du niveau de Wyshagen (12 - 13), en Campine et trois niveaux (14) au toit des veines Wérisseau, Paume et Loxhay du bassin de Liège, dont la position stratigraphique par rapport au niveau de Quaregnon fut précisée peu après (15) (soit à 25 mètres au toit et à 10 et 90 mètres au mur de Quaregnon). Enfin, un autre niveau (16) au toit de la couche Castagnette du bassin de Liège, qui se trouve immédiatement au-dessus du niveau de Stenaye.

Dans le bassin du Nord de la France, en 1947, Monsieur A. Dalinval signale (17) un deuxième niveau à *Leaia*, dans le gisement de la fosse I de l'Escarpelle, niveau situé à 20 mètres sous celui qui était déjà connu. Il a, depuis, retrouvé ce deuxième niveau au siège Bonnel d'Aniche : à ce niveau supplémentaire il faut ajouter un gîte isolé, inédit, trouvé par Monsieur J. Chalard en 1949, dans la moitié inférieure de l'assise de Vicoigne, au siège d'Audiffret-Pasquier du Groupe de Valenciennes, à 100 mètres au toit de la Passée de Laure.

Depuis, trois découvertes récentes ont permis d'augmenter le nombre des niveaux et l'épaisseur de la série stratigraphique contenant les *Leaia tricarinata* dans notre bassin :

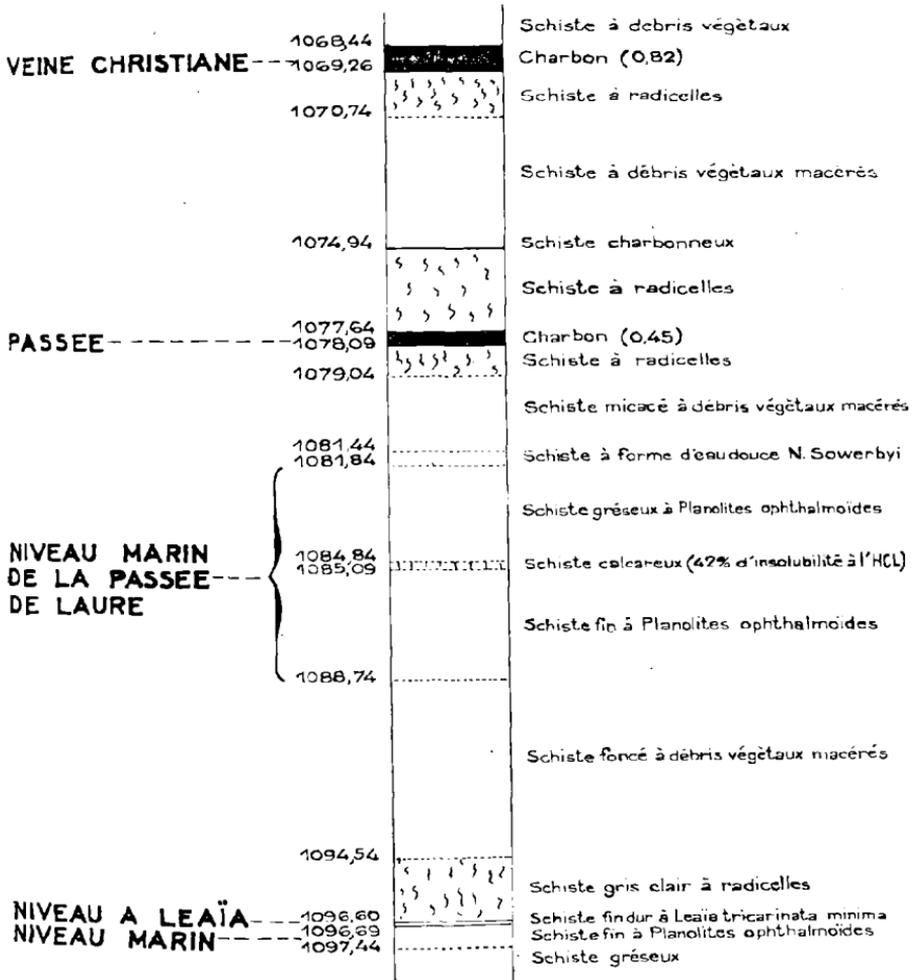
Groupe de Lens. — Un sondage exécuté par le service géologique des Houillères, pour le compte du Groupe de Lens-Liévin, dans le carreau du siège 12 de Lens, a permis à Monsieur M. Buisine (18), qui en a fait le débitage des carottes et l'étude géologique, de reconnaître en 1956 trois niveaux à *Leaia* dans l'assise de Vicoigne du gisement Sud de Lens.

Dans ce sondage, le niveau marin de Poissonnière a été recoupé à la cote — 721. Il n'était pas fossilifère, mais a été identifié par Monsieur P. Dollé grâce à sa méthode d'étude des bancs de grès. Les trois niveaux à *Leaia* se situent sous Poissonnière, respectivement aux cotes — 757, — 840 et — 862 ; la présence d'une petite faille dans le sondage, immédiatement sous Poissonnière, ne permet pas, malgré les faibles pentes rencontrées, d'être certain des distances séparant les niveaux à *Leaia* de Poissonnière. Elles ne peuvent être considérées que comme des *minima*. L'épaisseur totale de l'assise de Vicoigne dans cette région devant être de l'ordre de 250 mètres au moins, il semble que ces trois niveaux à *Leaia* doivent se trouver encore dans le faisceau de Modeste et les deux derniers représenter vraisemblablement le niveau double de l'Escarpelle.

Sondage de MAZINGARBE 1

Coordonnées Lambert Nord Zone 1 X : 625565
 Y : 308563
 Z : +36,76

Echelle: 1/250



Nota: Les pentes sont en moyenne de 5°

Fig . 1

Groupe de Béthune. — Le service géologique des Houillères procède actuellement à la reconnaissance d'un gisement profond dans la région centrale de la concession de Grenay (Groupe de Béthune) au moyen d'une campagne de sondages exécutés par une entreprise. Ces sondages sont suivis et étudiés par Monsieur F. Legrand, géologue au service.

La coupe de la figure I représente une petite fraction de la série recoupée par le sondage de Mazingarbe I creusé en 1957.

On voit qu'un niveau à *Leaia* se situe à 8 mètres environ sous le niveau marin de la Passée de Laure, entre les cotes — 1096,60 et — 1096,69, à la base d'un sol de végétation et immédiatement au-dessus d'un niveau à *Pl. ophthalmoides*. Il se trouve donc entre les deux niveaux marins les plus élevés de la série à prédominance marine constituant le Namurien et la base de l'assise de Vicoigne (l'équivalent de la veine St-Georges a été recoupé à — 1126,33 et la tête du calcaire carbonifère à — 1150,94).

C'est le niveau à *Leaia tricarinata minima* situé stratigraphiquement le plus bas, qui ait été trouvé jusqu'ici dans le bassin du Nord - Pas-de-Calais.

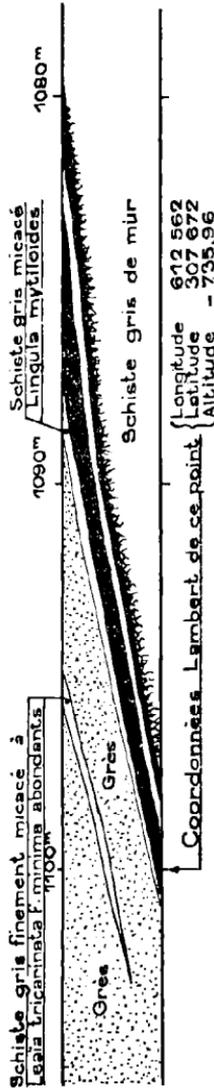
Groupe de Bruay. — En septembre 1957, en procédant à l'étude des parois de la bowette S.O. à l'étage 794 du siège 5 de la concession de Bruay, Monsieur Dussart, géomètre géologue du groupe, a trouvé un niveau à *Leaia tricarinata minima* dans une lentille très mince de schiste, intercalée à la base du banc de grès surmontant le niveau marin de Poissonnière (voir fig. 2).

En ce point, le niveau marin comporte 10 à 30 cm. de schiste foncé à *L. mytiloides* au-dessus du charbon. Le schiste à *Leaia* se situe dans le grès à environ un mètre au-dessus du schiste à lingules. En plus des *Leaia*, il contient de rares échantillons d'*Estheria* assez mal conservés qu'on pourrait rapporter à *E. cf. Dawsoni*.

Siège N°5 de BRUAY

Bowette Sud Ouest à 797

Echelle: 1/200



POISSONNIERE



M.V	C	C.F	MV/sp.
28,4	3,9	67,7	29,5

Cendres violettes.

M.V	C	C.F	MV/sp.
20,7	2,7	76,6	21,2

Fig. 2

C'est, à ce jour, le niveau stratigraphiquement le plus élevé qu'on ait trouvé dans le bassin houiller du Nord de la France.

Valeur stratigraphique de Leäia tricarinata f. minima.

Devant le nombre de niveaux où il est possible de trouver les *Leäia*, il n'est plus permis de considérer l'un d'entre eux comme niveau repère. Il est certain que celui qui se trouve à 70 mètres au mur de Poissonnière dans le comble Nord est le plus fréquent dans son gisement ; il en est de même pour celui qui se trouve à 100 mètres au mur de Poissonnière dans la partie du bassin située au toit de la faille Pruvost. Il y a de fortes présomptions pour que ces deux niveaux soient les mêmes, mais il n'est plus permis de l'affirmer avec certitude depuis qu'ils peuvent se doubler d'un niveau voisin.

Les niveaux à *Leäia* ne sont donc plus que des niveaux de faciès à utiliser prudemment dans le contexte d'une série stratigraphique. Provisoirement, on peut les considérer dans notre bassin comme indiquant le Westphalien A, mais il est probable que, comme dans les bassins belges, on trouvera un jour des niveaux se situant nettement plus haut (voir fig. 3).

En ce qui concerne la forme *minima* Pruvost, son auteur la définit comme n'ayant jamais plus de 4 mm. de longueur (voir (4) p. 268 et (5) p. 68). Le niveau surmontant Poissonnière à Bruay montre d'excellents échantillons de taille plus grande : 5,25 mm., dans un schiste non déformé(*). Il est vraisemblable que c'est l'indication d'une amorce d'augmentation de taille de l'espèce qui atteint 7 mm. dans les échantillons du Westphalien C. Il semble donc bien qu'il ne faille attacher

(*) Dans la séance du 6 Avril 1927 de la S. G. N., M. Solasse, Ingénieur en chef des Mines d'Ostricourt, a présenté un échantillon de *Leäia tricarinata* ayant 6 mm. de longueur et provenant du niveau à *Leäia* classique, au mur du niveau marin de Poissonnière du siège n° 5 d'Ostricourt. Il ne nous a pas été possible de retrouver cet échantillon. (*Ann. Soc. Géol. Nord*, T. LII, 1927, p. 151).

Extension verticale de *Leaia* *Tricarinata* M. et W. forme minima PRUVOST

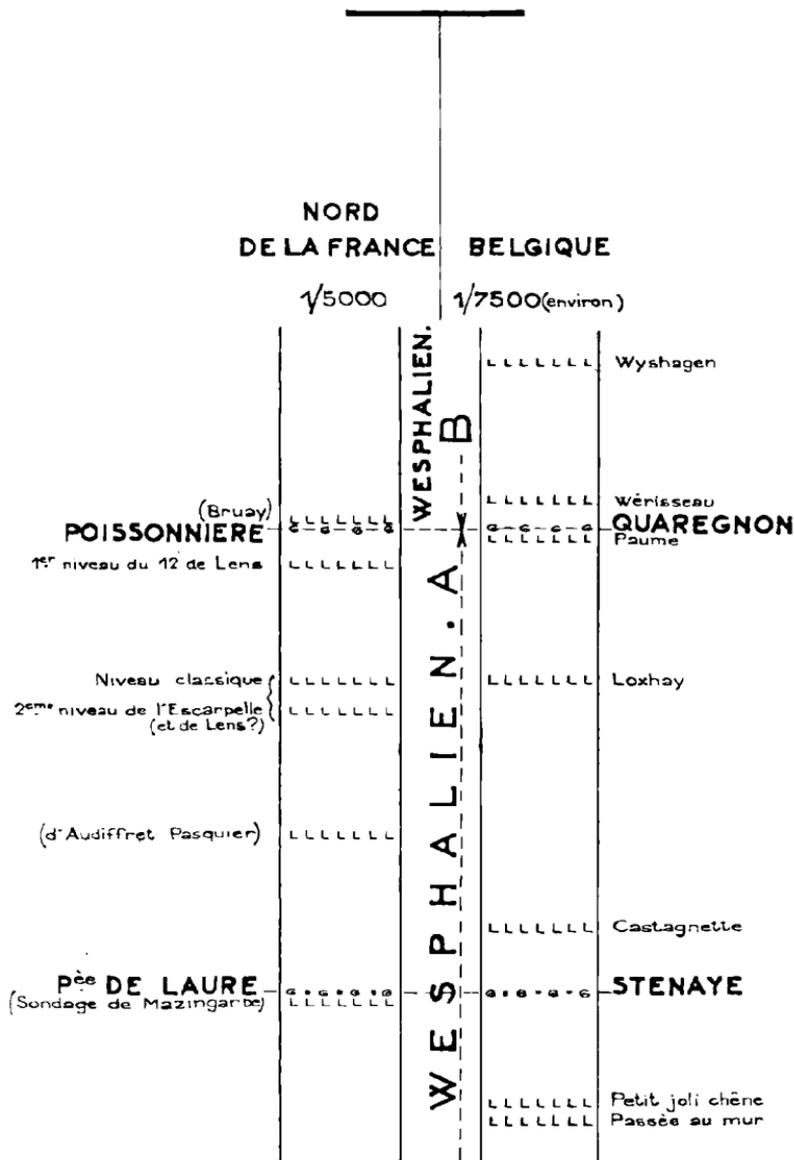


Fig . 3

à la *Leaia tricarinata minima* Pruvost que la valeur de variété de l'espèce *Leaia tricarinata* M. et W, ainsi que l'a indiqué son auteur.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) A. RENIER. — Découverte de *Leaia Leidyi* Jones dans le terrain houiller de Liège. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, T. XXXIV, p. B58 et T. XXXVII, p. B161, 1906.
- (2) G. SCHMITZ et X. STAINIER. — Le bassin houiller du Nord de la Belgique. *Ann. Mines Belgique*, T. XVI, p. 226, 1911.
- (3) X. STAINIER. — Le genre *Leaia* en Belgique. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, T. XXXIX, p. B80, 1912.
- (4) P. PRUVOST. — Découverte de *Leaia* dans le terrain houiller du Nord et du P.-de-C. - Observation sur le genre *Leaia* et ses différentes espèces. *Ann. Soc. Géol. Nord*, T. XLIII, p. 254, 1914.
- (5) P. PRUVOST. — La faune continentale du terrain houiller du Nord de la France. *Mémoire carte géol. dét. France*, 1919.
- (6) X. STAINIER. — Le sondage n° 86 de Wyvenheide en Campine. *Ann. des Mines de Belgique*, T. XXIII, p. 421 et 429, 1922.
- (7) X. STAINIER. — Matériaux pour la faune du Houiller de Belgique. *Bull. Soc. Belge de Géol. Pal. Hydr.*, T. XLV, p. 22, 1935.
- (8) A. DELMER. — Un niveau à *Leaia* dans le Westphalien B de la Campine orientale. *Bull. Soc. Belge Géol. Pal. Hydr.*, T. LIV, p. 103-108, 1945.
- (9) A. DELMER. — Le Westphalien inférieur en Campine occidentale. *Bull. Soc. Belge Géol. Pal. Hydr.*, T. LVII, p. 593, 1948.
- (10) A. DELMER. — Coupe en Houiller du sondage n° 118 de Bourg Léopold (Camp.). *Bull. Soc. Belge Géol. Pal. Hydr.*, T. LIX, p. 270 et 272, 1951.
- (11) Ch. ANCIEN. — Le niveau à *Leaia tricarinata* du toit de la couche « Petit Joli Chêne » dans le bassin houiller de Seraing. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, T. LXIX, 1946.
- (12) W. VAN LECKWIJCK. — Etude du gisement houiller de la Campine. Contribution à l'étude stratigraphique et paléontologique du Westphalien B inférieur : la zone d'Asch. *Assoc. pour l'ét. de la Pal. et de la Strat. houillères*, Publ. n° 4, p. 9 et 170, 1949.
- (13) W. VAN LECKWIJCK. — Sur la sédimentation dans le terrain houiller de la Campine belge à l'époque du Westphalien B inférieur (zone d'Asch). *Bull. Soc. Géol. Belgique*, T. LXXII, p. B 441, 1949.

- (14) H. CHAUDOIR. — Etude géologique du Bassin houiller de Liège. La concession Espérance Violette et Wandre. *Ass. pour l'étude de la Paléontologie et de la Stratigraphie houillères*, Publ. n° 15, p. 121, 1952.
- (15) L. LAMBRECHT. — Découverte de l'Horizon de Quaregnon au siège de Cheratte des Charbonnages du Hazard. *Bull. Soc. Géol. Belgique*, T. LXXX, p. 418, 1957.
- (16) A. LOHEST. — Découverte de l'Horizon de Quaregnon au siège Bellevue des Charbonnages du Hazard. *Bull. Soc. Géol. Belgique*, T. LXXXI, p. III, 1957.
- (17) A. DALINVAL. — Découverte d'*Anthrapalaemon* et d'un second horizon à *Leaia* dans le terrain houiller du Nord. *Ann. Soc. Géol. Nord*, T. LXVII, p. 30, 1947.
- (18) R. PETIT et M. BUISINE. — Distribution des indices de M.V. dans les veines du groupe de Lens-Liévin. *Ann. Soc. Géol. Nord*, T. LXXVII, p. 98, 1957.

Séance du 5 Mars 1958

Présidence de M. R. LEROUX, Président.

MM. A. Bonte et I. Godfriaux font la communication suivante :

**Les formations de passage du Jurassique au Crétacé
dans le Boulonnais
par Antoine Bonte et Ivan Godfriaux.**

(Pl. III)

RÉSUMÉ. — Dans l'aire d'affleurement du Portlandien supérieur, les sables blancs et les argiles gris-clair ou bariolées du Wealdien reposent sur des sables argileux roux légèrement glauconieux qui représentent le résidu de décalcification de grès calcareux. Ils sont surmontés d'autres sables peu glauconieux qui marquent le début de la transgression crétacée. La similitude de ces deux sables glauconieux conduit à discuter la signification des Sables de St-Etienne-au-Mont.

A l'occasion de levés effectués dans le Boulonnais pour l'établissement des nouvelles cartes géologiques au 50.000^e, les difficultés éprouvées dans la compréhension du Wealdien du Bas-Boulonnais nous ont amenés à étudier la ceinture crétacée et à revoir la question, si controversée

autrefois, des formations situées à la limite du Jurassique et du Crétacé.

Les premières observations sur le terrain, faites à Wille et à St-Etienne-au-Mont, nous avaient amenés à voir dans les « *Sables de St-Etienne-au-Mont* » un faciès décalcifié du Portlandien supérieur. L'étude bibliographique du problème et l'examen d'échantillons au Laboratoire, complétés par deux nouvelles tournées sur le terrain, nous ont conduits à préciser notre point de vue pour aboutir à l'interprétation qui fait l'objet de cette note.

Après avoir rappelé sommairement les résultats contradictoires des études antérieures, nous décrirons rapidement quelques coupes visibles à l'heure actuelle et nous en donnerons une interprétation d'ensemble.

I. — HISTORIQUE.

La question de la limite entre le Jurassique et le Crétacé et de l'âge des formations de passage a fait l'objet de nombreuses publications qui s'échelonnent de 1839 à 1937.

Les collines du Bas-Boulonnais sont souvent couronnées par des argiles blanches ou bariolées, des sables blancs grossiers ou très fins, des sables et des grès ferrugineux reposant sur divers horizons du Jurassique, mais qui, de toute façon, sont intercalés entre le Jurassique le plus élevé (calcaire à *Anisocardia socialis*) et l'Albien certain. L'âge de ces formations fut toujours discuté par suite de confusions dans l'interprétation stratigraphique des affleurements.

Dès 1839, au cours de la Réunion extraordinaire de la Société Géologique de France à Boulogne-sur-Mer, on assiste aux premières discussions relatives à cette limite. Par la suite, les opinions les plus diverses ont été émises et A.-P. Dutertre a fait, en 1923, dans nos Annales, une mise au point détaillée de la question à laquelle nous renvoyons le lecteur. Cette étude montre les nombreuses divergences qui se sont manifestées parmi les auteurs : elle met surtout en évidence les changements intervenus

dans les opinions émises par chacun d'eux et que nous allons essayer de résumer.

E. Pellat, en 1865, est d'abord convaincu que les formations litigieuses doivent être rapportées au Crétacé inférieur ; puis, en 1874, il estime qu'elles sont saumâtres et synchroniques des couches portlandiennes. En 1899, il mentionne que M. Munier-Chalmas attribue à l'Aquilonien, faciès saumâtre du Portlandien, ce que, avec E. Rigaux et J. Gosselet, il avait considéré comme Wealdien ; et finalement, en 1903, répondant à H. Parent, il attribue le grès ferrugineux de cet auteur à un faciès latéral du Portlandien supérieur.

E. Van den Broeck, en 1880, est d'abord indécis sur l'attribution stratigraphique à donner aux sables et argiles bariolées ; mais, en 1898, après sa prise de position au sujet de l'âge des argiles à Iguanodons de Bernissart, il se doit de considérer le faciès sableux et ferrugineux du Bas-Boulonnais comme du Portlandien supérieur. Signalons que c'est à Van den Broeck que l'on doit la première interprétation correcte des grès ferrugineux (1880).

H. Parent s'intéresse au problème en 1893 et, comparant les faciès du Boulonnais à ceux du pays de Bray, il rattache au Néocomien les formations superposées au Calcaire à *Anisocardia socialis*. Plus tard, il a le grand mérite d'établir une distinction entre les formations lacustres qui couronnent le Jurassique (faciès purbeekien) et les dépôts argilo-sableux continentaux du Wealdien (1903), dont il décrit de nombreuses coupes, actuellement disparues. Il distingue dans son Wealdien deux assises successives, séparées par une surface de ravinement et qui correspondraient à deux régimes différents : continental puis saumâtre.

En 1921, à l'occasion de la révision de la feuille de Boulogne, M. P. Pruvost propose (1921-22, p. 5) de distinguer deux horizons dans les sables compris entre les sables verts albiens à *D. mamillare* (C¹) et les argiles wealdiennes (C₁₁₁) :

au sommet, les *Sables de Wissant* (C₁), « complexe de sables glauconieux, argileux, à stratification entrecroisée, souvent altérés en sables ferrugineux » ;

à la base, les *Sables de St-Etienne-au-Mont* (C₁₁) représentés par « un sable jaune fin, ferrugineux, souvent micacé, avec lits de gravier, ravinant toujours le Wealdien sous-jacent » (voir J. Polvêche, 1957).

Les derniers sables épais de 5 à 10 mètres (1923-24, p. 52), sont aussi qualifiés d'anciens sables glauconieux dans la notice de la feuille de Boulogne.

Par ailleurs, M. P. Pruvost signale la présence de fossiles dans des grès ferrugineux recueillis à St-Etienne-au-Mont dans un puits situé à la cote 107 (1921-22, p. 3). A la même époque, A.-P. Dutertre trouve des grès analogues dans un puits creusé au manoir de Fringhen (1923, p. 56), sensiblement à la même altitude que les précédents. Il procède alors à une étude détaillée de la faune des grès ferrugineux recueillie en différents points du Bas-Bouloonnais.

Considérant ces grès comme des équivalents des sables de St-Etienne-au-Mont, il y voit une faune du Crétacé inférieur, malgré les découvertes de fossiles portlandiens, faites par les anciens géologues qu'il cite (p. 57), dans des grès ferrugineux analogues recueillis autrefois dans les exploitations de minerai de fer.

En 1937 cependant, il manifeste quelque scrupule : son *Hoplité* de 1923 (p. 56) est devenu un fragment d'*Ammonite* indéterminable et il conclut (p. 119) que l'assimilation des Sables de St-Etienne-au-Mont (il s'agit, dans son esprit, des grès ferrugineux fossilifères) à une assise aptienne qui, par remaniement, aurait fourni les fossiles roulés à la base des sables glauconieux albo-aptiens demeure purement hypothétique.

En résumé, les derniers travaux ont montré qu'il existait entre Wealdien et Crétacé inférieur, un ensemble de sables glauconieux plus ou moins cimentés par l'oxyde de fer et surmontés de sables fins micacés. D'après les affleu-

rements de l'époque, comparés aux descriptions de Parent, il a semblé que la colline de St-Etienne-au-Mont — où l'on trouvait dans des grès ferrugineux une faune considérée comme caractéristique — pouvait constituer le type de l'assise, qui a été désignée sous le nom de *Sables de St-Etienne-au-Mont*.

II. — DESCRIPTION DES PRINCIPALES COUPES.

La description détaillée des coupes actuellement visibles a fait l'objet d'un compte rendu au Bulletin du Service de la Carte Géologique (Bonte, Collin, Leroux, Godfriaux 1957). Nous en rappellerons simplement l'essentiel.

1) *Tranchée de la Route de Wimille* (Pl. III, fig. A).

La tranchée de Wimille, observée en 1956 au cours de l'élargissement de la RN n° 1, à 1 km au Sud de Wimille, et présentée la même année aux participants de l'excursion de la Faculté des Sciences de Lille, montre les grès calcaireux du Portlandien supérieur à *Trigonia gibbosa* associés à des sables argileux.

Au niveau de la route, ces grès sont massifs et inaltérés ; mais leur surface est profondément entaillée par des dépressions irrégulières. L'ensemble est noyé dans des sables argileux jaune verdâtre à lits de galets, coupés de lits ondulés d'argile gris verdâtre. Dans les sables, on observe des blocs de toutes tailles de grès calcaireux et glauconieux fossilifères avec galets épars, à surface corrodée comme celle du calcaire massif (Pl. III, fig. D, E).

Au sommet, des argiles grises et violacées wealdiennes sont disposées en larges poches peu accusées mais butant parfois latéralement sur des grès calcaireux non décalcifiés. A l'extrémité des poches d'argile wealdienne, les sables argileux qui les supportent sont cimentés irrégulièrement en grès ferrugineux bruns.

Cette coupe est absolument comparable à celle de la Vallée de Thelliez décrite par Parent (1893, p. 53-54).

2) *Colline de St-Etienne-au-Mont.*

a) Sur le plateau, une ancienne carrière située à la cote 110, à 400 mètres WSW de l'église, montre, sous un limon de lavage renfermant des plaquettes de grès ferrugineux et des paquets d'argile gris-clair, 3 m à 3 m 50 de sable jaune un peu glauconieux avec lits de galets épars.

b) A une dizaine de mètres en contrebas, les Argiles à *Ostrea expansa* du Portlandien moyen sont visibles çà et là dans de petits trous et forment un niveau de sources constant.

c) Immédiatement au Nord de l'église, une ancienne carrière, qui est sans doute la carrière décrite par Parent (1903, p. 42), montre encore du sable blanc exploité dans un petit trou, creusé peut-être dans d'anciens déblais. Un sondage à la tarière nous a permis d'atteindre à 1 m 50 de profondeur par rapport au niveau de la route, des sables jaune ocre qui représentent probablement la couche 4 de Parent. Ces derniers sables se raccorderaient à ceux de la première carrière (a) car l'affleurement (c) se trouve à un niveau nettement plus élevé. On constate donc une superposition des sables et argiles blancs aux sables jaunes glauconieux.

Un autre sondage à la tarière exécuté au sommet de la butte n'a rencontré que des sables blancs.

d) A 200 m à l'E de l'église, un talus accusé semble correspondre à d'anciennes carrières. Sa base est marquée par un niveau de sources au contact des Argiles à *Ostrea expansa*. On trouve en ce point de nombreux blocs de grès ferrugineux fossilifères décalcifiés. C'est au même niveau que M.P. Pruvost (1921-22, p. 3) et A.P. Dutertre (1913, p. 56) ont signalé autrefois des grès ferrugineux à faune marine attribués à l'Aptien (Sables de St-Etienne-au-Mont).

3) *Plateau d'Equihen.*

Deux carrières en exploitation sur le plateau de la Courtille, à 500 m environ à l'E d'Equihen, le long du

chemin N-S qui va de la cote 91,2 à la cote 92,9, montrent actuellement les relations des couches de passage du Jurassique au Crétacé et, en particulier, la superposition des argiles blanches et des sables jaunes, supposés à Saint-Etienne-au-Mont.

a) La carrière Nord (Coord. Lambert I : 546,62 - 331,34) montre principalement des sables jaunâtres parcourus de nombreux filets limoniteux irréguliers (Pl. III, fig. F). Le sable exploité a environ 3 m d'épaisseur et un sondage à la tarière l'a trouvé encore sur 3 m 50. Ces sables sont surmontés d'un limon finement lité avec intercalation d'une masse plus ou moins épaisse de formations remaniées (plaquettes de grès ferrugineux et paquets d'argile grise).

D'anciens trous situés au voisinage recourent les mêmes sables recouverts d'argile bariolée blanche et rouge peu épaisse. A la limite, les sables sont transformés en grès ferrugineux se débitant en plaquettes.

b) La carrière Sud (Coord. Lambert I : 546,62 - 331,18) s'étend pratiquement sur tout le sommet du versant d'Equihen, mais elle n'est exploitée que dans la partie NE. Elle est particulièrement intéressante en ce sens qu'elle montre sur une grande surface les relations stratigraphiques indiscutables entre les sables jaunes et les argiles gris clair.

Les argiles forment une vaste cuvette superposée aux sables jaunes à filets limoniteux. La disposition des argiles indique qu'il n'y a pas eu ravinement, car la partie inférieure finement litée suit exactement la limite, légèrement oxydée, séparant l'argile blanche et les sables jaunes. S'il y avait eu ravinement, la dépression serait comblée par des dépôts grossiers disposés sans ordre ou au moins en stratification torrentielle ; alors qu'en fait il y a eu dépôt tranquille sur une surface horizontale qui a été déprimée ultérieurement.

Le sommet des argiles présente des involutions à l'échelle du mètre, qui renferment des sables roux. L'ensemble est

surmonté de dépôts variés remaniés, sur lesquels s'appuient vers l'E des limons lités comme dans la carrière précédente et vers l'W des sables tourbeux violacés eux aussi lités.

Comme à Wimille, on observe des grès ferrugineux au sommet des sables jaunes, dans la zone où la couverture est sableuse : très durs en surface, ils passent progressivement vers le bas au sable sous-jacent. Au contraire, sous la couverture d'argile wealdienne, les sables jaunes ont conservé leur caractère originel.

4) *Région de Marquise.*

A l'W de Marquise, le sommet des collines est couronné de formations variées.

Au mont de Cappe, l'ancienne carrière montre, sous un limon à éclats de silex épais de 0 m 50, 1 m 10 de sables argileux bariolés jaune et vert, à passées finement sableuses ou argileuses, renfermant encore de rares silex remaniés ; puis, au-dessous, une argile gris-clair peu épaisse et une argile sableuse blanche.

A la carrière de Ledquent, un sondage à la tarière nous a permis de traverser 6 m de sables non argileux peu glauconieux, à grains anguleux, au-dessous de sables fins jaunes micacés et de limons sableux épais au total de 3 m 50. Il n'a pas été possible de pousser plus loin pour reconnaître le substratum des sables glauconieux.

III. — INTERPRÉTATION DES OBSERVATIONS.

1) *Les Dépôts wealdiens.*

Dans les descriptions précédentes, nous avons déjà attribué au Wealdien un certain nombre de termes. Sont à rapporter à cet étage : toutes les argiles plastiques blanches, gris-clair plus ou moins ligniteuses, roses, bariolées, parfois jaunes par altération ; les argiles finement sableuses de mêmes teintes ; les sables blancs très fins un peu micacés (1) et les sables blancs grossiers à graviers gris

(1) Carrière du Cat Cornu, voir Briquet, 1903, p. 3.

ou noirs. Les sables, toujours un peu kaoliniques, sont parfois cimentés en grès ferrugineux par de la limonite ; les grains sont toujours anguleux et le quartz qui les constitue est généralement opalin. L'ensemble des dépôts peut atteindre 10 m d'épaisseur (P. Pruvost, 1921-22, p. 4).

2) *La signification des sables glauconieux de Wimille, d'Equihen et de St-Etienne-au-Mont.*

Les coupes de Parent, en particulier celles de Wimille (1893, p. 53-54) font état de blocs ou de rognons à fossiles portlandiens, considérés comme remaniés et qui auraient été déplacés du Jurassique dans les sables wealdiens.

En fait, ces blocs sont des témoins de la roche originelle, noyés dans les résidus de décalcification sur place. La coupe de la tranchée de Wimille est assez significative à ce sujet : les piliers de grès calcaireux et les blocs épars dans les sables sont profondément corrodés ; les lits de galets de grès et les filets argileux se poursuivent dans les sables (Pl. III, fig. B, C) ; le tassement du résidu de décalcification imprime aux argiles wealdiennes sus-jacentes une disposition en poches dans lesquelles certains blocs ont pu descendre par gravité. Tout concorde pour voir dans la disposition des éléments de cette coupe le résultat de la dissolution superficielle.

A Equihen, nous constatons la même superposition des argiles wealdiennes sur des sables glauconieux et la même disposition en poches. Les sables d'Equihen sont donc, eux aussi, du Portlandien supérieur décalcifié. Il en est de même des sables glauconieux de la carrière (a) de St-Etienne-au-Mont, car ils sont à un niveau inférieur aux argiles wealdiennes qu'on retrouve emballées dans le limon de lavage.

Pellat avait reconnu en 1880 (R. Ext., p. 694) les effets de la décalcification des calcaires, mais en les envisageant simplement comme un faciès latéral. Par contre, A.P. Dutertre (1923, p. 59, note 1) avait admis le phénomène à la ferme de Moseou, à Tardinghem, pour des grès du

Portlandien inférieur ; mais il n'avait pas généralisé cette interprétation.

3) *La signification des grès ferrugineux.*

Des grès ferrugineux et des minerais de fer existent à différents niveaux (Portlandien supérieur, Wealdien, Albo-aptien, Quaternaire). Leur répartition est assez significative : on les trouve toujours dans des sédiments perméables, lorsque ceux-ci affleurent directement sous la surface. Par contre, ils sont inexistants sous les placages d'argile wealdienne (Wimille, Equihen).

Ces grès représentent l'imprégnation sur place *per descensum*, par l'oxyde de fer remis en circulation, d'anciens sables glauconieux ou non. Ils ne constituent donc pas un horizon stratigraphique défini (1).

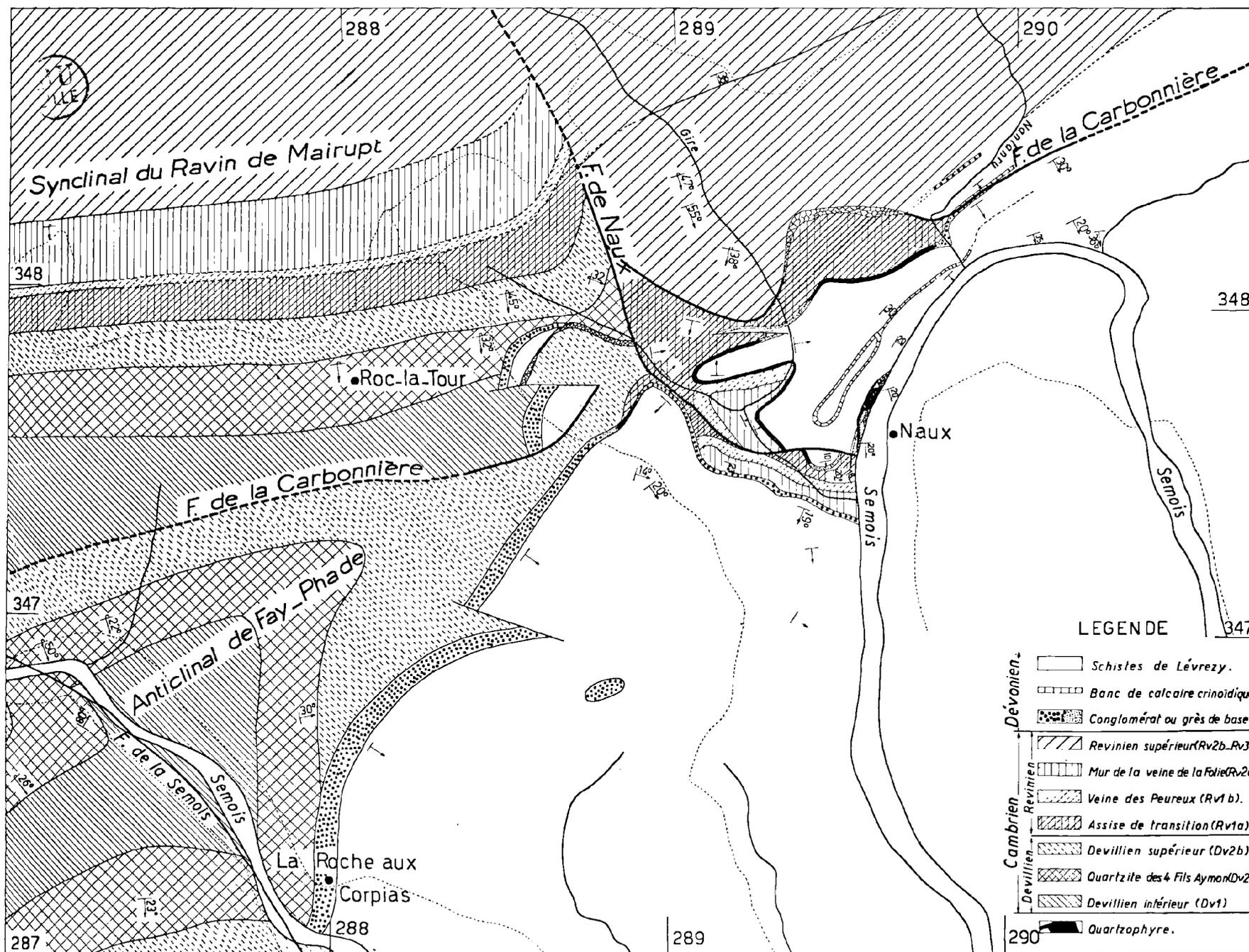
En particulier, les grès ferrugineux fossilifères décalcifiés recueillis par nous à St-Etienne-au-Mont sont absolument identiques, à l'imprégnation près, aux lits fossilifères des grès calcaireux à *T. gibbosa* de la tranchée de Wimille. Ils résultent de la cimentation par l'oxyde de fer d'anciens grès calcaireux décalcifiés ayant conservé le moulage des fossiles qui y était inclus, suivant le schéma ci-joint (fig. 1).

Les grès ferrugineux des puits de la cote 107 et du manoir de Fringhen seraient du même âge et correspondraient aux anciens minerais exploités dans la région (St-Etienne-au-Mont, Ecault, Equihen, Rupembert, etc.) et dont les anciens auteurs avaient reconnu l'âge portlandien.

Les modalités de formation et la pluralité d'origine des grès ferrugineux avaient déjà été suggérées par Van den Broeck et Pellat (R. Ext., p. 637).

(1) Il s'agit ici d'un cas analogue à celui des grès ferrugineux qui surmontent les collines des Flandres et qui apparaissent aussi bien dans le Landénien, le Panisélien ou toute autre formation sableuse. L'étude micrographique de ces grès permettrait certainement, par des diagnoses précises, de les différencier.





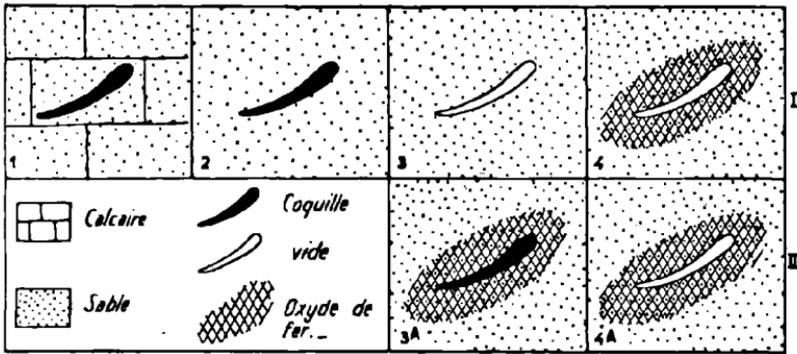


FIG. 1. — Schéma de formation des grès ferrugineux fossilifères.

Premier processus possible : 1, grès calcaireux original ; 2, grès décalcifié (sable) à coquille conservée ; 3, grès décalcifié (sable) à coquille dissoute ; 4, cimentation du sable par l'oxyde de fer, fossile en moulage externe.

Deuxième processus : 1 et 2 comme ci-dessus ; 3 A, grès décalcifié (sable) cimenté par l'oxyde de fer, coquille conservée ; 4 A, grès ferrugineux décalcifié, fossile en moulage externe.

L'imprégnation par l'oxyde de fer est certainement un phénomène très récent, puisqu'il est lié à la disposition actuelle de la couverture, suivant que celle-ci est perméable ou non. On a d'ailleurs des preuves de la formation actuelle de grès ferrugineux. Au sommet de la carrière (a) de St-Etienne-au-Mont, transformée en dépôt d'ordures, des sables graveleux du Wealdien ont été apportés au-dessus des limons. Un ciment ferrugineux a aggloméré, par places, une partie de ces éléments. Par ailleurs, l'un de nous (A.B.) a observé autrefois sur la côte de Palavas (Hérault) des grès ferrugineux formés par cimentation du sable de la plage autour de fragments de fils barbelés, autour d'une pelle de terrassier, d'une paire de ciseaux, de fragments de boîtes de conserves.

4) *Les deux assises du Wealdien de Parent.*

Si Parent a eu le grand mérite de faire le départ entre les couches purbeckiennes et les sables et argiles wealdiens, il a été moins heureux dans sa définition des deux assises de ce Wealdien.

En effet, son assise inférieure est presque toujours du Portlandien supérieur décalcifié et son assise supérieure du Wealdien proprement dit (1903, p. 32) ; mais, dans certains cas, son assise inférieure est nettement wealdienne et son assise supérieure probablement albienne ou aptienne (1903, p. 33). Aussi on ne peut utiliser les coupes qu'il a données, qu'en faisant abstraction de leur interprétation.

Quant aux surfaces de ravinement qu'il signale dans toutes ses descriptions, elles n'ont pas la signification qu'il leur donnait. En effet, elles représentent : 1) tantôt la ligne de séparation argile - sable jaune qui a une signification stratigraphique réelle, mais dont les ondulations ont été provoquées très tardivement par l'appel au vide consécutif à la dissolution ; 2) tantôt les fronts ferrugineux qui se développent dans les sables, c'est-à-dire la partie inférieure des masses imprégnées par l'oxyde de fer ; ces fronts d'imprégnation sont des discontinuités pétrographiques et sont dénués de toute valeur stratigraphique.

5) *Le problème des Sables de St-Etienne-au-Mont.*

D'après la définition qui en a été donnée par M. Pruvost (1921-22, p. 5 et notice carte géologique) les Sables de St-Etienne-au-Mont, qui couronnent les collines du Bas-Boulonnais, sont des sables jaunes fins micacés et des sables glauconieux épais de 5 à 10 m. au total, ravinant le Wealdien sous-jacent. M. Pruvost (1921-22, p. 2) les assimile à l'assise supérieure de Parent et, par conséquent, aux couches 10 à 12, au moins, de sa coupe (1903, p. 42) du sommet de la colline de St-Etienne-au-Mont (+ 124), au-dessus des argiles wealdiennes.

a) A St-Etienne-au-Mont, les sables et grès ferrugineux qui affleurent largement au-dessous de la cote 110 ne peuvent être assimilés aux Sables de St-Etienne-au-Mont, car :

1) ils sont situés trop bas par rapport au sommet de la colline (plus de 14 m, alors que l'épaisseur totale admise est inférieure à 10 m) ;

2) ils représentent du Portlandien décalcifié puis recimenté localement et, de ce fait, se trouvent sous le Wealdien argileux.

Par ailleurs, le sondage exécuté au sommet de la butte, au-dessus de la carrière décrite par Parent, n'a rencontré que des sables blancs wealdiens. Les sables de St-Etienne-au-Mont n'affleurent donc pas dans cette localité.

b) Au Mont de Cappe, les sables argileux bariolés jaune et vert qui surmontent les argiles plastiques et les argiles sableuses blanches wealdiennes renferment des silex cassés jusqu'à leur base. Ce sont donc des limons constitués aux dépens de sables affleurant au voisinage.

c) A Ledquent, les sables glauconieux non argileux de la base semblent représenter exactement le sédiment visé par la définition des Sables de St-Etienne-au-Mont. Nous n'avons pu reconnaître leur substratum, mais il est à peu près certain qu'ils reposent sur les argiles wealdiennes superposées elles-mêmes aux marnes callovo-oxfordiennes. Il ne peut donc être question ici de décalcification d'une assise gréseuse.

Ces sables sont recouverts par des limons sableux analogues à ceux du Mont de Cappe. Le sable jaune fin micacé rapporté à la base des limons a un certain cachet wealdien, couleur mise à part.

La formation désignée sous le nom de Sables de Saint-Etienne-au-Mont et figurée comme telle sur la Carte géologique, comprend en réalité deux ensembles bien différents :

1) des sables argileux et glauconieux à grains arrondis résultant de la décalcification du Portlandien supérieur et situés par conséquent sous les argiles wealdiennes. Ils affleurent largement dans la colline de St-Etienne-au-Mont, dans la colline voisine d'Equihen et dans la région de Wimille.

2) des sables glauconieux non argileux, à grains anguleux, superposés au Wealdien et qui correspondent exactement à la définition donnée par M. Pruvost. Ils sont représentés à Ledquent, au NW de Marquise.

Sous peine de provoquer des confusions regrettables, le terme *Sables de St-Etienne-au-Mont* ne semble pas pouvoir être conservé : d'une part, parce que ces sables n'existent pas dans la localité type ; d'autre part, parce que la faune qui devait les caractériser a été reconnue portlandienne, alors qu'ils sont aptiens par définition. Nous proposons donc de donner aux sables de décalcification le nom de *Sables de Wimille*, puisqu'ils sont bien connus dans ce secteur depuis 1880. Quant aux sables glauconieux rencontrés en sondage à Ledquent, nous leur attribuerons un nom lorsque nous en aurons trouvé un bon affleurement.

La stratigraphie des couches de passage s'établit dès lors comme suit :

	Carte géologique au 80.000 ^e	Nouvelle interprétation
Aptien	{ Sables de Wissant Sables de St-Etienne-au-Mont	Sables de Wissant Sables glauconieux (Ledquent)
Wealdien	{ Sables blancs Argile plastique	Sables blancs Argile plastique
Portlandien supérieur	{ Grès calcaireux à <i>T. gibbosa</i>	Sables de Wimille et Grès calcaireux à <i>T. gibbosa</i>

6) *La formation et l'évolution des couches de passage.*
Regroupant maintenant toutes les observations précé-

dentes, nous pouvons essayer de reconstituer les phénomènes qui ont affecté ces couches de passage (fig. 2).

Après le dépôt du Portlandien supérieur à *Trigonia gibbosa*, grès glauconieux et graveleux à ciment calcaire, le Jurassique se termine par les calcaires concrétionnés à *Anisocardia socialis*.

Au-dessus se déposent les argiles et sables wealdiens, dépôts continentaux de teinte généralement claire : argiles blanches pures, argiles plastiques, grès à lignite, sables blancs plus ou moins fins, souvent très purs et sables graveleux mélangés de sable fin.

La mer revient ensuite progressivement sur le Boulonnais. M. P. Pruvost a montré (1922-23, p. 175) que la transgression du Crétacé inférieur s'était réalisée du NW au SE remaniant au passage les formations précédemment déposées et poussant devant elle un conglomérat phosphaté d'âge variable. Les couches transgressives elles-mêmes se présentent sous l'aspect général de sable grossier à grains de glauconie et de phosphate de chaux, mais elles peuvent refléter localement la nature de leur substratum.

La première étape de la transgression demande encore à être datée avec certitude. De toute façon, les conclusions de M. P. Pruvost et de A.P. Dutertre à ce sujet restent valables, à condition de supprimer le terme de Sables de St-Etienne-au-Mont qui pourrait prêter à confusion.

A la limite Jurassique-Crétacé, on constate ainsi, à l'origine, trois ensembles bien individualisés et faciles à distinguer, soit de haut en bas : sables verts, argile et sables blancs, calcaire gréseux ; mais l'altération de ces formations, sous l'influence des agents atmosphériques actuels, complique singulièrement la tâche des stratigraphes. L'un de nous (A.B. 1955) a mis en évidence, à propos de la limite Crétacé-Tertiaire, le mécanisme des phénomènes de dissolution et d'altération superficielle, et il a montré le rôle fondamental présenté par une chape

impermeable et une couverture sableuse. Tant que les formations géologiques sont protégées par une chape argileuse, en l'occurrence les Argiles du Gault, elles conservent leur intégrité ; d'où l'aspect normal des sédiments au voisinage de la ceinture crétacique.

Par contre, dès l'ablation de cette chape et la mise à découvert des sables albo-aptiens et wealdiens perméables, l'infiltration des eaux météoriques provoque des dégradations considérables (fig. 2) : les calcaires sont dissous,

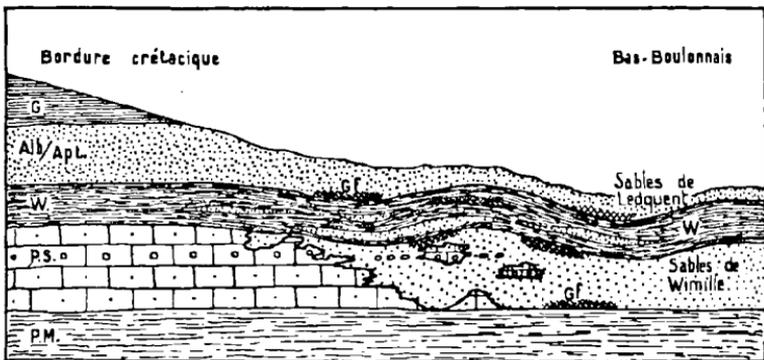


FIG. 2. — Schéma de répartition des couches sableuses et des grès ferrugineux à la limite du Jurassique et du Crétacé dans le Boulonnais.

G, Argile du Gault ; Alb/Apt, Sable glauconieux albo-aptien ; W, Wealdien ; PS, Portlandien supérieur ; PM, Portlandien moyen ; Gf, Grès ferrugineux.

la glauconie s'oxyde et le fer remis en solution vient imprégner les formations sous-jacentes. Les grès calcaires portlandiens sont décalcifiés et remplacés par un sable argileux plus ou moins glauconieux ou oxydé (sables de Wimille) qui, en se tassant, provoque dans la couverture des affaissements en forme de poches (surfaces de ravinement *pro parte* de Parent) de couches primitivement horizontales. L'oxyde de fer se déplace sous forme de fronts ferrugineux irréguliers, imprègne tous les sédi-

ments perméables (sables albiens ou aptiens, sables wealdiens, sables décalcifiés du Portlandien) donnant des grès ferrugineux à des niveaux variés. Cette circulation « *per descensum* » peut être contrariée par les lentilles d'argile wealdienne ; d'où la répartition irrégulière des grès ferrugineux.

En terminant, nous insistons sur l'importance des phénomènes d'altération superficielle (dissolution, oxydation, cimentation) et sur l'âge toujours récent de ces phénomènes, puisqu'ils supposent l'ablation de la chape imperméable. La prise en considération de ces phénomènes est indispensable si l'on veut interpréter correctement les problèmes stratigraphiques posés par les formations sujettes à la dissolution.

BIBLIOGRAPHIE

- BONTE A. (1955). — Sur la formation et l'évolution des poches de dissolution. *C.R. Ac. Sc.*, t. 240, p. 1788-1790. — Sur quelques aspects de la dissolution des calcaires. *86^e Cong. Soc. Sav.*, p. 109-116, 1 fig.
- BONTE A., COLLIN J.-J., LEROUX B. et GODFRIAUX I. (1957). — Le Bathonien de la région de Marquise ; le Wealdien du Boulonnais (feuilles de Marquise et Boulogne au 50.000^e). *Bull. Serv. Carte Géol. France*, C.R. Coll. Campagne 1957 (à l'impression).
- BRIGUET A. (1903). — Le crétacique inférieur dans le Sud du Pas-Boulonnais. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. XXXII, p. 2.
- (1906). — Observations sur la composition du Crétacé inférieur dans le Boulonnais. *Id.*, t. XXXV, p. 202.
- DUFREIRE A.P. (1923). — Note sur le Crétacé inférieur du Bas-Boulonnais. *Id.*, t. XLVIII, p. 35-74.
- (1937). — Nouvelles observations sur le Crétacé inférieur dans le Boulonnais. *Id.*, t. LXII, p. 113-121, bibliographie.
- MUNIER-CHALMAS M. (1899). — Les Assises supérieures du Terrain Jurassique dans le Bas-Boulonnais. *C.R. Ac. Sc.*, 128, p. 1532-1535.
- PARENT H. (1893). — Le Wealdien du Bas-Boulonnais. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. XXI, p. 50-91, 6 fig.
- (1903). — Deuxième note sur le terrain wealdien du Bas-Boulonnais. *Id.*, t. XXXII, p. 17-48, 13 fig.
- PELLAT E. (1865). — Note sur les Assises supérieures du terrain jurassique de Boulogne-sur-Mer et croquis des falaises situées entre Wimereux et les Moulins de Wingle. *Bull. Soc. Géol. France*, (2), t. XXIII, p. 193-216.

- (1899). — Quelques mots sur le terrain jurassique supérieur du Boulonnais. 1 br., 10 p., Imp. Seguin, Avignon.
- (1903). — Sur le Portlandien et le Wealdien du Bas-Boulonnais. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. XXXII, p. 48-52.
- PELLAT E. et VAN DEN BROECK E. (1880) — In Réunion extraordinaire de la Société Géologique de France à Boulogne-sur-Mer du 9 au 18 septembre 1890. *Bull. Soc. Géol. France*, (3), VIII, p. 483-699. Notes de Pellat, p. 647 à 698 et Van den Broeck, p. 616 à 638.
- POLVÊCHE J. (1957). — Saint-Etienne-au-Mont (Assise des sables et grès ferrugineux de...) Crétacé inférieur. *Lexique stratigraphique*, vol. 1, fasc. 4 a VI, p. 304.
- FRUVOST P. (1921-22). — Révision de la feuille de Boulogne au 80.000°. *Bull. Serv. Carte Géol. France*. C.R. Coll. Campagne 1921, n° 146, t. XXVI, p. 1-17, 1 fig.
- (1922-23). — Révision de la feuille de Boulogne au 80.000°. *Ib.*, C.R. Coll. Campagne 1922, n° 151, t. XXVII, p. 173-187, 4 fig.
- (1923-24). — Observations sur la structure du Cap Gris-Nez et sur les mouvements qui ont affecté le pays Boulonnais après le dépôt du Jurassique. *Ib.*, n° 156, t. XXVIII, 72 p., 18 fig., 4 pl.
- VAN DEN BROECK E. (1898). — Le Wealdien du Bas-Boulonnais et le Wealdien de Bernissart, considérés comme se rapportant au Jurassique supérieur (faciès purbeckien du Portlandien supérieur). P.V. *Séances Soc. belge Géol. Paléont. et Hydrol.*, t. XII, p. 244-250.

EXPLICATION DE LA PLANCHE

Passage du Jurassique au Crétacé dans la tranchée de Wimille.

- A, Vue d'ensemble montrant des piliers partiellement dissous ou des blocs isolés dans la masse des sables argileux. Les argiles wealdiennes apparaissent mal sur la photographie, car elles sont recouvertes par un coulis de limon. La limite qui apparaît au tiers supérieur du talus correspond à la ligne suivant laquelle le coulis de limon s'est décollé des sables en surface.
- B, C, Passage latéral du grès calcareux aux résidus de dissolution argilo-sableux.
- D, E, Blocs de grès lumachellique et de grès conglomératique en cours de dissolution.
- F, Fronts ferrugineux descendant dans les sables (Equihen).

Madame Defretin fait la communication suivante :

Suite à une communication de Ch. Barrois

du 15 Décembre 1909

et

Hypothèses sur la génèse de certains silex de la craie

par S. Defretin.

RESUME

Un silex   enclaves liquide et solide, trouvé en 1909 dans le diluvium de l'Aa, provenait sans aucun doute de la craie sénonienne environnante. Ch. Barrois, après avoir envisagé une origine précoce de ce silex, repousse cette hypothèse et conclut qu'il s'agit plutôt d'une formation secondaire et exogène produite dans une cavité de la craie à une époque relativement récente.

Reprenant ce silex, S. Defretin reconnaît que le noyau solide est une éponge : *Pycnodesma globosa* Schrammen et attribue au nodule une origine diagénétique précoce. Se référant aux recherches effectuées sur les vases actuelles, elle tente d'expliquer par des arguments physico-chimiques et biochimiques la formation des différents types de silex de la craie et leur répartition en lits parallèles aux strates.

En octobre 1909, H. Royer, instituteur   Bayenghem-les-Eperlecques (P.-de-C.)  crivait à Ch. Barrois pour lui signaler la découverte et lui annoncer l'envoi d'« un silex de forme arrondie, sans aucune fissure apparente et renfermant un liquide au sein duquel se trouve un corps solide ».

Ch. Barrois, fort intéressé par cette trouvaille, l'étudia aussitôt et présenta le compte rendu de ses investigations lors de la séance de la Société géologique du Nord du 15 décembre 1909 (Ch. Barrois, 1909, p. 481). Je résumerai rapidement ici les diverses étapes de cette étude et les conclusions qu'en tirait Ch. Barrois.

Il s'agissait d'un silex d'aspect typique, noir à croûte blanche, pyriforme, de 7 cm sur 6. Récolté dans le Diluvium de la vallée de l'Aa, il provenait très certainement

de la craie sénonienne de la région. Il présentait cette particularité, qui avait retenu l'attention de H. Royer, de renfermer à la fois, à l'intérieur, un liquide, un gaz et un corps solide que l'on entendait très bien se déplacer en agitant le silex.

Ch. Barrois comparait cet échantillon aux géodes de calcédoine transparente exposées sous le nom d'*enhydres* dans la plupart des collections. Leur contenu liquide s'est révélé être de l'eau chargée d'une plus ou moins grande quantité de sels dissous et le gaz de l'air atmosphérique. Leur formation serait due à des cristallisations, sur les parois de cavités dans des roches éruptives poreuses, de silice, transportée par les eaux thermo-minérales. Par obturation des orifices de circulation, une certaine quantité de liquide aurait été isolée dans les géodes.

Le silex de H. Royer avait-il une origine analogue ? Ou bien le point de départ était-il une éponge « où la silicification se serait faite plus rapidement dans la paroi du corps chargée de spicules siliceuses que dans la cavité centrale, vide ou remplie de liquide, de telle façon qu'une portion des eaux saturées de silice qui imprégnaient les tissus de l'éponge et le sédiment voisin se soit trouvée emprisonnée dans la capsule siliceuse au temps où elle se formait ? ». Dans ce cas on devait trouver à l'intérieur du silex une enclave de quartz et une eau sodique qui y serait enfermée depuis les temps crétacés.

Le premier soin de Ch. Barrois fut de faire photographier et radiographier ce silex et ces documents ont été reproduits dans sa note (fig. 1, p. 482 ; fig. 2, p. 486 ; fig. 3, p. 487). Il brisa ensuite la pointe du silex et recueillit soigneusement le liquide ; l'analyse qui en fut faite donna les résultats suivants :

Poids	8 gr. 347
Réaction	neutre aux réactifs colorés
Résidu fixe	0.3121 par litre
Sulfates	à l'état de traces
Chlorures	en très faible quantité

Il s'agissait donc simplement d'eau de source et non d'une eau sodique crétacée.

Le silex ayant été ouvert plus largement, il fut possible de dégager le corps solide : « il offrait une surface « rugueuse, spongieuse... sa forme était celle d'un ellip- « soïde à trois axes... Sectionné verticalement, ce corps « solide s'est montré formé d'un réseau poreux, flocon- « neux, engendré par la soudure de granules concrétion- « nés de silice cristalline... Transparents pour la plupart, « ces flocons assemblés présentaient une teinte violacée « de plus en plus marquée à mesure qu'on approchait de « la base du sphéroïde solide... ». Ch. Barrois concluait : « Toutes ces particularités paraissent bien indiquer que « le silex, à contenu liquide de Bayenghem, s'est formé « suivant le même processus que l'*enhydre*... Ainsi, ce « silex serait une formation secondaire et exogène, pro- « duite dans une cavité de la craie, à une époque indé- « terminée, relativement récente, aux dépens d'une eau « minérale qui se serait chargée des substances reconnues « (silicium, fer et manganèse) dans la traversée des ter- « rains supérieurs ».

*
**

En trouvant cet échantillon dans les collections du Musée Gosselet, je fus frappée par sa ressemblance avec deux petits silex que j'avais récoltés dans le Turonien supérieur de la carrière de la Loisme à Barlin (P.-de-C.). Ayant été ouverts, ils avaient révélé, en leur intérieur, la présence d'une petite boule pleine, aplatie, libre dans l'un des échantillons, rattaché au silex par de fins trabécules dans l'autre. Un examen à la loupe binoculaire révélait immédiatement la structure d'un Spongiaire de l'ordre des *Lithistidae*, sous-ordre des *Tetracladinae*, famille des *Plinthosellidae* : *Pycnodesma globosa* Schrammen. Cette éponge se caractérise par sa forme globuleuse, sans cavité pseudogastrique, sa petite taille, son squelette formé par un assemblage de tétraclones. Ces desmes, dont un clone,

le plus souvent avorté, est remplacé par un gros bouton verruqueux, sont couverts de petits tubercules. Créée par A. Schrammen (1910-1912, p. 116, fig. 6), cette espèce a été retrouvée par L. Moret dans le Cénomaniens des Sablons (Orne) et le Santonien de Saint-Cyr (Var), puis décrite et figurée par lui (1925, p. 204, pl. 14 ; fig. 9 et fig. 79 du texte).

J'examinai alors le corps solide inclus dans le silex de H. Royer. Il était constitué, ainsi que l'avait décrit Ch. Barrois, par des globules siliceux transparents sur les bords, violacés vers l'un des pôles. Mais les vides existant entre ces perles de calcédoine retinrent surtout mon attention. Tapissés de limonite, ils affectaient exactement la taille, la forme, l'ornementation des spicules de *Pycnodesma globosa* Schrammen. Comme la forme générale et la taille de cette masse siliceuse correspondaient également à la diagnose de cette espèce, il fallait en conclure que le corps solide inclus dans le silex de Bayenghem était à l'origine une éponge. De ce fait, le problème de la genèse de ce silex était à nouveau posé.

La première hypothèse de Ch. Barrois supposant une formation secondaire, produite dans une cavité de la craie, à une époque relativement récente, se trouve infirmée, puisque l'origine de la masse solide centrale est une éponge qui vivait sur le fond de la mer crétacée au moment où se déposaient les boues calcaires qui devaient par la suite devenir la craie.

Il semble donc que sa seconde hypothèse, dans laquelle le point de départ était une éponge, soit plus vraisemblable. Ch. Barrois supposait une silicification rapide de la paroi du Spongiaire, qu'il imaginait creux, et fossilisation dans cette capsule siliceuse du contenu de la cavité, sans échanges possibles avec l'extérieur ; puis cristallisation ultérieure à l'intérieur de cette coque de certains minéraux et, en particulier, de quartz. Pour lui, c'est donc le silex lui-même qui représentait l'éponge et la masse

solide serait due à une cristallisation beaucoup plus tardive. L'analyse de l'eau incluse devait prouver l'inexactitude de cette hypothèse.

Toutefois, l'idée première de Ch. Barrois supposant une silicification rapide d'un Spongiaire doit être retenue. La petite éponge globulaire trouvée à l'intérieur du silex avait, à sa mort, été enfouie dans la vase crayeuse et sa matière organique était entrée en décomposition sous l'action de bactéries anaérobies. Il semble qu'un milieu favorable à la ségrégation de la silice ait été ainsi créé. De la calcédoine a donc rempli les canaux de l'éponge et s'est substituée à la matière organique au fur et à mesure de sa destruction, enrobant le squelette d'opale. Mais on peut penser que la quantité de calcédoine, ainsi attirée par un milieu propice, dépassait le volume de l'éponge et qu'elle s'est substituée également au calcaire entourant l'organisme. Il se serait constitué alors autour du Spongiaire une coque siliceuse dont la compacité diminuerait à mesure que l'on se déplace vers la périphérie, en raison d'une raréfaction de la silice. Un rognon de silex serait ainsi formé dans la vase du fond de la mer, très peu de temps après son dépôt.

La « patine » blanche du nodule serait due à une plus forte teneur en CO_3Ca . G.V. Chilingar (1956, p. 1559) l'a d'ailleurs prouvé en procédant à des analyses de rognons de silex qui ont donné les résultats suivants :

à la périphérie du nodule	22,1 % de CO_3Ca
dans la zone médiane	17,1 %
au centre	0,51 %

tandis que la teneur en silice varie en sens inverse :

à la périphérie	76,2 % de SiO_2
au centre	97,5 %

Cette diminution de la silicification dans la zone extérieure permettait probablement au silex d'y conserver

une certaine porosité. De l'eau pouvait donc s'infiltrer à l'intérieur et atteindre les spicules d'opale qui se dissolvaient lentement. Ainsi se formeraient les vides qui affectent la forme caractéristique de spicules.

Chez la plupart des Spongiaires, la zone superficielle du corps comporte un squelette spécial, particulièrement riche en micro et macrosclères : le squelette cortical. La dissolution de l'opale, laissant des vides à la place des spicules, déterminerait une zone de moindre résistance dans l'intérieur du rognon siliceux à la périphérie de l'éponge et les trabécules de calcédoine reliant encore le noyau et la coque pourraient être brisés si le silex est soumis à une certaine agitation, libérant ainsi la partie centrale. Or le silex de Bayenghem, dont il est question ici, avait été récolté dans le Diluvium de la vallée de l'Aa. Il était donc remanié, ce qui implique qu'il avait été balloté, roulé, agité. Les frêles attaches reliant l'éponge-noyau à sa coque avaient été rompues puis réduites en une fine poussière qui a pu servir ultérieurement d'abrasif et élargir la cavité à la faveur des agitations du silex.

L'eau, traversant lentement la couche externe moins compacte du silex, avait probablement été retenue à l'intérieur par capillarité quand le rognon s'était trouvé dégagé de sa gangue de craie. Ainsi pourrait s'expliquer la formation du silex à enclaves liquide et solide de Bayenghem.

*
**

Confrontons ces résultats avec les études faites sur les vases actuelles par un certain nombre de chercheurs, entre autres J. Debyser (1952, p. 741 ; 1954, p. 375). Celui-ci a pu déterminer les caractères physicochimiques et biochimiques des vases et leur comportement.

Il a effectué tout d'abord des mesures de pH échelonnées en profondeur. Il a constaté que, de basique à la surface (le pH de l'eau de mer est un peu supérieur à 8), le pH s'abaissait rapidement et passait par un minimum

franchement acide vers le premier décimètre pour remonter ensuite lentement en profondeur. Poussant plus loin ses recherches, et étudiant le comportement de la matière organique dans les vases actuelles, il a pu définir les caractères biochimiques des vases marines. Dans l'intérieur du sédiment, la destruction, par des bactéries anaérobies, de la matière organique enfouie, entraîne la formation de produits acides de décomposition et une accumulation de CO_2 , ce qui explique l'abaissement du pH à une valeur inférieure à 7. Plus profondément, la raréfaction de la matière organique diminue l'activité bactérienne : le pH remonte lentement et redevient basique. De même, l'indice d'oxydo-réduction a, pour chaque niveau, une valeur déterminée : relativement élevé en surface, il devient faible dans les niveaux à grande activité biochimique, puis remonte ensuite. Il a constaté, en outre, que la silice s'accumulait dans les niveaux acides et les carbonates dans les niveaux alcalins. Il concluait son étude en insistant sur le rôle de la matière organique et des bactéries de la vase dans l'établissement « d'horizons biochimiques » et ajoutait : « Chaque particule minérale liée à ces horizons y subit une sorte de digestion susceptible de provoquer une ségrégation ou une différenciation des éléments d'un matériau qui pouvait être homogène au départ ».

A la lumière de ces recherches, la formation du rognon de silice de Bayenghem s'explique aisément. La matière organique de la petite éponge : *Pycnodesma globosa*, en se décomposant dans la vase, a créé une zone de pH acide dans laquelle s'est opérée une concentration de silice, concentration d'autant plus forte que le pH est plus faible, c'est-à-dire que l'on est plus proche du foyer organique en voie de décomposition. Ainsi se forme une masse de silice dont la compacité diminue vers la périphérie, ce qui confère à cette zone une certaine porosité. Grâce à celle-ci, les eaux d'infiltration pourront effectuer leur lent travail de dissolution de l'opale.

Les recherches actuelles de sédimentologie viennent donc confirmer les hypothèses que nous avons formulées relativement à la génèse du silex de Bayenghem.

*
**

Mais les résultats appliqués ici à un cas particulier restent valables, semble-t-il, pour expliquer la formation de la plupart des rognons siliceux de la craie. Des différences dans la constitution de l'être vivant, des variations dans la porosité du silex peuvent expliquer les différentes structures de ces nodules.

Si le foyer organique est constitué par un être dépourvu d'organes de soutien fossilisables, il peut être complètement détruit au cours de la décomposition. Le silex auquel il donnera naissance sera compact et homogène, sans qu'aucune trace d'organisme fossile puisse y être décelée et cependant ce nodule aura eu une origine organique.

Dans d'autres cas, certaines parties de l'animal persisteront et se trouveront incluses dans la masse calc donicuse. Suivant le degré de compacité du silex, suivant la constitution, la répartition, la solubilité dans les eaux d'infiltration, etc., des parties conservées de l'organisme, le silex qui les entoure présentera des caractères différents. Citons quelques exemples pris parmi les Spongiaires transformés en silex.

Supposons tout d'abord un silex très compact. La porosité de la partie périphérique est alors trop faible et les échanges de liquide entre l'extérieur et l'intérieur du nodule ne sont pas possibles. La dissolution de l'opale ne peut donc s'effectuer et le silex est compact jusqu'au centre. En général, l'opale se transforme par la suite en calcédoine ; en lame mince, le réseau de l'éponge se distingue nettement par ses teintes vives qui tranchent sur le fond plus terne du silex qui l'enrobe.

En revanche, si la périphérie du nodule a conservé une

porosité suffisante, la dissolution de l'opale sera possible. On aboutira à un silex d'aspect spongieux au centre (à l'emplacement de l'éponge), par suite du remplacement de l'opale des spicules par des vides de dissolution. La croûte de silex extérieure à l'éponge aura, par contre, un aspect compact. Mais beaucoup de Spongiaires possèdent un squelette cortical abondant, dont la disparition pourra conduire à une libération de l'éponge à l'intérieur de sa coque siliceuse. Ainsi seront constitués ce que les Danois appellent des « *Ranglesten* », c'est-à-dire Hochets de pierre, très courants au pied des falaises crétacées du Danemark, et tout à fait semblables au silex de Bayenghem.

Ces travaux récents confirment également l'hypothèse de L. Cayeux (1927, p. 210) relative à la croûte blanche des silex et que nous avons reprise plus haut. Il pensait qu'il ne s'agissait pas d'une *patine* formée lentement au cours des âges géologiques, mais qu'elle s'était différenciée dès l'origine et correspondait à la dernière phase de formation des silex. Nous venons de voir, en effet, qu'elle est due à la raréfaction de la silice vers la fin de la ségrégation, entraînant une substitution, seulement partielle, du carbonate de calcium par la calcédoine.

*
**

Enfin, la répartition des silex de la craie en lits parallèles aux strates s'éclaire si on applique aux vases crétacées les données fournies par l'étude des vases actuelles.

La matière organique des animaux enfouis, crée autour d'elle, par sa décomposition dans la vase, des zones acides où la silice est en quelque sorte attirée. Il se constitue ainsi, quelques centimètres sous la surface, une série de nodules siliceux dans un même horizon caractérisé par un état physico-chimique en relation avec la matière organique en fermentation.

D'autre part, le carbonate de calcium, abondant puisqu'il s'agit ici de vase crayeuse, est transformé en bicar-

bonate dans la zone acide puis attiré vers la zone alcaline de la surface qui sera ainsi enrichie en CO_3Ca . On aboutira donc à une alternance de niveaux à rognons siliceux et de couches de craie sans silex.

Cette répartition sera, semble-t-il, plus accusée si la vitesse de sédimentation n'est pas constante. Supposons une sédimentation lente, les organismes morts ou tombés sur le fond seront décomposés sur place avant d'être recouverts par de nouveaux apports minéraux. La quantité de matière organique à l'intérieur de la vase sera faible et les fermentations seront trop peu importantes pour apporter des modifications du milieu, suffisantes à la ségrégation de la silice. La vase donnera lieu à la formation de craie sans silex.

Si, au contraire, la sédimentation devient brusquement rapide, une grande partie de la matière organique sera recouverte de vase. La fermentation en profondeur déterminera une zone acide propice à la ségrégation de la silice et on aboutira à la formation d'un niveau riche en rognons de silex.

On pourrait donc penser que les lits à nodules siliceux de la craie sont en rapport avec des modifications du rythme de la sédimentation. Ils correspondraient à des épisodes d'apports massifs de sédiments dans un cycle à sédimentation lente et régulière.

*
**

L'adaptation aux vases crétacées, des recherches sur les vases actuelles, nous a donc permis de formuler des hypothèses logiques et vraisemblables quant à la formation des silex et à leur répartition dans la craie. Il n'est pas exclu, cependant, que certains silex se soient formés autrement, ou que des nodules de formation diagénétique précoce, comme ceux que nous venons d'étudier, n'aient subi d'autres phases d'accroissement plus tardives, par

concrétionnement de silice à partir des eaux d'infiltration par exemple.

Néanmoins, ces quelques considérations montrent tout le parti que les géologues peuvent tirer de l'étude des phénomènes actuels pour comprendre certains événements géologiques et leur évolution.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- ROYER H. (1909). — Découverte d'un silex du Crétacé contenant un liquide inclus. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. 38, p. 480.
- BARROIS Ch. (1909). — Observations sur la découverte d'un silex du Crétacé contenant un liquide inclus. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. 38, p. 481.
- CHILINGAR G.V. (1956). — Distribution and abundance of chert and flint as related to the Ca/Mg ratio of limestones. *Bull. Géol. Soc. Am.*, vol. 67, p. 1559-1562.
- DEBYSER J. (1952). — Variation du pH dans l'épaisseur d'une vase fluviomarine. *C.R. Acad. Sc.*, t. 234, n° 7, p. 741-3.
- (1954). — Les horizons biochimiques dans les sédiments marins. *C.R. Somm. Soc. Géol. Fr.*, n° 14, p. 375-7.
- CAYeux L. (1927). — Formation des silex de la craie. *C.R. Somm. Soc. Géol. Fr.*, p. 210-212.
- SCHRAMMEN A. (1910-1912). — Die Kieselsp., *Palaeont.*, Supp. Bd V, p. 116, pl. 6, fig. 6.
- MORET L. (1925). — Spong. sil. Crét. fr. *Mém. Soc. Géol. Fr.*, nouv. série, p. 204, pl. 14, fig. 9 et fig. 79 du texte.

Séance du 16 Avril 1958

Présidence de M. LEROUX, Président

Est élu Membre de la Société :

M. R. Berruyer, Directeur-délégué du Groupe de Valenciennes des H.B.N.P.C.

M. R. Petit fait les communications suivantes :

Le Quaternaire au puits 10 de Lens à Vendin-le-Vieil

par R. Petit et M. Buisine

L'étude de divers travaux faits dans la vallée de la Deûle a permis à M. G. Mathieu d'abord, et à M. A. Bonte ensuite, de prouver que les alluvions quaternaires qui ont rempli cette vallée étaient plus épaisses qu'on ne l'avait admis autrefois, tandis que les terrains tertiaires devenaient ainsi moins épais ou inexistantes.

Toutefois, dans la région de Vendin-le-Vieil, ces auteurs n'avaient pas pu supprimer entièrement le golfe tertiaire de Meurchin parce qu'aucune donnée précise ne permettait de contester la présence du Landénien à la fosse 10 de Lens.

A notre connaissance, la présence d'Eocène à la fosse 10 n'est signalée explicitement par Gosselet que dans les phrases suivantes :

« Il ne paraît de positif comme Tertiaire que les couches d'argile sableuse... que l'on a recoupées aussi au puits de Vendin dans la concession de Lens » (1904, p. 63) et

« La seule fosse des concessions (de Lens et de Liévin) qui ait traversé le tertiaire est celle de Vendin » (1904, p. 78).

Mais aucune justification détaillée n'est donnée de cette assertion. L'opinion de Gosselet doit résulter d'une interprétation rapide de la coupe qui lui a été fournie, ou seulement montrée, par la Société des Mines de Lens.

On sait que Gosselet avait, à maintes reprises, attiré l'attention sur les lacunes que présentait son important Mémoire sur les Assises crétaciques et tertiaires. Pour qu'il en ait été autrement, il lui aurait fallu recopier personnellement et vérifier en détail toutes les coupes des fosses et sondages cités, c'est-à-dire y passer très longtemps : c'était matériellement impossible.

Pendant la guerre 1914-18, un grand nombre de documents des Mines de Lens ont été détruits, tandis que d'autres, retrouvés en mauvais état après la guerre, ont pu être recopiés. Parmi ces copies, se trouve justement la coupe du puits 10 de Lens dont nous donnons ci-après l'extrait qui concerne la partie supérieure des mortsterrains, jusqu'à la tête du Turonien, incluse.

Si l'on compare la coupe ci-dessous avec celle des « Assises crétaciques et tertiaires », on voit que Gosselet a rangé dans le Tertiaire les couches 7 à 11 incluses, c'est-à-dire toutes celles qui sont nommées « sable », tandis qu'il laissait implicitement dans le Quaternaire les couches 1 à 6 nommées « argile ». Il n'est pas douteux que celles-ci soient bien quaternaires, puisque les couches 2 et 6 portent l'indication « argile avec marnette » et que la présence de craie est admise comme preuve de non appartenance au Tertiaire. Mais nous pensons qu'il faudrait classer aussi dans le Quaternaire les couches sableuses, car l'avant-dernière, la couche 10, porte la mention « sable diéveux gris avec peu de craie », et les deux couches qui l'encadrent sont faites de sable diéveux vert-noirâtre.

Ainsi donc, on peut maintenant pousser jusqu'à l'absolu l'hypothèse de MM. Mathieu et Bonte et dire qu'il est certain que le golfe tertiaire de Meurchin n'existe pas.

BIBLIOGRAPHIE

- BONTE A. (1955). — Vallées quaternaires remblayées dans les environs de Lille. *A.S.G.N.*, t. LXXV, p. 111.
- GOSSELET J. (1904). — Les Assises crétaciques et tertiaires dans les fosses et les sondages du Nord de la France. *Etudes des gîtes minéraux de la France*, fasc. 1, Région de Douai.
- MATHIEU G. (1940-45). — Sur l'importance des galets de craie dans les alluvions de certaines rivières du Nord de la France et leur origine possible dans le remaniement des dépôts de solifluxion. *A.S.G.N.*, t. LXV, p. 165.

PUITS 10 DE LENS - TERRITOIRE DE VENDIN-LE-VIEIL
1890 - 1892

Coordonnées
Lambert I — Zone Nord
X = 638 104
Y = 308.916

<i>Profon- deur</i>	<i>N° des couches</i>	<i>Nature des Terrains</i>	<i>Epais- seur</i>	<i>Cote à la mer</i>
0	.....	Recette des eaux.....		+ 25,60
	0	Remblai	1,00	
	1	Terre végétale	0,55	
	2	Argile avec marnette, ébouleuse	0,80	
	3	Argile avec sable	1,10	
	4	Argile avec terre rougeâtre (potier)	0,90	
	5	Argile glaiseuse grise	0,40	
	6	Argile avec marnette	0,75	
5,50	.....	.....		+ 20,10
	7	Sable à gros grains	0,80	
	8	Sable argileux gris, sable ébouleux	1,45	
	9	Sable diéveux vert noirâtre, ébouleux	1,85	
	10	Sable diéveux gris avec peu de craie	0,90	
	11	Sable diéveux vert noirâtre, ébouleux	0,50	
11,00	.....	.....		+ 14,60
	12	Craie argileuse ébouleuse	1,00	
12,00	.....	.....		+ 13,60
	13	Craie grasse en décombres	2,10	
	14	Craie tendre	1,85	
	15	Craie argileuse	1,25	
	16	Craie blanche	0,80	
	17	Craie jaunâtre	1,20	
	18	Craie fendillée avec silex, très ébouleuse	12,90	
	19	Craie dure	0,40	
	20	Craie ferme	1,90	
34,40	.....	.....		— 8,30
	21=M	Banc de meule	0,50	
	22	Craie dure sablonneuse	1,30	
	23	Craie blanche	3,90	
40,10	.....	.....		— 14,50
	24=b	Plat banc d'argile	0,10	
	25	Craie grise dure	0,70	
	26	Craie grise bleue	0,50	
41,40	.....	.....		— 15,50
	27	Bleues	} 2,70	
	28	Marnes argileuses non aquifères		
	28	Grises bleues	1,40	
45,50	.....	.....		— 19,50
	29	Bleues		

NOTES

1. - Le fonçage a commencé le 10 Juillet 1890.
2. - La traversée des terrains éboulés s'est faite avec une cuve en maçonnerie dont la base était munie d'une trousse coupante. Cette trousse s'est arrêtée dans la couche de craie grasse en décombres de 2 m. 10 d'épaisseur (couche n° 13). Une première retraite de cuvelage en fonte a ensuite été posée à l'intérieur de la cuve en maçonnerie. Travail terminé le 21-8-1890.
3. - Le 24 Novembre 1890, à 25 m. de profondeur on a dû arrêter les travaux par suite de l'impossibilité de traverser les terrains tellement fendillés et éboulés qui se délayaient avec l'eau (venue considérable d'eau, 20 à 25.000 hectolitres à l'heure).
4. - Du 22-12-1890 au 25 Mars 1891, exécution de 28 sondages autour du puits pour congeler les terrains au système « Poetsch », le fonçage du puits à niveau bas étant devenu impossible. (Reprise du travail dans le puits le 25-11-1891).
5. - Le cuvelage (fonte) était posé jusqu'à un mètre au-dessus du banc de meule le 28-1-1892, et ancré dans les bleues le 18-2-1892.

Turonien supérieur et Sénonien inférieur

dans quelques puits des concessions de Lens et de Liévin

par R. Petit et M. Buisine

Les couches de passage du Turonien au Sénonien dans le Nord de la France ont été étudiées successivement par Parent, Gosselet, Leriche, Briquet, M. L. Dollé et plus récemment par M. Bonte.

Actuellement, M. Polvêche a réuni les matériaux d'un travail d'ensemble sur le crétacé supérieur, dans lequel il mentionnera sans doute les puits 8 de Liévin et 19 de Lens, creusés au cours des dix dernières années, et dont il a les coupes, des échantillons de terrain et les fossiles recueillis au cours du fonçage.

Nous voudrions lui apporter quelques documents supplémentaires en communiquant à la Société Géologique les résultats d'un récent dépouillement d'archives. Il s'agit du détail de la succession des couches en question dans les puits 9 et 10 de Lens et dans le puits 3ter de Liévin.

Ainsi qu'il a été dit dans la communication précédente à propos du puits 10 de Lens, la coupe du puits 9 de la même concession et celle du puits 3ter de Liévin sont parmi celles qui ont échappé à la destruction pendant la guerre 1914-18 et qui ont été recopiées ensuite.

L'intérêt de ces coupes est de montrer que dès 1885 des observateurs apparemment non prévenus ont, avec les expressions dont ils disposaient à cette époque, décrit et précisé la position et l'épaisseur de couches variées dont l'extension a été mise en évidence plus tard.

Dans les trois puits, comme dans la plupart des autres qui ont été creusés dans la région de Lens, la position du banc de meule M est certaine et unique. Mais en outre, on distingue dans le voisinage de ce banc de minces lits qui représentent sûrement les argiles vertes de Briquet. Ils ont été nommés :

« plat banc avec crasseté » au puits 9

« plat banc d'argile » au puits 10

« banc d'argile très plastique » et

« plat banc avec remplissage » au puits 3 ter.

Nous les désignons ci-après par les lettres *a* et *b* pour ne pas préjuger de leur assimilation avec les banes analogues d'Auby et de St-Laurent-Blangy, mais leur identité avec les banes d'argile du puits 19 est absolument évidente.

Nous n'avons rien à ajouter aux coupes des puits 6 de Liévin et 13 bis de Lens données par Gosselet (1911, p. 21 et 178) car les originaux en ont été détruits. On y reconnaîtra facilement quelques-uns des lits d'argile verte signalés ailleurs. Malgré une appellation différente, il est certain que la « collerette de bleu » de 7 cm. d'épaisseur située au puits 13 bis à 4 m. 63 sous le banc de meule est la même chose que le plat banc d'argile *b* du puits 10 rencontré à 5 m. 20 sous le banc de meule M.

PIBLOGRAPHIE

- BONTE A. (1936). — Observations sur l'axe de l'Artois dans la région de Vimy. *A.S.G.N.*, t. LXI, p. 126.
- PRIQUET A. (1919). — Turonien supérieur et Sénonien inférieur dans le Nord de la France. *A.S.G.N.*, t. XLIV, p. 127.
- DOLLÉ L. (1922). — La craie bréchoïde de Solesmes. *A.S.G.N.*, t. XLVII, p. 65.
- GOSSELET J. (1906). — Nouvelles observations sur la sédimentation de la craie. La meule d'Auby et de Courcelles. *A.S.G.N.*, t. XXXV, p. 125.
- GOSSELET J. (1911). — Les Assises crétaciques et tertiaires dans les fosses et les sondages du Nord de la France. *Etude des gîtes minéraux de la France*, fasc. III, Région de Béthune.

PUITS 9 DE LENS - TERRITOIRE DE LENS

1884 - 1885

Coordonnées Lambert I
Zone Nord X = 633.235
Y = 303.725

<i>Profon- deur</i>	<i>Dési- guation des couches</i>	<i>Nature des Terrains</i>	<i>Epais- seur</i>	<i>Cotes à la mer</i>	
0		Recette définitive.. . . .		+ 39,70	
		Scories rapportées	2,40		
		Terre végétale (et argile ?)	1,80		
		Argile avec marne	2,20		
		Craie marneuse ébouleuse	5,60		
		Craie fendillée ébouleuse	6,55		
		Craie fendillée avec silex	2,10		
		»	7,60		
		Craie dure avec silex	1,10		Plat banc régulier
		Craie compacte			Plat banc serré
		avec silex	4,35		
		»	2,—		Plat banc serré
		Craie grisâtre très compacte	3,75		
39,45				+ 0,25	Plat banc régulier
	M	Banc de meule dur 0,50 ?	} 2,15		
		Banc de meule sableux 1,65 ?			
	a	Plat banc avec crasseté	0,05		
		Craie grise tendre	0,90		Plat banc serré
		»	0,80		Plat banc serré
		»	1,00		Plat banc serré
		»	1,25		.....
45,60				- 5,90	
	b	Plat banc avec crasseté	0,10		
		Craie grise bleue tendre	1,20		
		»	2,00		Plat banc
		»	0,90		Plat banc
		»	2,00		Plat banc régulier
51,80				- 12,10	
		Craie bleue			

PUITS 3 ter DE LIEVIN - TERRITOIRE D'ELEU
1906

Coordonnées Lambert I
Zone Nord X = 633.241
Y = 302.285

Profon- deur	Dési- gnation des couches	Nature des Terrains	Epais- seur	Cotes à la mer
0	Orifice			+ 50,30
	Remblai		1,60	
	Terre végétale		0,25	
	Terre végétale mélangée de craie		0,25	
	Banc de tuf irrégulier av. mélange craie		0,60	
2,70	.....			+ 47,60
	Craie blanche très friable	}	38,60	
	Craie blanche fissurée avec infiltration d'ar- gile en abondance			
	Craie blanche grisâtre, silex en abondance			
	Craie blanche grisâtre, silex rares			
41,30	.....			+ 9,00 P. b. donnant de l'eau
				+ 8,30 Plat banc ?
				+ 6,30 Banc de silex
	Craie avec silex		6,30	+ 4,90 Banc de silex
				+ 4,30 Banc de silex de 3 cm.
47,60	.....			+ 2,70 P. b. donnant de l'eau
				+ 1,70 P. b. avec silex en chape- let donnant de l'eau.
	Craie grise	}	4,90	
	Banc de craie grise très dure			
	.....			— 2,20
	Lit sableux		0,10	
52,60	.....			— 2,30
	M Banc de meule		0,60	
	Craie grise plus tendre	}	2,30	
	Craie grise compacte très dure			

<i>Profondeur</i>	<i>Désignation des couches</i>	<i>Nature des Terrains</i>	<i>Épaisseur</i>	<i>Cotes à la mer</i>
55,50	.....			— 5,20
	<i>a</i>	Banc d'argile très plastique	0,10	
		Craie grise fissurée	} 3,40	
		Craie grise avec nombreux rognons de minéral de fer		
59,00	.....			— 8,70
	<i>b</i>	Plat banc de 0,10 de remplissage	0,10	
		Craie gris-verdâtre très dure	7,90	
67,00	.....			— 16,70
		Petit bleu avec mélange de terrain gris sans stratification.		

M. A. Bouroz présente la communication suivante :

La série stratigraphique et les tonstein du Westphalien C du Sud-Ouest de la concession de Nœux par A. Bouroz, P. Dollé et G. Puibaraud

(3 fig., Pl. IV)

Une communication faite en 1953 (1) avait présenté un premier essai de corrélation de l'assise de Bruay de l'ensemble du Bassin du Nord et du Pas-de-Calais, basé sur les nombreux niveaux de tonstein trouvés à cette date.

Presque toutes les corrélations effectuées se sont montrées solides et de nombreux gîtes nouveaux des divers tonstein ont été retrouvés depuis et sont venus confirmer les assimilations admises.

Une seule région avait donné des résultats peu satisfaisants : c'était la région de la concession de Nœux située au Sud-Ouest de la faille de Sains (voir (1) p. 128-130). La série stratigraphique appartenant à l'assise de Bruay

et contenant un certain nombre de tonstein n'avait pu être raccordée d'une façon précise au reste du bassin que par son sommet : le poudingue de St-François (poudingue d'Edouard de Lens). La zone des tonstein n'avait pu l'être que par le début de la zone d'apogée de L. sub. Brongniarti dans la série stratigraphique. Les travaux n'étaient pas assez avancés alors pour qu'on puisse faire le raccord par le bas, c'est-à-dire par le niveau marin de Rimbert encore inconnu dans ce gisement.

La mise en service du nouveau siège de concentration n° 13 du Groupe de Béthune à l'étage 800 et l'avancement des travaux au siège n° 4 ont permis de recouper plusieurs fois Rimbert et de reconnaître la véritable identité des tonstein déjà connus dans le faisceau des veines exploitées.

Le fait d'avoir pu remettre les niveaux à leur place exacte nous a conduit à rechercher ceux qui manquaient encore dans la série du Sud-Ouest de Nœux et à identifier le tonstein Basilic, niveau supplémentaire situé à trente mètres au toit de Rimbert.

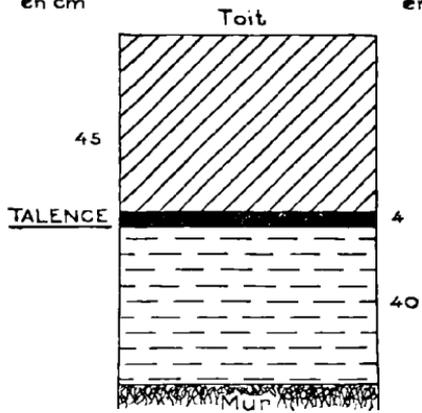
Les tonstein connus à ce jour dans ce gisement sont les suivants :

Tonstein Talence. — Ce tonstein a été trouvé dans la veine n° 2 en intercalaire entre le sillon de toit constitué par du charbon et le sillon de mur constitué par du charbon argileux très cendreuse (voir fig. 1). Son épaisseur varie de 3 à 4 cm. ; il s'accompagne parfois à sa partie inférieure d'un lit irrégulier de siderose ne dépassant pas 1 cm. d'épaisseur. Le tonstein présente un aspect légèrement lité dû à des filets très minces de charbon surtout dans sa partie supérieure, mais sa cassure est irrégulière et il présente des diaclases perpendiculaires à la stratification. Sa couleur est gris foncé, presque noire, sa rayure est grise. En lame mince, section perpendiculaire, il présente une pâte stratifiée, généralement sombre, quelquefois brun rouge, avec de nombreux petits quartz détritiques et des bandes plus claires renfermant des

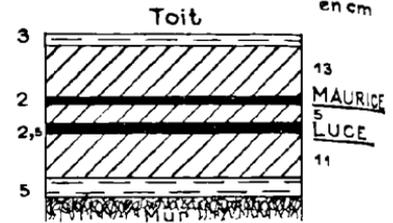
Charbon en cm

Intercalaires en cm

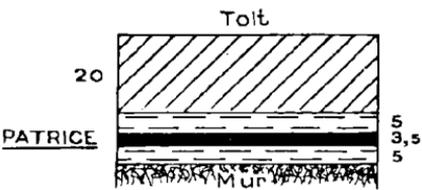
Charbon en cm



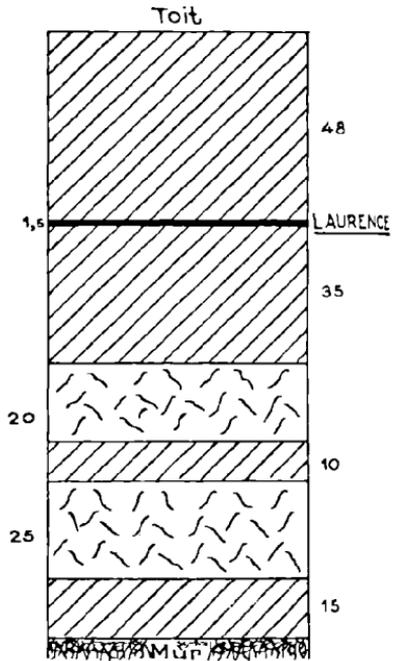
Veine N°2



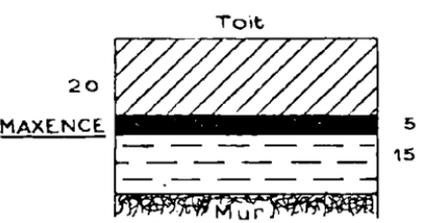
Veine St Yves



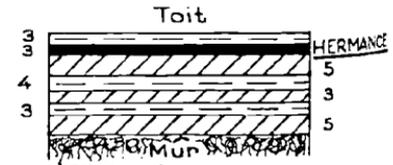
Veine St Benoit



Veine St Hortense (= St Edouard)



Passée au toit de la veine St Yves



1ere Passée au mur de St Guillaume

Légende

- Tonstein
- Charbon
- Schiste ch³
- Mur
- Sch à radicales

Tonstein du S.O. de la Concession de Noeux

Fig. 1 - Echelle : 1/20

quartz détritiques et de rares fragments de kaolinite macrocristalline brisée ; en section parallèle, la pâte présente des plages sombres et des plages claires avec de nombreux quartz détritiques, des fragments de kaolinite macrocristalline brisée et quelques nodules de kaolinite cryptocristalline.

Son aspect microscopique est analogue à celui qu'il présente dans les concessions d'Hénin-Liétard et de Béthune où il a déjà été trouvé (2).

Tonstein Patrice. — Ce tonstein se trouve en intercalaire vers la base de la veine St-Benoît (voir fig. 1). Son épaisseur est de l'ordre de 3 à 3,5 cm. Macroscopiquement, il a un aspect légèrement stratifié, avec diaclases verticales peu apparentes, la couleur est gris brun foncé et la rayure brune. Les nodules de kaolinite apparaissent en petites mouchetures blanchâtres visibles à la loupe.

En lame mince, section perpendiculaire, il présente au sommet une pâte brune avec rares quartz détritiques, des cristallites de sidérose et de calcite de formation secondaire, kaolinite macrocristalline beige en petits fragments brisés et roulés, un peu de kaolinite micro et cryptocristalline nodulaire.

Dans la partie moyenne, bande à pâte brune, kaolinite macrocristalline brisée rare, kaolinite altérée, nodules carbonatés abondants, puis bande à pâte plus claire avec des nodules de pâte homogène rouge à extinction, quartz détritique, abondante kaolinite macrocristalline stratifiée, légèrement polychroïque, striée longitudinalement, nodules de kaolinite micro et cryptocristalline.

A la base, bande à pâte sombre avec quelques inclusions de leverriérite, mais nombreux petits quartz détritiques à contour peu anguleux ; micas aciculaires, kaolinite rare disséminée dans la masse, allongée suivant la stratification.

En sections parallèles, montre, disséminés sans ordre, les éléments de la section perpendiculaire.

Tonstein Maxence. — Ce tonstein se trouve dans la première passée au toit de la veine St-Yves, en intercalaire à la base d'un sillon de charbon et séparé du mur de la passée par quelques centimètres de schiste carbonneux (voir fig. 1). Il est dur, massif, sans diaclases apparentes, gris brun, avec bandes noirâtres à la base et au sommet ; son épaisseur varie de 3 à 6 cm. (voir fig. 1), il présente des nodules de kaolinite visibles à la loupe ; sa rayure est brun clair.

En lame mince, section perpendiculaire, pâte noire charbonneuse peu abondante, quartz détritiques peu anguleux, peu abondants ; très abondante kaolinite macrocristalline jaune beige brisée, souvent plus ou moins vermiculée ; pratiquement pas de kaolinite nodulaire.

En sections parallèles, pâte noire concentrée en petites plages avec de rares quartz détritiques ; le reste du champ est occupé par de la kaolinite macrocristalline jaune en bâtonnets et vermicules enchevêtrés et plus ou moins brisés.

Tonstein Maurice. — Ce tonstein se trouve en intercalaire dans la veine St-Yves sous le sillon de charbon supérieur (voir fig. 1). Son aspect est très homogène, il est noir, d'une texture très fine avec une cassure conchoïdale ; son épaisseur est de 2 cm. et il est borduré par quelques très minces filets carbonneux. Sa rayure est blanche.

En lame mince, section perpendiculaire, il présente une pâte brun rouge fibreuse à extinction, stratifiée ; petits quartz détritiques, rare kaolinite macrocristalline jaune, abondante kaolinite cryptocristalline nodulaire.

En section parallèle, kaolinite cryptocristalline en nodules disséminés dans une pâte brune abondante.

Tonstein Luce. — En intercalaire dans la veine Saint-Yves sous le précédent et séparé de lui par un sillon de charbon de 5 à 6 cm. (voir fig. 1). Son épaisseur est de

2,5 cm. et son aspect macroscopique identique à celui de Maurice.

En lame mince, section perpendiculaire, pâte brun rouge fibreuse stratifiée, à extinction, quelques quartz détritiques, quelques fragments de kaolinite macrocristalline jaune brisée et roulée ; abondants nodules micro et surtout cryptocristallins de kaolinite gris bleuté ; ces nodules sont légèrement aplatis et alignés en bandes parallèles à la stratification.

En section parallèle, pâte brun rouge fibreuse pratiquement sans extinction ; nombreux nodules de kaolinite disséminés dans la masse, micro et cryptocristallin en égale proportion ; un peu de kaolinite macrocristalline jaune.

Tonstein Laurence. — En intercalaire dans la veine Sainte-Hortense du siège 13 (veine St-Edouard de la fosse 4). Son épaisseur est de 1,5 cm. ; il est gris foncé, d'aspect lité, à rayure gris clair (voir fig. 1).

En lame mince, section perpendiculaire, pâte brune stratifiée, légère tendance à l'extinction, quelques quartz détritiques, minces aciculaires, nombreux petits fragments de kaolinite macrocristalline beige vermiculée et brisée, pratiquement pas de kaolinite nodulaire.

En section parallèle, mêmes éléments qu'en section perpendiculaire, mais disséminés sans ordre, gros fragments de kaolinite macrocristalline beige.

Tonstein Hermance. — En intercalaire dans la première passée au mur de la veine Saint-Guillaume (voir fig. 1). Son épaisseur est de 3 à 3,5 cm., il est dur, massif, de couleur brun noir, cassure légèrement conchoïdale, diaclases verticales et rayure brun clair.

En lame mince, section perpendiculaire, pâte brun rouge fibreuse à extinction avec quelques quartz détritiques anguleux, très gros nodules allongés de kaolinite cryptocristalline, petits nodules microcristallins de kaoli-

nite vermiculée comprimant la pâte ; quelques éléments de kaolinite macrocristalline jaune.

En section parallèle, pâte brune fibreuse avec légère tendance à l'extinction, quartz détritiques anguleux assez abondants, nombreux nodules de kaolinite microcristalline comprimant la pâte ; quelques gros éléments de kaolinite macrocristalline.

Tonstein Florence. — En intercalaire dans la troisième passée au mur de la veine Saint-Guillaume (voir fig. 2). Son épaisseur varie de 5 à 6,5 cm. ; sa couleur est gris foncé à noir ; il est dur, massif, à diaclases verticales bien marquées ; sa rayure est brun clair.

En lame mince, section perpendiculaire, pâte brun rouge à extinction, abondants petits quartz détritiques anguleux ou aciculaires ; nombreux éléments de kaolinite macrocristalline jaune fibreuse brisée, kaolinite nodulaire très rare.

En section parallèle, éléments disséminés sans ordre au milieu d'une pâte brune ; quartz détritiques peu abondants et très nombreux fragments de kaolinite parfois bien vermiculée.

Tonstein Espérance. — En intercalaire dans une passée située à 90 mètres environ au toit de Rimbart. Son épaisseur varie de 2,5 à 3 cm. (voir fig. 2) ; il est gris brun foncé, lité avec quelques minces filets charbonneux sur ses bords, assez dur avec diaclases verticales peu abondantes, cassure légèrement conchoïdale, rayure brun foncé.

En lame mince, section perpendiculaire, pâte brune stratifiée, quelques quartz détritiques, kaolinite macrocristalline brisée, microcristalline nodulaire et cryptocristalline dans la masse.

En section parallèle, mêmes éléments que dans la section perpendiculaire, mais disséminés sans ordre ; quelques petits vermicules de kaolinite bien individualisés.

Tonstein Constance. — Ce tonstein se situe entre toit et charbon d'une passée à 65 mètres environ au toit de Rimbart (voir fig. 2). Son épaisseur est de l'ordre de 12 cm. Sa teinte est variable : gris à gris clair, son aspect généralement massif, mais il peut parfois être divisé en 2 ou 3 bancs séparés par des surfaces brillantes, lisses, enduites de kaolinite blanchâtre ou chamois. Sa rayure est gris clair.

En lame mince, section perpendiculaire, pâte beige, fibreuse, à extinction très nette ; nombreux nodules de kaolinite microcristalline ; kaolinite macrocristalline parfois en gros vermicules ; kaolinite cryptocristalline diffuse ; quartz détritiques abondants souvent concentrés en lits parallèles à la stratification.

En section parallèle, mêmes éléments qu'en perpendiculaire mais disséminés sans ordre.

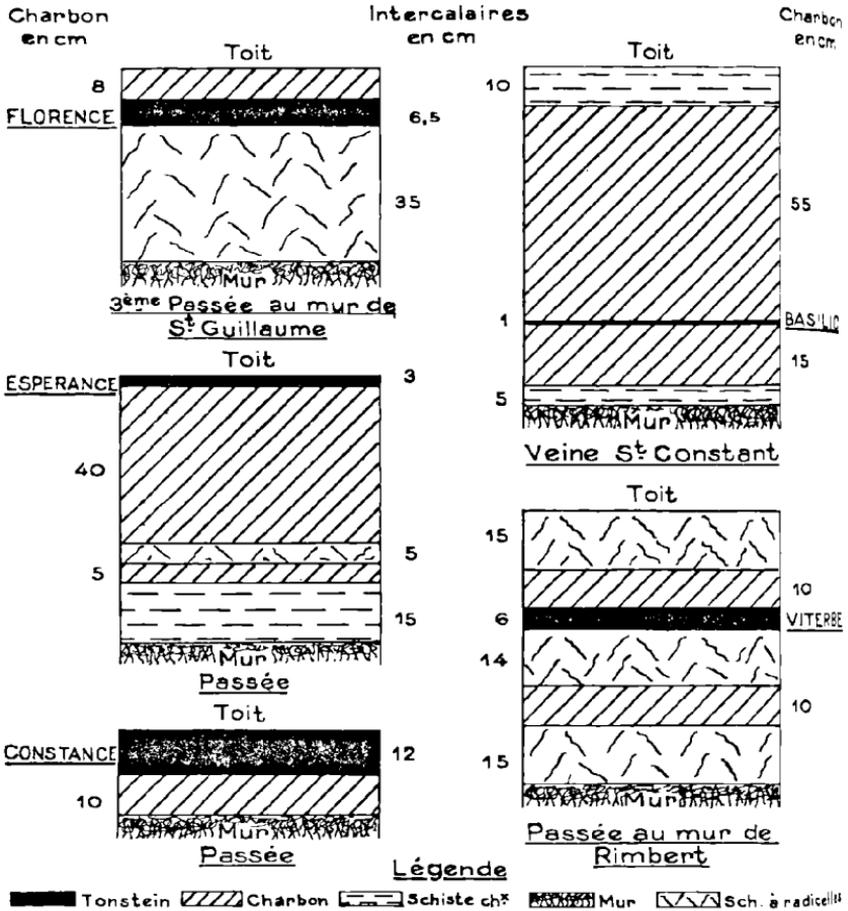
Tonstein Basilic. — Ce tonstein se situe en intercalaire dans la veine St-Constant du siège 4 de Nœux, à 33 m. environ au toit de Rimbart ; Basilic a été retrouvé dans le champ du siège 13 de Nœux (voir fig. 2). Son épaisseur est de 1 à 1,5 cm. ; il a un aspect homogène, sa couleur est gris foncé et sa rayure grise.

En lame mince, section perpendiculaire, pâte sombre ou brun rouge, fibreuse, à extinction ; quelques quartz détritiques, le plus souvent aciculaires et très abondante kaolinite macrocristalline jaune, plus ou moins brisée, stratifiée.

En section parallèle, pâte brune, nombreux vermicules de kaolinite macrocristalline jaune plus ou moins grêles, quelques nodules micro et cryptocristallins.

Le tonstein Basilic a été trouvé également au siège 12 de Lens, en sondage, à 36 m. au toit de Rimbart.

Tonstein Viterbe. — Ce tonstein se situe dans une passée au mur de Rimbart (voir fig. 2). Il a environ 6 cm. d'épaisseur. Il est brun noir, assez dur, avec nombreuses



Tonstein du S.O. de la Concession de Nœux

Fig. 2 - Echelle : 1/20

diaclasses verticales, sa rayure est brun clair ; il présente sur chacun de ses bords une zone de 5 mm, environ contenant de minces filets charbonneux.

En lame mince, section perpendiculaire, bande à pâte noire, quelques quartz détritiques et très abondante kaolinite macrocristalline jaune brisée stratifiée ; bande à

pâte à extinction, avec kaolinite plus rare, vermiculée et quartz détritiques plus abondants.

En lame parallèle, plage à pâte sombre et plage à pâte brune. La kaolinite est rare dans la plage à pâte brune où ressortent les quartz détritiques anguleux. Elle est beaucoup plus abondante et disséminée sans ordre, quelquefois vermiculée dans la plage à pâte noire.

COMPOSITIONS CHIMIQUES

Il n'a pas été fait d'analyses chimiques systématiques, mais le passage des échantillons à la diffractographie (*) nous a permis de constater les particularités présentées par certains niveaux : les tonstein Maurice et Viterbe se caractérisent par la présence de phosphates de chaux, apatite en particulier, en quantité notable (10 % de la masse totale, en phosphates, après analyse chimique) et le tonstein Constance par une proportion encore plus grande de silice cryptocristalline (pouvant dépasser 15%).

REMARQUES GÉNÉRALES

En se reportant à la fig. 3, on peut voir que les tonstein du S.O. de la concession de Nœux se parallélisent sans difficulté avec ceux de la plaine de Lens.

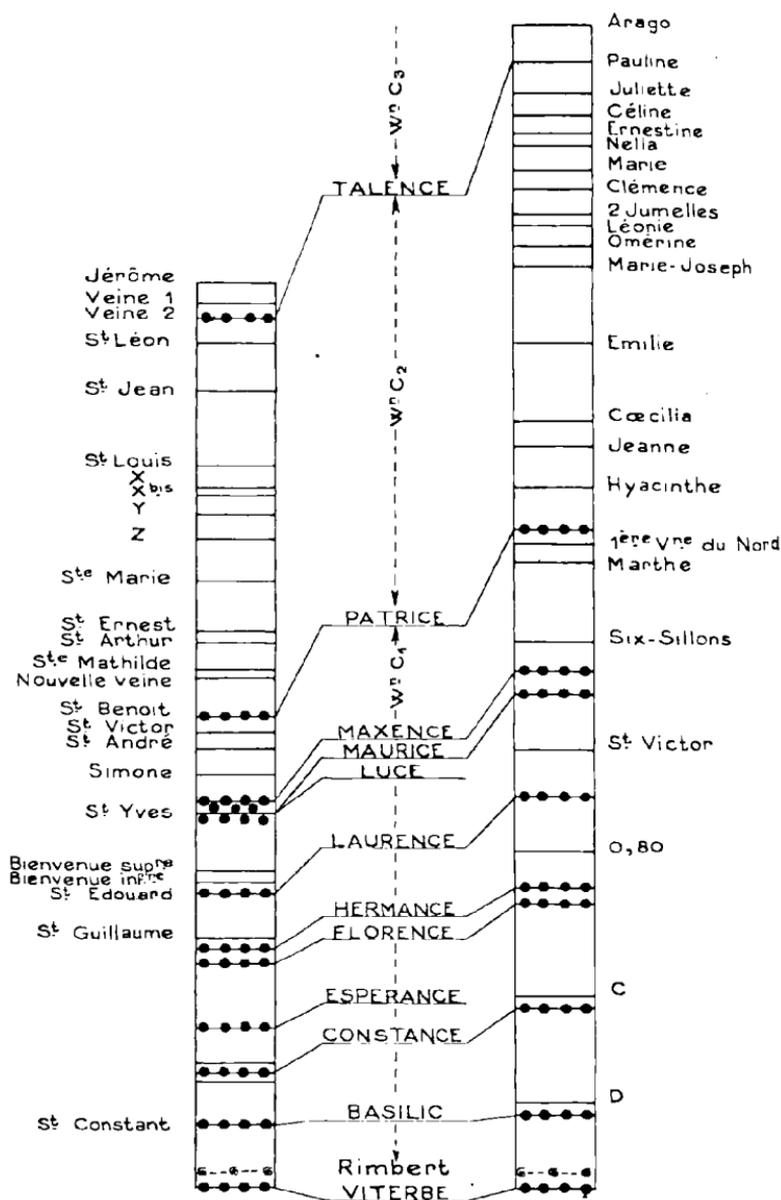
Le résultat le plus remarquable de cette mise au point est de constater que chaque niveau de tonstein de Nœux présente en lame mince des caractères particuliers qui se retrouvent identiques à ceux que ce niveau présente dans le reste du bassin.

Il y a donc bien pour chaque tonstein une individualisation qui permet de le reconnaître à ses caractères microscopiques. Si les identifications exactes n'avaient pu être faites dès 1953 (1) sur ces bases, cela provient des raisons

(*) L'étude aux rayons X a été faite par Monsieur QUINOT, Chef du Service de Physique au Centre d'Etudes Médicales Minières du Bassin, que nous remercions vivement.

S.O. de Nœux

Lens



Corrélation Lens - S.O. de Nœux

Echelle 1/5000

Fig. 3

suivantes : les travaux du fond n'étaient pas assez avancés à l'époque pour connaître, dans cette région de Nœux, la position exacte de Rimbert sous la partie exploitée de l'assise de Bruay. Rimbert ayant été recoupé depuis, on a pu constater que la distance Rimbert - Poudingue d'Edouard n'y était que de 730 mètres, alors qu'elle est de 920 mètres à Lens et 1.050 à Hénin-Liétard, à l'Est, et de 800 mètres à Bruay, à l'Ouest (en admettant l'identité Poudingue d'Edouard = Poudingue de D bis). Le gisement du S.O. de Nœux constitue donc un point singulier dans la sédimentation du bassin dont d'autres indices avaient déjà été signalés par l'un de nous (3), notamment le nombre moins grand des veines exploitables et l'épaississement des stériles qui les séparent : cet appauvrissement est important puisqu'une diminution de l'épaisseur totale des faisceaux stratigraphiques n'entraîne pas un resserrement des distances entre veines exploitables mais coïncide au contraire avec la raréfaction de ces veines. Dans ces conditions et l'étude des tonstein n'étant encore qu'à ses débuts, il ne nous avait pas paru possible d'admettre alors une telle variation de stampe en se basant uniquement sur des caractères microscopiques dont le degré de constance n'avait pas été encore suffisamment observé : la comparaison des épaisseurs de stampe paraissait infirmer les corrélations véritables.

On peut dire maintenant que la permanence des caractères des niveaux de tonstein est démontrée et permet de faire des corrélations stratigraphiques des séries houillères beaucoup plus précises qu'auparavant. En particulier, la subdivision de l'assise de Bruay en faisceaux est beaucoup plus rigoureuse depuis l'emploi de certains niveaux de tonstein comme limite : le tonstein Talence, par exemple, trouvé à Nœux, Béthune, Courrières et Dourges, sépare les faisceaux de Dusouich et d'Ernestine. Il n'a pas encore été trouvé à Lens, mais l'identité de la veine Pauline avec la veine Brillante (2) de Courrières et Dourges étant certaine, le développement des travaux

permettra sans doute de l'y trouver. De même, le tonstein Patrice forme une limite précise entre les faisceaux d'Ernestine et de Six-Sillons.

Certains niveaux présentent des lacunes dans leur aire de dépôt, soit qu'en certains points ils ne se soient jamais déposés, soit qu'ils aient été érodés immédiatement après leur dépôt. Le tonstein Espérance, par exemple, vient d'être trouvé à l'extrémité Ouest du bassin, pour la première fois dans le Groupe d'Auchel : dans un montage de deux cents mètres de long, dans la veine St-Jules, on a trouvé le tonstein Espérance entre le charbon et le toit sous forme d'une lentille de 2 cm. d'épaisseur et sur une longueur de 80 cm. seulement dans le montage. La lentille de tonstein s'amincit sur ses bords et disparaît par contact du toit au charbon. Il semble bien que, dans un tel cas, c'est un remaniement immédiatement postérieur au dépôt qui a entraîné la disparition presque totale d'un niveau par ailleurs continu et dont il est resté localement un petit témoin.

CORRÉLATIONS A GRANDE DISTANCE

Des essais de corrélations à grande distance ont pu déjà être tentés avec succès (4). La découverte récente d'un nouveau gîte du tonstein Baldur, dans la Ruhr (5), nous a permis d'en comparer un échantillon à notre nouveau niveau Basilic (*) et de constater leur remarquable identité d'aspect en lame mince (voir Pl. IV). Leur même position à quelques mètres au-dessus des derniers schistes fossilifères marins de Rimbert-Aegir vient confirmer leur identité en tant que niveau stratigraphique.

L'ensemble des corrélations dans le Westphalien C, pour le Bassin du Nord de la France et la Ruhr, peuvent maintenant s'établir de la façon suivante, avec le maximum de probabilité :

(*) Nous remercions vivement M. le Professeur Dr K. HAHNE, de Bochum, et son adjoint M. le Dr FRIEBIG, d'avoir bien voulu nous permettre d'étudier et de faire état de cet échantillon.

<i>Nord de la France</i>	<i>Ruhr</i>
Espérance	Hagen 1
Eric	Hagen 2
Constance	Erda
Basilic	Baldur
Rimbert-Aegir	
Viterbe	Upsilon

En lame mince, le doublet Espérance-Eric présente des caractères sensiblement différents de ceux d'Hagen 1 et 2. Par contre, les caractères de Constance et d'Erda présentent des analogies certaines ainsi que ceux de Viterbe avec Upsilon. Quant à Basilic-Baldur, la ressemblance de leurs caractères microscopiques est véritablement stupéfiante pour des échantillons déposés à quelques centaines de kilomètres de distance.

La genèse des tonstein est à coup sûr multiple : il est certain que la kaolinite peut se déposer par apport d'un lessivage d'arène granitique ou bien il peut y avoir dépôt d'une argile sous forme de kaolinite dans certaines conditions de sédimentation et de valeur du PH du milieu aqueux. Mais que, dans le cas du tonstein Basilic-Baldur notamment, un des phénomènes ci-dessus se produise simultanément sur une aire de dépôt aussi vaste alors qu'il était lié, à l'origine, à un réseau hydrographique complexe et à des aires d'érosion variées, n'est pas satisfaisant pour l'esprit. Il est plus vraisemblable d'admettre une origine unique et pratiquement instantanée pour l'ensemble de ce dépôt et ses conditions semblent ne pouvoir être trouvées que dans une émission volcanique : cendres tombant directement dans le bassin, auxquelles peuvent s'ajouter les cendres lessivées facilement par les eaux courantes sur les aires émergées voisines. Il n'est pas question, dans notre esprit, de plaider pour une généralisation de ce processus et de l'étendre à tous les niveaux de tonstein, mais il est celui qui permet le mieux d'expliquer la continuité et l'homogénéité de ceux des niveaux

qui s'étendent sur plusieurs milliers de kilomètres carrés. Le fait qu'un même tonstein se trouve indifféremment dans une veine, dans son mur ou dans son toit, ou traverse éventuellement une zone stérile ou un wash-out et reste malgré cela homogène, semble indiquer que ses caractères ne découlent pas directement des conditions de sédimentation locales, donc variables, sur une aire d'une telle étendue.

Les diverses théories de formation des tonstein correspondent certainement à des faits réels. C'est le contexte paléogéographique qui semble devoir nous inciter à nous référer à l'une d'elles, suivant chaque cas particulier.

EXPLICATIONS DE LA PLANCHE IV

FIGURE 1. — Tonstein TALENCE. Groupe de Béthune. Siège 10 de Bully. Bowette 10.026 à 190 m. du Puits 10. Veine n° 2. L.M. 7592. Section perpendiculaire. Lumière polarisée. Grossissement 20.

Pâte brune, quartz détritiques abondants, fragments et nodules de kaolinite.

FIGURE 2. — Tonstein TALENCE. Groupe de Béthune. Siège 10 de Bully. Bowette 10.026 à 190 m. du Puits 10. Veine n° 2. L.M. 7593. Section parallèle. Lumière polarisée. Grossissement 20.

Nodule de kaolinite microcristalline vermiculée dans une pâte brune abondante contenant de nombreux petits quartz détritiques.

FIGURE 3. — Tonstein BASILIC. Groupe de Béthune. Siège 4 de Nœux. Bowette Sud 680. Repère 16. L.M. 7912. Section perpendiculaire. Lumière polarisée. Grossissement 20.

Dans une pâte brun rouge à extinction, nombreux éléments de kaolinite macrocristalline vermiculée. Rares éléments nodulaires. Quelques quartz détritiques.

FIGURE 4. — Tonstein BASILIC. Groupe de Béthune. Siège 4 de Nœux. Bowette Sud-Ouest 680. Intercalaire de la veine St-Constant. L.M. 2228. Section parallèle. Lumière polarisée. Grossissement 20.

Pâte brune avec quelques petits quartz. Nombreux vermicules et fragments de kaolinite.

FIGURE 5. — Tonstein BALDUR. Ruhr. Siège Franz Haniel. Oberhausen à 279. L.M. 8933. Section perpendiculaire. Lumière polarisée. Grossissement 20.

Pâte beige brune à extinction avec de nombreux vermicules ou bâtonnets de kaolinite plus ou moins brisée. Rares quartz détritiques.

FIGURE 6. — Tonstein BALDUR. Ruhr. Siège Franz Haniel. Oberhausen à 279. L.M. 8934. Section parallèle. Lumière polarisée. Grossissement 20.

Nombreux fragments de kaolinite plus ou moins vermiculée dans une pâte beige brune. Très rares quartz détritiques anguleux.

FIGURE 7. — Tonstein VITERBE, Groupe de Béthune. Siège 2 de Nœux. Bowette Sud 597. Repère n° 32. L.M. 7879. Section perpendiculaire. Lumière polarisée. Grossissement 20.

Pâte brune avec de nombreux bâtonnets de kaolinite beige alignés suivant la stratification. Très rare kaolinite nodulaire. Quartz détritiques anguleux.

FIGURE 8. — Tonstein VITERBE. Groupe de Béthune. Siège 2 de Nœux. Bowette Sud 597. Repère n° 32. L.M. 7880. Section parallèle. Lumière polarisée. Grossissement 20.

Nombreux éléments de kaolinite brisée et roulée dans une pâte sombre. Peu de vermicules et de nodules individualisés. Rares quartz.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) A. BOUROZ, J. CHALARD et P. DOLLÉ. — Extension géographique et valeur stratigraphique des niveaux de tonstein du bassin houiller du Nord de la France. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXXIII, 1953.
- (2) P. DOLLÉ. — Tonstein de la partie supérieure de l'Assise de Bruay. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXXIV, 1954.
- (3) A. BOUROZ. — Quelques précisions sur le gisement du Groupe de Béthune des Houillères du Bassin du Nord et du Pas-de-Calais. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXVII, 1947.
- (4) J. SCHEERE. — Nouvelle contribution à l'étude des tonstein du terrain houiller belge. *Ass. Et. Paléont. et Stratig. Houillères*, Public. n° 26, 1956.
- (5) H. FIEBIG. — Ein kohlentonstein in Flöz Baldur (Westfal C) des Ruhrkarbons. *Gluckauf*, Helt 1/2 S. 62/63, 94, 1958.

MM. **J.P. Destombes** et **J. Sornay** ont envoyé une communication intitulée : « *Sur un Vascoceras du Turonien du Blanc-Nez (Pas-de-Calais)* » (1).

(1) La planche accompagnant le texte de la communication n'étant pas faite conformément aux directives de la S.G.N., la publication de cette note est remise à une date ultérieure.

M. J. Ricour a fait parvenir une communication intitulée : « *Présentation de l'Association Internationale des Hydrogéologues (A.I.H.)* ».

Excursion du Jeudi 8 Mai 1958
dans la région de Cuise
et Réunion extraordinaire annuelle de la Société
sous la Présidence de M. R. Leroux

La réunion extraordinaire de la Société s'est tenue au cours d'une excursion dans la région de Cuise. A cette séance, ont assisté 27 membres de la Société et 39 étudiants des Facultés ou sympathisants.

Partis de Lille à 6 h. 30, les membres de la Société ont d'abord visité les carrières de Cuisse-la-Motte où ils ont pu étudier en détail les sables fossilifères de Cuise. Ils se sont ensuite rendus au Mont-Berny où affleurent les calcaires du Lutétien.

Au début de l'après-midi, les participants ont été conduits près de l'Etang St-Pierre où ils ont pu encore observer les sables de Cuise et les couches de passage au Lutétien dans la forêt du Mont Collet. Enfin, ils visiteront, pour y voir le calcaire grossier à *Cerithium giganteum*, les champignonnières de Pierrefonds.

A midi, un déjeuner réunit les excursionnistes à l'hôtel de Vieux-Moulin. Au dessert, le Président M. R. Leroux, prend la parole et retrace la vie de la Société durant l'année écoulée, dans les termes suivants :

C'est, je crois, la deuxième fois que l'Assemblée Générale de la Société Géologique du Nord tient ses assises dans le département de l'Oise. Une première réunion y a, en effet, été organisée peu de temps après la première guerre mondiale par mon illustre homonyme M. Edmond Leroux.

Le choix de cette région m'a été dicté par trois considérations :

— son intérêt géologique, puisque Cuise-Lamotte a donné son nom, dans le bassin de Paris, à l'étage Yprésien ;

— son attrait touristique, grâce à la beauté de la nature et à la qualité de ses monuments ;

— ses souvenirs historiques, dont notamment le glorieux armistice de 1918.

Vous avez, Mesdames et Messieurs, plébiscité mon choix en assistant très nombreux à cette excursion et à cette réunion de l'amitié.

Je vous remercie de tout cœur de votre encourageante présence et j'adresse un particulier hommage aux dames qui, je l'espère, garderont un agréable souvenir d'une excursion que je n'ai pas voulue trop sévère.

J'adresse également un cordial salut aux étudiants qui nous accompagnent et à qui je souhaite une journée fructueuse et de brillants succès.

J'ai à vous présenter les excuses de notre Directeur : Monsieur le Professeur Pruvost, actuellement en excursion dans la Montagne Noire avec ses étudiants, de Messieurs Duparque, Corsin et Danzé, de Monseigneur Delépine, de Monsieur le Chanoine Depape, de Mademoiselle Le Maître, de Monsieur Robert Soyer avec qui j'avais visité le site en 1944 et qui est actuellement à l'étranger, de Monsieur Edmond Leroux qui a redouté les fatigues de l'excursion.

Respectueux de la tradition, je vous retracerai brièvement la vie de la Société depuis la précédente réunion extraordinaire du 8 Juin 1957, à l'occasion de laquelle mon éminent prédécesseur nous avait présenté le tertiaire de la région des Flandres.

L'activité de la Société a été régulière : 24 communications, dont 17 orales, 5 écrites et 2 présentations ont été faites au cours des réunions ordinaires.

Sept nouveaux membres ont été admis, mais nous avons

déploré le décès de M. le Professeur-Docteur Jongmans et de M. Nisse, Ingénieur des Mines, Député du Nord.

Nous nous sommes réjouis des distinctions dont plusieurs de nos membres ont été l'objet :

— Monsieur Waterlot, élu premier Vice-Président de la Société Géologique de France.

— Monsieur Danzé, qui a reçu le Prix Bertrand de la Société des Sciences, Arts et Lettres de Lille.

— Monsieur Polvêche, titulaire du Prix Gosselet de la même Société.

— Madame Morand-Judas et M. Godfriaux, qui ont obtenu la médaille Gosselet, de la même Société.

Le nombre des communications dont la qualité est unanimement appréciée dans les divers milieux scientifiques ainsi qu'en témoignent les nombreuses demandes d'échanges qui nous parviennent, les distinctions qui ont récompensé nos distingués lauréats démontrent le dynamisme de notre Société qui espère confirmer sa vitalité en éditant prochainement un important mémoire.

Cette vitalité, œuvre de l'ensemble de ses membres, est aussi celle de son bureau que je tiens à féliciter de son activité. Je remercie chaleureusement tous ceux qui contribuent, par leur concours désintéressé, à la bonne marche de la Société et qui m'aident si efficacement dans ma tâche.

Mesdames, Messieurs,

Jadis, l'abondance des carrières et sablières dans cette région a été fertile pour plusieurs générations de Géologues. Hélas, le temps a fait son œuvre et les gisements sont malheureusement en partie remblayés ou cachés par la végétation. Peut-être avez-vous été, ainsi, quelque peu déçus.

Il serait souhaitable que des gisements aussi fossilifères que ceux que nous avons trop rapidement explorés puis-

sent être préservés de la disparition ou de la destruction, et qu'un organisme tel que l'Union Nationale pour la conservation de la Nature et de ses Ressources parvienne à ce résultat.

J'espère néanmoins que l'exploration de cette succession d'assises tertiaires depuis l'argile à lignites que nous avons devinée au fond des vallées jusqu'aux sables moyens qui recouvrent les sommets, vous a permis de faire le parallélisme entre les diverses désignations : Thanétien et Landénien, Argile de Laon et Panisélien, Lutétien et Bruxellien, et que la moisson de sables, de roches et de fossiles a été abondante.

Je souhaite que chacun, en réveillant des souvenirs de cette journée, médite sur la beauté des sites de l'Île-de-France, sur la grandeur de son passé, et sur la paix des hommes.

Il me reste à lever mon verre à la santé de tous les assistants et de leur famille, à la grandeur, à la vitalité et à la prospérité de la Société Géologique du Nord.

Séance du 4 Juin 1958

Présidence de M. R. LEROUX, Président

M. J. Chalard présente la communication suivante :

**Gisement à goniatices « *Hudsonoceras proteum* (Brown) »
à la Fosse Sabatier dans la région de Valenciennes
par J. Chalard**

(1 figure, planches V et VI)

Les goniatices ont été considérées jusqu'à présent comme des fossiles rares dans les formations marines du terrain houiller du Nord de la France. Il n'en est rien, du moins en ce qui concerne les 2/3 inférieurs du Namu-

rien. Mais il se trouve que ces formations inférieures, pauvres en charbon, sont rarement l'objet des travaux du mineur, donc rarement accessibles. En outre, si les goniatites peuvent y être nombreuses dans certains bancs, ces bancs ont généralement une épaisseur faible, de l'ordre d'une dizaine de centimètres par exemple, et il n'est pas toujours aisé de les découvrir tout au long des kilomètres de galeries qu'il faut explorer.

Enfin, il arrive aussi que des bancs localement riches en fossiles se révèlent en d'autres points très pauvres ou même stériles. Dans certains cas même, des bancs fossilifères ne sont connus qu'en un petit nombre de points et peuvent être tout à fait lenticulaires. C'est le cas, comme nous le verrons plus loin, du gisement où nous avons trouvé *Hudsonoceras proteum* à la fosse Sabatier (J. Chalar, 1958).

Il s'agit d'une espèce créée et figurée par Brown (1841, p. 217, Pl. 7, fig. 27 et 28), sous le nom de *Goniatites proteus*, décrite et figurée de nouveau par Bisat (1924, p. 71, Pl. IV, fig. 7, Pl. VIII, Pl. X, fig. 4 et 5) sous le nom de *Homoceras proteum*, et rattachée depuis par Moore (1945, p. 433) à son nouveau genre *Hudsonoceras*.

Les échantillons trouvés à la fosse Sabatier (pl. V) ont été soumis à Mgr G. Delépine qui a bien voulu les examiner et que je remercie ici. Je remercie également les savants étrangers à qui j'ai eu l'occasion de soumettre ces pièces et qui ont attiré mon attention sur l'intérêt de cette trouvaille : MM. Bouckaert, de l'Association pour l'étude de la Paléontologie houillère à Bruxelles ; F. Hodson, de l'Université de Reading ; enfin E.W.J. Moore, l'auteur du genre *Hudsonoceras*, que je suis allé voir spécialement à Haslingden, près de Manchester.

GISEMENT

Les exemplaires de *Hid proteum* ont été rencontrés dans un banc calcaireux au toit d'une petite passée de 0,02 de

schistes charbonneux reposant sur un mur ; ce banc est situé à l'étage amont 220 dans une voie au rocher en direction prolongeant la veine St-Georges à travers et au delà d'une zone accidentée et bréchique, considérée comme le passage d'un puits naturel de grande taille (pl. VI, point 657 m.).

Les fossiles sont extraordinairement nombreux, certains joints en sont littéralement couverts. Certains exemplaires sont très grands et atteignent jusqu'à 4 cm. de diamètre (pl. V, n° 3 et 3a). En raison de la forme naturellement aplatie, discoïdale de *Hd proteum*, ils n'ont pas trop souffert de l'écrasement, certains exemplaires même, fossilisés en position plus ou moins oblique ou perpendiculaire à la stratification, ont gardé à peu près leur section originelle.

On trouve en mélange avec *Hd proteum*, de grands exemplaires écrasés d'un *Homoceras* du groupe de *H. diadema*, atteignant aussi et même dépassant 4 cm. de diamètre. Mais ces fossiles, originellement globuleux, ont, eux, particulièrement souffert de l'écrasement et ne sont pas déterminables spécifiquement. Il n'est donc pas possible de dire s'il s'agit de *Homoceras smithi* qui, en Angleterre, accompagne fidèlement *Hd proteum* dans ses gisements.

Enfin, on a trouvé à Sabatier, dans le même banc, quelques exemplaires de *Posidoniella sp.*

La coupe détaillée suivante a été relevée de haut en bas dans la voie en direction amont 220 au point 657 m. (Pl. VI) :

Sch. fin à *P. ophthalmoides* Jessen T.C., *Lingula mytilloides* Sowerby R., *Nuculana sp.*

0,45 calcaire impur peut-être dolomitique à encrines T.C. et brachiopodes.

0,25 calcaire impur peut-être dolomitique à goniatites T.C. : *Hudsonoceras proteum*, *Homoceras sp.*, et *Posidoniella sp.*

0,03 sch. légèrement bitumeux altéré.

0,02 lit argileux altéré.

0,45 calcaire impur, peut-être dolomitique, à encrines.

0,50 sch. dur à *Productus carbonarius*.

0,02 sch. charbonneux.

• Mur de sch. gréseux à radicales.

Le banc à goniatites est surtout riche en *Hudsonoceras* de grande taille et entier autour du point 657 m. (entre 655 et 659 m.). De part et d'autre, le banc est moins riche en goniatites et elles sont moins bien conservées et souvent à l'état de fragments.

Le même banc a été rencontré à l'étage 220 au point 722 m. (Pl. VI) dans une voie au rocher parallèle à la précédente mais située 200 m. au sud et 92 m. plus bas. A cet endroit, le banc est extrêmement pauvre en goniatites, on a tout juste trouvé un fragment assez mauvais de *Hd proteum* associé à des *Posidoniella* comme dans le gisement précédent. La coupe détaillée est la suivante :

Sch. fin à *P. ophthalmoides* T.C., *Edmondia*, lamellibranches marins.

0,70 calcaire impur peut-être dolomitique à encrines, *Martinia*, petits brachiopodes.

0,10 calcaire impur avec *Hudsonoceras proteum* T.R., *Posidoniella*.

0,02 sch. bitumineux altérés.

0,04 sch. argileux altérés.

0,20 calcaire impur, peut-être dolomitique, altéré.

0,02 sch. charbonneux.

Mur de sch. gréseux à radicales.

Enfin, ce banc a été rencontré de nouveau dans la même voie au rocher au point 790 m., mais jusqu'à présent on n'y a pas trouvé de goniatites (1). La coupe suivante a été relevée :

Sch. fin à *P. ophthalmoides* T.C., *L. mytilloides* R., *Nuculana* R.

0,01 lit argileux.

0,40 grès paraissant dolomitique à filets de calcite.

(1) Depuis la rédaction de cet article, *Hd proteum* a été découvert également au point 790, au sommet du grès dolomitique, exactement à 0,80 au-dessus des schistes charbonneux. Il y a lieu de compléter en conséquence la planche VI (Note ajoutée durant l'impression).

- 0,30 calcaire impur, peut-être dolomitique, à faune T.C. : *Derbyia*, *Spirifer*, *Martinia*.
0,70 grès paraissant dolomitique à filets de calcite.
0,10 sch. grossier à quelques fragments de faune marine.
0,05 à 0,10 sch. charbonneux et sch. altéré.
Mur gréseux à radicelles.

Malgré quelques différences de détail, l'identité des trois coupes est frappante. Mais la répartition des goniatites est très différente. Elles pullulent à l'étage amont 220 au point 657 m., elles sont très rares à l'étage 220 au point 722 m., et jusqu'à présent elles n'ont pas été trouvées au point 790 m. (1).

POSITION STRATIGRAPHIQUE

La position stratigraphique du banc calcaire qui contient, par places, *Hudsonoceras proteum*, est très bien déterminée, bien qu'il s'agisse d'une région un peu accidentée. On voit sur les coupes de la planche VI que le banc calcaire se trouve à une douzaine de mètres au toit de la veine St-Georges, elle-même bien caractérisée par son épaisseur en charbon et son toit à *Sigillariophyllum* T.C., *Lepidophyllum anthemis* (König), *Pecopteris aspera* (Brongniart), surmonté d'un haut-toit à *Calamites*.

Ce banc calcaire se distingue aisément des deux autres bancs calcaires qui existent à environ 30 m. et 60 m. au toit de St-Georges (fig. 1) parce qu'il repose sur un filet charbonneux avec mur à radicelles, tandis que les deux autres sont situés en pleine stampe.

Le banc calcaire à *Hd proteum* est recouvert, aux trois points où il a été rencontré, par un toit extrêmement riche en *P. ophthalmoides*, d'une richesse telle qu'il en devient localement caractéristique. Ce toit à *P. ophthalmoides* T.C. est un toit-repère bien connu et utilisé dans le gisement de la fosse Vicoigne et de la fosse Sabatier, mais, dans le cas général, le calcaire n'existe pas et le toit à *P. ophthalmoides* repose directement sur la passée

(1) Voir note de la page précédente.

FOSSE SABATIER

Coupe stratigraphique des environs de St Georges

Echelle $\frac{1}{1000}$

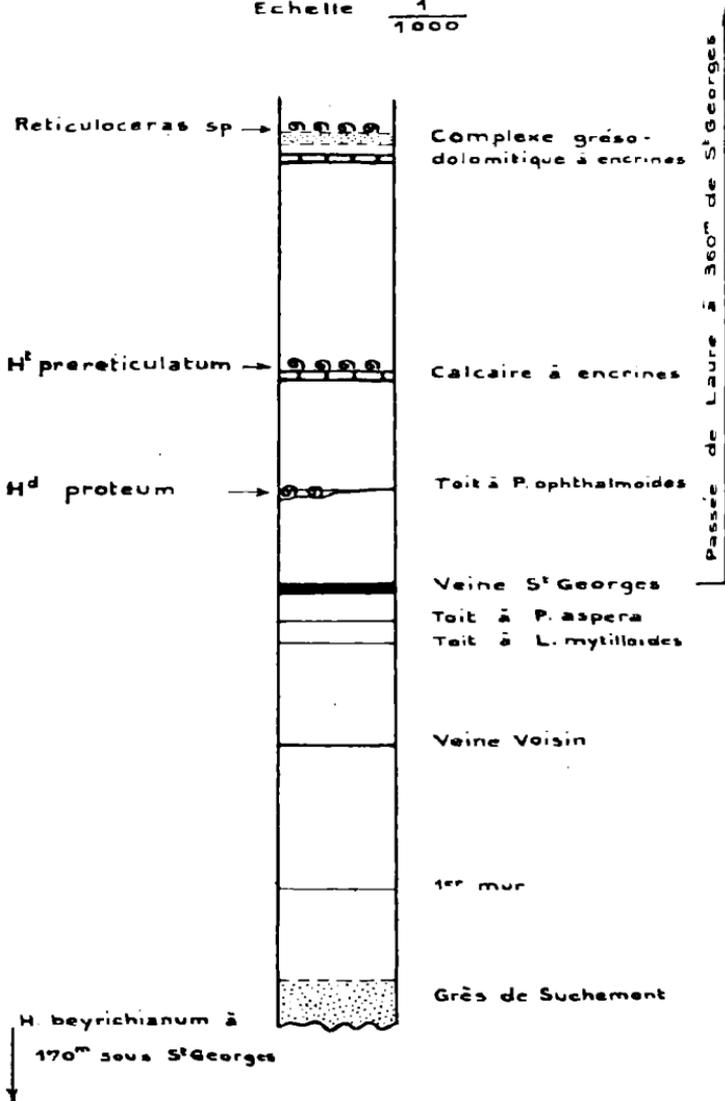


FIG. 1.

de charbon ; celle-ci est alors plus épaisse et atteint 10 à 15 cm. C'est le niveau-repère **H** de M. A. Bouroz (1940) qui l'appelle « schiste à *Lingula mytilloides* » : (N° 10 et N° 12 p. 222, Pl. LXXX ; N° 23 et 24 p. 223, Pl. LXXX ; H. p. 223 ; N° 7, p. 224, Pl. LXXXI). Nous préférons pour ce niveau l'appellation « Toit à *P. ophthalmoides* » pour souligner l'abondance toujours extraordinaire de ce fossile tandis que *L. mytilloides* n'y est pas toujours présent.

L'existence sporadique d'un banc de calcaire à ce niveau avait déjà été constatée : on en avait rencontré un, en effet, dans le sondage 188, alors que dans les sondages voisins 187 et 189 (1) il y a seulement à ce niveau le toit à *P. ophthalmoides*.

Peut-être l'existence du calcaire doit-elle être mise en relation avec la position particulièrement septentrionale du sondage 188 et des coupes observées aux environs du puits naturel de Sabatier. Il est possible que ce calcaire soit développé de façon plus régulière vers le nord et que nous soyons ici juste à la limite de son aire d'extension ; au sud de cette limite, le calcaire n'est pas connu, soit qu'il ne se soit pas déposé, soit que, s'étant déposé, il ait été érodé ultérieurement avant le dépôt du toit à *P. ophthalmoides*.

Quoi qu'il en soit, le calcaire à *Hudsonoceras proteum* paraît, à la fosse Sabatier, être tout à fait lenticulaire, tant par la répartition des fossiles, très fréquents en un point, très rares en un autre, que par la disparition rapide latéralement du calcaire lui-même. Il n'en reste pas moins que, en pratique, il permet de dater approximativement le toit-repère à *P. ophthalmoides*, d'extension géographique beaucoup plus large, qui le surmonte immédiatement.

(1) Coordonnées du sondage 187 : X = 684.324,6 ; Y = 305.264,1 ; altitude (Lallemand) + 39,25. Sondage 188 : X = 683.870,7 ; Y = 304.872,2 ; altitude (Lallemand) + 33,74. Sondage 189 : X = 684.665,2 ; Y = 304.753,6 ; altitude (Lallemand) + 34,29.

D'autres niveaux à goniatites existent dans la région de St-Georges. Signalons rapidement que *Homoceratoides prereticulatum* Bisat existe à la fosse Sabatier au toit d'un banc de calcaire situé à environ 30 m. au-dessus de St-Georges (fig. 1). C'est un horizon très constant qui est connu dans toute l'étendue du Groupe de Valenciennes. Au mur de St-Georges, on a trouvé, sur certaines coupes, *Homoceras beyrichianum* à environ 170 m. au mur de la veine. Cette succession avec, de bas en haut, *Homoceras beyrichianum*, *Hudsonoceras proteum* et *Homoceratoides prereticulatum* est bien connue en Angleterre où elle a été décrite par Bisat (1924) et par ses continuateurs. En particulier, F. Hodson (1957) vient d'apporter sur la question des précisions nouvelles, d'un grand intérêt.

Il est intéressant d'observer la même succession dans la région de Valenciennes malgré la distance et les différences de gisement et de faciès qui nous séparent de l'Angleterre. Ce parallélisme dans la répartition des faunes de goniatites serait un argument de plus, s'il en était besoin, pour confirmer l'intérêt de l'étude des goniatites pour l'établissement d'une stratigraphie détaillée et pour les corrélations à longue distance.

Quant à la suite de la série, vers le haut, on y trouve encore dans la région de Valenciennes plusieurs niveaux successifs à goniatites dont certains extrêmement riches, avec de très belles espèces. On y voit apparaître en particulier les premiers *Reticuloceras*. Là aussi il semble que l'on constate un parallélisme très satisfaisant avec les zones à goniatites connues en Angleterre et en Belgique. Mais les fossiles sont encore à l'étude et la question fera l'objet prochainement d'un travail d'ensemble.

BIBLIOGRAPHIE

- DISAT W.S. (1924). — The carboniferous goniatites of the North of England and their zones. *Proc. Yorks. geol. Soc.* XX, part. 1.

- BOUROZ A. (1940). — Faciès et massifs de végétation dans la formation houillère du Nord de la France. Lille, Douriez-Bataille.
- BROWN Th. (1841). — Description of some new species of fossil shells found chiefly in the vale of Todmorden Yorkshire. *Trans. Manchester geol. Soc.*, vol. 1.
- CHALARD J. (1958). — Découverte d'un banc à *Hudsonoceras proteum* (Brown) dans le Namurien de la région de Valenciennes. *C.R. Acad. Sc. Paris*, séance du 5 mai 1958.
- DORLODOT (de) J. et DELÉPINE G. (1930). — Faune marine du terrain houiller de la Belgique. *Mém. Inst. géol. Univ. Louvain*, t. VI, fasc. 1, Louvain.
- HODSON F. (1957). — Marker horizons in the Namurian of Britain Belgium and Western Germany. *Publ. Assoc. étud. paléont.*, n° 24, Bruxelles.
- MOORE E.W.J. (1945). — The carboniferous goniatites Genera *Girtyoceras* and *Eumorphoceras*. *Proc. Yorks. geol. Soc.* XXV part VI, pp. 387-442.

EXPLICATION DE LA PLANCHE V

Hudsonoceras proteum (Brown)

Origine des échantillons : Fosse Sabatier. Voie au rocher en direction au delà du puits naturel couchant de St-Georges, étage amont 220, distance 657 m.

FIG. 1, 2 et 3 : grandeur naturelle.

FIG. 1a et 3a : grossissement 3.

EXPLICATION DE LA PLANCHE VI

Fosse Sabatier

Voie au rocher en direction au delà du puits naturel couchant de St-Georges étage amont 220. Coordonnées du point de prélèvement dans le calcaire à 657 m. (en coordonnées Lambert) : X = 681.726 ; Y = 304.295 ; altitude (Lallemand) — 91.

Voie au rocher à l'étage 220. Calcaire à 722 m. : X = 681.760 ; Y = 304.069 ; alt. — 183. Calcaire à 790 m. : X = 681.694 ; Y = 304.060 ; alt. — 183.

M. R. Petit fait la communication suivante :

La Fosse de recherche de Bouquemaison (1782-1786)

par R. Petit

Coordonnées approximatives

Lambert I, Zone Nord :

X = 599.850

Y = 278.600

Dans une communication donnée ici même en 1955, j'avais, parmi les sondages profonds creusés dans le département de la Somme et les régions voisines, fait mention de la fosse de recherche de Bouquemaison sur laquelle ont couru les bruits les plus fantaisistes. Le seul texte que j'avais pu atteindre, une citation faite par Buteux en 1843 et en 1849, me paraissait tellement dénué de vraisemblance que je me refusais à essayer d'élucider plus avant ce problème. C'est en tâchant d'obtenir un autre renseignement que j'ai été amené, presque malgré moi, à consulter des documents d'archives, d'un grand intérêt historique, qui me permettront peut-être d'écrire un jour le récit détaillé de cette recherche et de ses multiples rebondissements. En attendant cela, je voudrais vous faire part de leur contenu géologique.

Un ancien piqueur des travaux du roi, né à Solre-sur-Sambre et demeurant à Valenciennes depuis 1753, André-Joseph Pierard, et un de ses collègues du même service, Sébastien Godonnesche, s'étaient associés vers 1770 avec de riches bourgeois de Valenciennes, dont les principaux étaient les Martho et André Fontaine, puis Pierre Hamoir, pour former la Compagnie dite de St-Saulve. Cette compagnie, après avoir effectivement trouvé du charbon, mais en veines irrégulières et pauvres, dut cesser toute activité vers 1778 après avoir englouti des sommes considérables.

Tandis que Godonnesche allait faire des recherches à Lesquin, près de Lille, Pierard, sans doute à la suite de la découverte de la houille à Aniche en 1778, décidait de

tenter sa chance loin au Sud-Ouest. Au début de 1782, il demanda au Contrôleur général des finances la concession de mines de charbon dans la région de Doullens et jusqu'à Abbeville. Après une longue correspondance, il lui fut accordé un permis de recherche valable pour l'année 1783. Estimant ce délai insuffisant, Pierard insista pour obtenir une durée beaucoup plus longue. Le permis d'exploitation lui fut accordé le 10 février 1784 par Arrêt du Conseil d'Etat du roi pour une durée de 20 ans à l'intérieur d'un périmètre défini par la Vicogne, la ville d'Abbeville, Préaux-lez-Maintenay, la rive gauche de la rivière d'Authie jusqu'à Beauvoir - Rivière Picardie et Warluzel, pour se refermer à la Vicogne.

Après avoir fait une série de sondages à Barly et à Neuville, afin de reconnaître les terrains superficiels, Pierard s'établit à Bouquemaison.

Le creusement dut commencer le 25 juin 1784 ; en juillet, il était à 17 toises et le 1^{er} novembre à 24 toises. Jusque-là, l'extraction des déblais se faisait à la main. Peu de temps après, il fallut construire sur place une machine à tambours, mue par des chevaux, qui fut mise en service fin mai ou début de juin 1785 ; le 11 juin, la profondeur de 40 toises était atteinte et le 20 septembre on était à 67 toises 2 pieds.

Un puits d'aérage de 13 toises 4 pieds, dans le fond duquel était un foyer, fut creusé à quelque distance du puits principal.

Le 1^{er} octobre 1785, Pierard envoyait à l'Intendant de Picardie l'état de ses travaux et celui de son personnel. En même temps, il écrivait que « les glaises attendues depuis longtemps ne paraissant point nous donnent tout lieu de croire que le roc ne se trouvera qu'à plus de sept cents pieds de profondeur » et montrait sa crainte de voir apparaître de nouvelles eaux.

Tous les renseignements ci-dessus sont tirés de pièces qui ont été signalées à maintes reprises depuis longtemps.

notamment de 1793 à 1838, et ensuite répertoriées dans plusieurs bibliographies et catalogues. Mais la lettre suivante de Pierard à l'Intendant, qui existe pourtant aux Archives départementales de la Somme sous la cote C. 1519/16 et dont l'authenticité ne fait aucun doute, n'avait jamais été signalée ni commentée :

« J'ai l'honneur de vous informer de l'accident fâcheux arrivé à notre fosse établie à Bouquemaison près de Doullens. Ces travaux également intéressant au bien public et à la société ont été suivis avec succès, espérance et courage jusqu'à la profondeur de cent onze toises, où étant parvenu, une source d'eau des plus abondantes a rempli la fosse en moins de quatre heures, de quatre-vingt toises de hauteur, avec un très grand amas de sable mouvant. Depuis le 29 du mois dernier, on en fait l'épuisement sans interruption qui d'abord a paru aux personnes sans connaissance dans cette partie, se faire avec succès ; pour moi, je regarde cet obstacle invincible ainsi que l'expérience le fera connaître. Cet épuisement va se suivre quelque temps pour savoir s'il est possible d'y porter quelque remède. J'aurai l'honneur de vous rendre compte en temps, des suites de cet accident, ainsi que du parti que prendra la société à cet égard.

De Valenciennes le 10 avril 1786 ».

Nous ne connaissons pas les noms des associés de Pierard dans la recherche de Bouquemaison ; nous savons seulement que les premiers l'avaient abandonné au début de 1784 mais qu'il en avait trouvé d'autres. Et voici qu'après l'inondation de la fosse, ces derniers, mécontents du résultat, décident de retirer à Pierard la direction des travaux : en fait, ils ne furent repris par aucun autre à sa place.

Les connaissances acquises depuis lors sur la géologie profonde de la Picardie, notamment par le sondage de Camon et par celui de Saigneville, pour ne parler que d'un passé lointain, nous permettent de dire que l'inon-

dation de la fosse de Bouquemaïson fut provoquée par pénétration dans les sables verts albiens aquifères.

De Marsilly a signalé, d'après les renseignements reçus de Lotte, médecin à Béthune, qu'au sondage de Camon creusé vers 1859-1860, l'eau n'avait pas jailli par l'orifice du trou de sonde, mais qu'elle avait refoulé une masse si grande de sables verts qu'elle n'a pu être traversée. A Saigneville, Gosselet a relaté qu'en atteignant, en 1905, la couche des sables à 192 m., ceux-ci entraînés par l'eau avaient rempli le tube, et que si on enlevait du sable, et par conséquent si l'on diminuait la pression, une nouvelle invasion de sable se produisait. Il a fallu plus d'un an pour traverser les sables.

Mais les travaux de Bouquemaïson ne s'étaient pas faits sans que les bruits les plus extraordinaires aient couru sur cette fosse, comme cela avait été ou devait être le cas pour d'autres recherches faites entre Douai et Doullens, notamment à Rœux, à Tilloy, à Bienwillers et à Pommier. On a dit et répété, plus tard on l'écrira même, que la fosse avait atteint le charbon, qu'on en avait brûlé dans telle maison et dans telle autre, que l'inondation était due à la malveillance suscitée par la jalousie de la Compagnie d'Anzin.

Aussi les Doullennais ne pouvaient-ils se consoler d'avoir vu la fortune leur échapper, et lorsque survinrent les événements de 1792, plusieurs de leurs élus tentèrent d'obtenir une intervention du gouvernement. Au mois d'août 1793, le ministre de l'Intérieur désigna, pour enquêter sur place, l'Ingénieur des mines Laverrière qui interrogea deux anciens ouvriers de Picard, dont l'un, Jean Rémy Frère, figure sur la liste de 1785 en tant que « commis à la conduite des ouvrages ».

J'ai donné en 1955, d'après Buteux, la suite des terrains traversés telle qu'elle résultait de la déclaration des ouvriers. Mais comme Buteux abrégait un peu le texte qu'avait dû lui fournir l'archiviste Dorbis, je donne ci-

dessous la copie exacte du texte concordant des Archives de la Somme et des Archives Nationales.

« A 15 pieds au-dessous des eaux	15 pieds
« est un faux bleu d'un pied d'épaisseur	1
« ensuite sont un banc de pierre dure de 18 pouces	1 6 pouces
« dix sept pieds de terre ordinaire	17
« cinquante pieds environ de bon bleu	50
« quatre vingts pieds de pierre nommée les rocs	80
« bien réglés dans lesquels s'est rencontré des	
« fleurs pareilles à celles des fosses du Hainaut	
« et du Brabant	2
« terre nommée les verts où s'est rencontré	
« un banc de roc de l'épaisseur d'un pied	60
« terre ordinaire	
« où s'est trouvé le tourtia de l'épaisseur de	12
« 12 pieds.	
« terre fort dure mélangée de marcassin, où ne	96
« se trouvant pas de désoif on s'est servi de	
« poudre pour faire sauter le caillou	
« que ce caillou sauté s'est trouvé un banc que	18
« les uns prétendaient être de la coirelle et les	
« autres au contraire voulaient que ce n'en	
« fut point, attendu que cette matière n'était	
« pas assez dure et ressemblait à un petit grain	
« de sable luisant.	18
« Enfin est une terre noire de l'épaisseur de	
« où les eaux abondantes ont submergé les	—
« ouvrages ».	
Total :	340 pieds
	6 pouces

Les ouvriers déclaraient en outre que la fosse était parvenue à 688 pieds ; que la dernière couche, celle de 18 pieds, était d'une terre noire inflammable, et qu'ils estimaient que d'après les connaissances qu'ils avaient acquises par un long travail dans les mines, le charbon ne se trouverait qu'à mille pieds de profondeur.

Alors que Pierard avait annoncé que sa fosse était parvenue à 111 toises, soit 666 pieds, Rémy Frère déclara 688 pieds. La différence est notable, mais pas encore très grande : 22 pieds, soit entre 6 et 7 mètres, et elle peut s'expliquer, comme le supposait Laverrière, par une défaillance de mémoire des ouvriers. Par contre, on comprend moins l'incohérence entre les épaisseurs partielles

des couches et la profondeur totale. Si la fosse était vraiment parvenue à 688 pieds et qu'on ait creusé 341 pieds au-dessous du niveau des eaux, ce niveau aurait été à 347 pieds de la surface, soit 104 mètres en prenant pour le pied la plus courte longueur utilisée dans la région, c'est-à-dire 30 cm. L'altitude de Bouquemaison étant à + 141, l'eau aurait été à + 37.

Or les vallons les plus proches de Bouquemaison, exutoires naturels de la nappe de la craie, sont à + 90 ou + 100. A Doullens même, l'Authie est à + 60. Dans toute la région il est impossible que l'eau descende au-dessous de cette dernière cote, puisque l'Authie n'est jamais à sec. Et comme la nappe phréatique n'est pas horizontale, qu'elle est plus élevée sous les plateaux que dans les vallées, elle ne semble pas pouvoir descendre au-dessous de + 80 ou + 90.

Nous sommes donc obligés de mettre en doute la plupart des profondeurs et épaisseurs annoncées par Rémy Frère.

Mais plus encore que les épaisseurs, ce sont les désignations des couches et surtout leur ordre de superposition qui sont incompréhensibles ; comment expliquer la présence de rocs à plantes au-dessus de 60 pieds de terre ordinaire contenant 12 pieds de tourtia autrement que par le jeu d'une faille épierétacée analogue à celle qu'a traversée la fosse 10 de Nœux à Hersin-Coupigny. Il y a fort peu de chances pour qu'il en ait été ainsi à Bouquemaison puisqu'aucun indice de surface ne laisse place à cette hypothèse.

Ajoutons cependant, puisque M. Bouroz le permet, qu'à la lumière des renseignements fournis par les recherches de ces dernières années, et M. Polvêche peut en témoigner, l'avant-dernière couche, celle que « les uns prétendaient être de la coirelle et les autres voulaient que ce n'en fut point », correspond tout à fait aux conerétions de grès calcareux rencontrées dans les sables verts albiens. Et enfin, la dernière couche, celle de terre noire de l'épaisseur de 18 pieds, serait exactement l'argile noire

formant tête du Gault, mais il faudrait placer cette couche au-dessus de la fausse « coirelle ».

Laverrière a rapporté qu'il n'avait trouvé aucune trace d'une exploitation de mine, pas même des fouilles, car la fosse avait été comblée au moyen des matières qui en avaient été extraites, et le terrain remis en culture.

Plus tard, en 1834, lors d'une nouvelle fièvre de recherches minières, Coquerel, ingénieur des mines à Amiens, fit une enquête à Bouquemaison, certainement afin de conseiller les sociétés qui se formaient à cette époque : c'est l'une d'elles qui fit creuser le sondage de Lucheux. Nous ne savons pas si Coquerel rédigea un rapport officiel, mais de ses conclusions il fit l'objet d'une notice lue à l'Académie d'Amiens le 11 juillet 1836.

Il avait encore pu questionner divers individus de Bouquemaison qui avaient travaillé ou assisté au percement de la fosse, dont un entr'autres avait été chargé du recombement de cette fosse. Voici l'essentiel des renseignements recueillis par Coquerel. On a traversé toute la série des terrains morts se composant de couches de marne, d'argile et de craie. A 235 m., on a rencontré une veine de quelques décimètres d'épaisseur d'une substance noire vitriolique, brûlant difficilement, qu'on a prétendu être du charbon : c'est une erreur, elle en diffère essentiellement tant par sa composition que par son gisement. A la profondeur de 250 m., on était dans un terrain composé de poudingues à pâte calcaire et à noyaux siliceux : ces caractères appartiennent à la roche que les mineurs du Nord nomment « tourtia » ; c'est à cette profondeur, qu'on n'a pu dépasser, que s'est produite l'inondation qu'il faut attribuer à l'arrivée subite d'une masse d'eau considérable qui se fit jour à travers les sables verts. Ayant appris qu'un voyeu (1) distant d'environ deux cents mètres du puits avait été remblayé avec des

(1) à Abbeville on dit « voyeu », et à Lens « voyette ».
(Note de l'auteur).

matières extraites sur la fin des travaux, Coquerel fit fouiller ce voyeu et y a trouvé des morceaux d'une roche qui lui a paru appartenir au tourtia. On remarquera que Coquerel approfondit la fosse beaucoup plus que ne l'avait fait Rémy Frère, puisque ses 250 mètres, même avec un long pied d'un tiers de mètre, représentent au moins 750 pieds, au lieu de 688.

En matière de conclusion, reprenons les profondeurs annoncées par Pierard dans sa lettre du 10 avril 1786 : la fosse était parvenue à 111 toises de profondeur lorsque l'eau, accompagnée d'un grand amas de sable, l'a remplie de 80 toises de hauteur. Nous ignorons quelle était la toise utilisée par Pierard. J'admettrai que c'était celle de la majeure partie de ce qui deviendrait le département de la Somme et, en particulier, du canton du Lueux auquel appartenait Bouquemaison : sa longueur était de 1 m. 7866.

111 toises représenteraient ainsi 198 m. 30 environ et
80 toises représenteraient 142 m. 90.

Le niveau d'eau se serait stabilisé à 31 toises de profondeur soit 55 m. 4 ; on peut supposer que c'était la profondeur de la nappe phréatique de la craie.

Nous admettons que la cote d'orifice était approximativement à + 141 ; la nappe aurait donc été à + 86 environ, valeur très vraisemblable d'après ce que nous avons vu précédemment.

Revoyons maintenant la profondeur totale de 198 m. 30. Comme il a été dit ci-dessus, le creusement venait presque sûrement alors d'atteindre les sables verts au-dessous des 18 pieds de terre noire, soit 5 m. 40, qui doivent représenter l'argile noire du Gault. Si la fosse avait à peine touché les sables, la tête du Gault serait à 192 m. 80 de profondeur, soit une cote proche de — 52, mais si le creusement avait pénétré quelque peu dans les sables, par exemple de deux mètres, la cote de la surface du Gault

s'en trouverait relevée d'autant et serait située vers — 50. Cette valeur est beaucoup plus satisfaisante que la cote — 70 à laquelle j'étais arrivé en 1955 en utilisant les données de Buteux et elle s'insère mieux dans le canevas que j'avais figuré à cette date.

Sous réserve de vérifications ultérieures, je crois qu'on peut admettre que si Pierard n'a pas tout dit, il n'a, du moins, dit que des choses exactes et même précises, mais il s'était attaqué à un travail au-dessus des possibilités de son époque.

NOTA. — Dans un article inséré en 1862 au Bulletin de la Société Industrielle d'Amiens, de Marsilly écrit :

« Un peu plus loin que Luceux, à Bouquemaison, un sondage a été fait en vue de rechercher la houille ; il a atteint 300 m. de profondeur ; la craie était traversée ; nous n'avons pas entendu dire qu'on fut arrivé aux sables verts ».

Lemoine (1939), qui ne cite que de Marsilly comme source, ajoute que le « sondage » a été fait en 1859-60 et qu'après les 300 m. de craie il a traversé « 30 m. d'argile appartenant sans doute au Gault. Les sables verts n'ont pas été atteints ».

Faute par de Marsilly d'avoir justifié son assertion, je ne puis la tenir pour exacte, et encore moins le complément de Lemoine.

BIBLIOGRAPHIE

- | | |
|--------------------------------------|--|
| Archives Nationales | Cotes F. 14 - 1307
F. 14 - 4248 |
| Archives du département de la Somme | Cotes C. 1511
C. 1519
M. 107.670 |
| Archives de la ville de Valenciennes | Registres paroissiaux
Rôles de capitation |

- BUTEUX C.J. — Esquisse géologique du départ. de la Somme.
1843, 1^{re} Ed. *Mémoires de l'Académie d'Amiens*.
1849, 2^e Ed. Paris, chez P. Bertrand.
1865 (1864), 3^e Ed. Abbeville, Imp. de P. Briez.
- COQUEREL — Notice sur des recherches de mines de houille dans le département de la Somme. *Mém. de l'Académie d'Amiens*. T. 2, 1837, p. 71 à 79.
- GAUDEFROY Léon. — Rapport des mesures anciennes en usage à Amiens et dans le département de la Somme avec celles du système métrique. *Congrès des Sociétés Savantes*, Paris 1904, Librairie J. Gamber, Paris.
- GRAB Edouard. — Hist. de la recherche, de la découverte et de l'exploitation de la Houille dans le Hainaut français, la Flandre française et dans l'Artois (1716-1791). Imp. Prignet, Valenciennes, 3 vol. 1847-1851.
- HAMOIR Eric. — Notice sur les premières générations des Hamoir hennuyers. *Tablettes du Hainaut*. T. III ; Hombeck 1957, p. 66.
- LEMOINE P., HUMERY R., SOYER R. (1939). — Les forages profonds du Bassin de Paris, la nappe artésienne des sables verts. *Mém. Mus. Nat. hist. natur.*, T. XI.
- DE MARSILLY (de Commines), 1862a. — De la nature des eaux du bassin hydrologique d'Amiens. *Bull. Soc. Ind. Amiens*, T. 1, p. 71.
1862b. — Note sur les chances de succès que présente le forage des puits artésiens à Amiens et dans le départ. de la Somme. *Id.*, p. 122.
- PETIT R. (1955). — La surface du Gault dans le départ. de la Somme et les parties voisines du P.-de-C. et de la Seine-Infér. *A.S.G.N.*, T. LXXV, p. 22.
- DU SOUICH A. — Essai sur les recherches de houille dans le N. de la France. Paris 1839, Carillan-Gœury.
Notice historique sur la recherche du prolongement du bassin de Valenciennes dans le P.-de-C. (publication posthume). *Bulletin de la Société de l'Ind. Minérale*, 5^e série, T. 3, 1913, p. 113 à 160.
- VUILLEMIN E. — Le Bassin houiller du P.-de-C. Imp. L. Danel à Lille, 3 vol., 1880-1883.

M. A. Bouroz présente la communication suivante :

*La structure du gisement des charbons gras
du Pas-de-Calais*

et la notion de faille Reumaux

par A. Bouroz et M. Stiévenard

(2 Planches, 7 fig.)

La mise au point de la structure du gisement des charbons gras du Pas-de-Calais est actuellement possible grâce à la multiplicité des sondages de reconnaissance creusés au cours des dix dernières années tant par les Groupes d'Exploitation que par le Service Géologique Central du Bassin (*).

Cette mise au point comporte essentiellement deux problèmes : d'une part, démêler l'écheveau de failles qui avait été englobé antérieurement d'une façon nécessairement simpliste sous le vocable de faille Reumaux et, d'autre part, préciser le passage en profondeur de la faille Pruvost. Cette dernière a été définie pour la première fois en 1947 (1) et son cheminement dans le synclinal des charbons maigres a été reconnu ultérieurement à l'occasion d'une campagne de sondages de reconnaissance des réserves (2) sur les concessions de Courrières, Dourges et Ostricourt. Quant à la faille Reumaux, le problème qu'elle posait était beaucoup plus complexe.

1°) HISTORIQUE.

Après le début de la mise en exploitation des concessions du centre et de l'Est du Pas-de-Calais (Dourges,

(*) Des contributions importantes ont été apportées à ce travail de synthèse par MM. PINEL et DOLLÉ, du Groupe d'Hénin-Liétard, LERAT et BUISINE du Groupe de Lens-Liévin, PUIBAUD du Groupe de Béthune, LEGRAND du Service Géologique Central, ainsi que par les Services de géomètres de ces trois Groupes d'Exploitation.

Courrières, Lens, Grenay et Nœux), on s'était rendu compte de la juxtaposition dans leur partie centrale de deux catégories distinctes de charbon : les houilles grasses au Sud et les houilles demi-grasses au Nord.

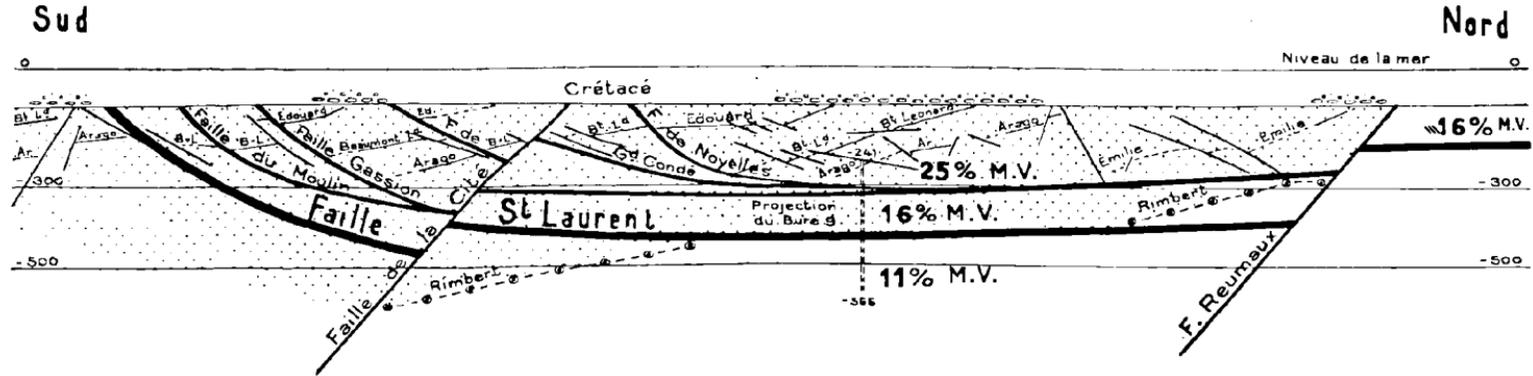
Le passage d'une catégorie de charbon à l'autre se faisait brutalement, avec une variation de 6 à 10 % de M.V., à travers un accident qui semble bien avoir été reconnu d'abord sur la concession de Lens : il fut baptisé faille Reumaux, du nom de l'éminent directeur de cette Compagnie.

En 1880, l'exploitation n'est pas assez avancée dans le Bassin pour que Vuillemin (3) puisse signaler le fait, mais dès 1895, Soubeyran (4) décrit la faille Reumaux comme une faille directe abaissant le gisement vers le Sud et s'étendant depuis la concession de Dourges jusqu'à celle de Nœux. Il avait même déjà pressenti, en se basant uniquement sur la diminution de la différence des teneurs en M.V., que la faille Reumaux devait diminuer d'importance vers l'Est sur la concession de Dourges.

En 1898, M. Bertrand pense pouvoir rattacher la faille Reumaux au cran de retour tout en admettant « une courte région inexplorée » entre les deux failles, sur la concession de l'Escarpelle (5). A cette époque, le cran de retour était lui-même mal connu et confondu avec une faille bien moins importante, le cran du Mariage, au Sud de la concession de l'Escarpelle.

En 1909, Charles Barrois publie une importante étude (6) sur la structure du Bassin du Nord où, grâce à l'utilisation des niveaux marins de l'assise de Flines, il démontre l'existence d'un grand accident anticlinal faillé dans le centre des concessions de l'Escarpelle, Aniche et Anzin. Il lui donne le nom de faille Reumaux en le rattachant à la faille Reumaux du Pas-de-Calais, pensant du même coup pouvoir interpréter cette dernière comme un accident inverse. Cette interprétation est encore traduite sur la carte qu'il publie en 1924 (7).

COUPE PASSANT PAR LE MERIDIEN 636100



ECHELLE: 1/20 000

Fig. 1

C'est en 1932 que M. P. Pruvost, avec la collaboration de P. Bertrand, publie un mémoire (8) où la faille Barrois (ex-faille Reumaux du Nord) est définie comme faille de charriage, reconnue jusque sur la concession de l'Escarpelle vers l'Ouest et entièrement séparée de la faille Reumaux du Pas-de-Calais. Quant à cette dernière, les auteurs reviennent à l'hypothèse de Soubeyran et l'interprètent comme une faille directe sur laquelle se greffe tout un réseau d'autres failles directes reconnues entre temps par l'exploitation : l'ensemble de ces failles abaisse le gisement en escaliers vers le Sud, et leurs rejets cumulés suffisent, aux yeux des auteurs, à expliquer l'augmentation des teneurs en M.V. dans cette direction. Ils ne possédaient aucun renseignement en profondeur, à ce moment-là.

Enfin, en 1950, l'un d'entre nous (A.B.), à la suite d'une étude d'ensemble de la tectonique du Bassin (9), avait été amené à constater, dans la région Est de la concession de Lens, que le gisement des charbons gras était bien séparé des charbons demi-gras du Nord par l'intermédiaire d'une faille directe, la faille Reumaux, *mais qu'il reposait sur ces mêmes charbons demi-gras au Sud de la faille Reumaux par l'intermédiaire d'une faille de charriage subhorizontale* (voir coupe, fig. 1). Cette faille est la résultante de l'accumulation vers le Nord des rejets d'un certain nombre de failles, d'apparence directes, pentées vers le Nord et se raplatissant dans cette direction. *Il devenait évident que les failles directes du type Reumaux masquaient en fait le véritable phénomène auquel était due la différence des teneurs en matières volatiles.*

En prenant comme hypothèse de travail l'extension de ce phénomène à l'ensemble du gisement des charbons gras du Pas-de-Calais, il a été possible de faire rentrer tous les faits d'observations accumulés dans les études récentes des travaux du fond et des sondages en une synthèse cohérente que nous allons décrire maintenant :

2^o) LA FAILLE DE GAVION-RANGONNIEUX.

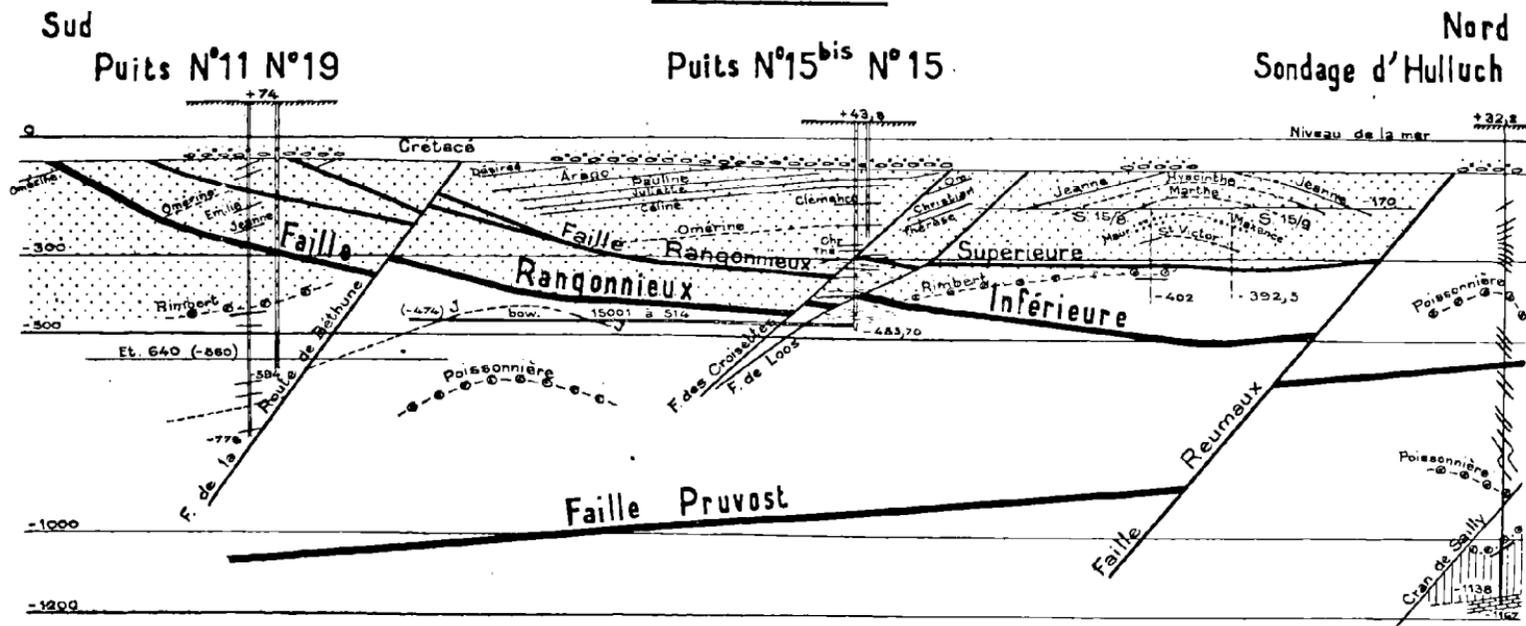
Nous donnons ce double nom à la faille responsable de la saute des teneurs en M.V. pour bien marquer sa complexité : elle se compose en fait d'un grand nombre de fractures dont la plupart sont relativement peu importantes à leur naissance vers le Sud du gisement et c'est, comme nous l'avons dit, l'addition de leurs rejets vers le Nord qui produit finalement une surface franche de charriage dans cette direction.

a) *Concession de Lens.*

C'est sur la concession de Lens que ces failles ont été d'abord reconnues. En se reportant au plan de la planche VII et à la coupe 1 de la planche VIII, on voit qu'elles présentent un relèvement anticlinal à axe à peu près Nord-Sud au centre de cette concession, jusqu'à être érodées, à la surface du primaire ; il était donc normal que ce soit là que l'exploitation les rencontrât en premier lieu. A l'Ouest de Lens, les deux principales failles de ce type sont Rangonnieux supérieure et Rangonnieux inférieure (voir coupe fig. 2) ; à l'Est (voir coupe fig. 1 et coupe 4, pl. VIII), ce sont les failles St-Laurent, du Moulin, Gassion, Grand-Condé et d'autres d'importance moindre (on peut considérer comme certain, maintenant, que la faille St-Laurent est la suite vers l'Est de la faille Rangonnieux inférieure). Mais, au début de l'exploitation, on ne pouvait soupçonner l'influence véritable de ces failles, car dans leurs parties hautes, les rejets étant faibles, il n'y a pas de variation des M.V. et on ne savait pas encore qu'elles se raccordaient en profondeur.

Leur incidence sur l'exploitabilité du gisement étant importante, on a été conduit récemment à multiplier les sondages de reconnaissance au fond et c'est le grand nombre de ces derniers (voir planche VII) qui a permis d'arriver à une connaissance exacte des structures.

COUPE PASSANT PAR LES PUIITS N°11, N°19, N°15^{bis}, 15 DE LENS ET PAR LE SONDAGE D'HULLUCH



ECHELLE: 1/20 000

Fig. 2

b) *Concession de Grenay.*

Sur cette concession de l'ancienne compagnie de Béthune, l'étude géologique entreprise dès la nationalisation avait permis de détecter la faille de Mazingarbe en tant que faille plate (1) et de la raccorder vers l'Est à la faille Rangonnieux supérieure de Lens. C'était le premier indice dans la concession, du complexe Gavion-Rangonnieux et l'on voit que ce dernier a tendance à remonter légèrement vers le Nord, dans sa partie Nord. Mais les autres failles, pentées au Sud qui se greffent dessus (F. de la Dynamitière, F. d'Eschin) et qui donnent un style particulier à cette région (voir coupe 3, Pl. VIII), étaient encore considérées à ce moment-là comme des failles d'effondrement, à compartiment Sud descendu ; il a fallu l'exploitation d'une veine sous-jacente pour se rendre compte que les failles de la Dynamitière et de Loos en particulier, se raplatissaient fortement vers le Sud et ne pouvaient donc pas être des failles d'effondrement (voir coupe fig. 3). La multiplicité des sondages creusés pour la reconnaissance de la position des panneaux exploitables dans ce réseau de failles a permis de situer les failles elles-mêmes : dans les sondages 627.14 du jour et SD, SE, SF, SH, St du fond, on voit (sur les coupes 1 et 3, Pl. VIII) qu'on a eu la chance de recouper des niveaux repères nombreux : tonstein Prudence, Patrice, Maxence, Maurice, niveau marin de Rimbart, ou horizon de la veine 18 dans l'assise d'Anzin. Les zones broyées, remontées par les carottiers, permettaient, elles-mêmes, de situer les failles avec précision et la continuité des unités tectoniques entre failles se déduisait facilement de celle des niveaux repères contenus. Le tracé des failles (voir coupe 3, Pl. VIII) s'est révélé beaucoup plus flexueux dans le détail qu'on aurait été en droit de le supposer sur le vu d'un ou deux sondages seulement.

c) *Concession de Nœux.*

Dans cette concession, c'est le sondage SB creusé en 1952, en dessous de l'étage 800, cote — 722, du puits 13.

COUPE MONTRANT LE RAPLATISSEMENT DES FAILLES D'APPARENCE DIRECTE

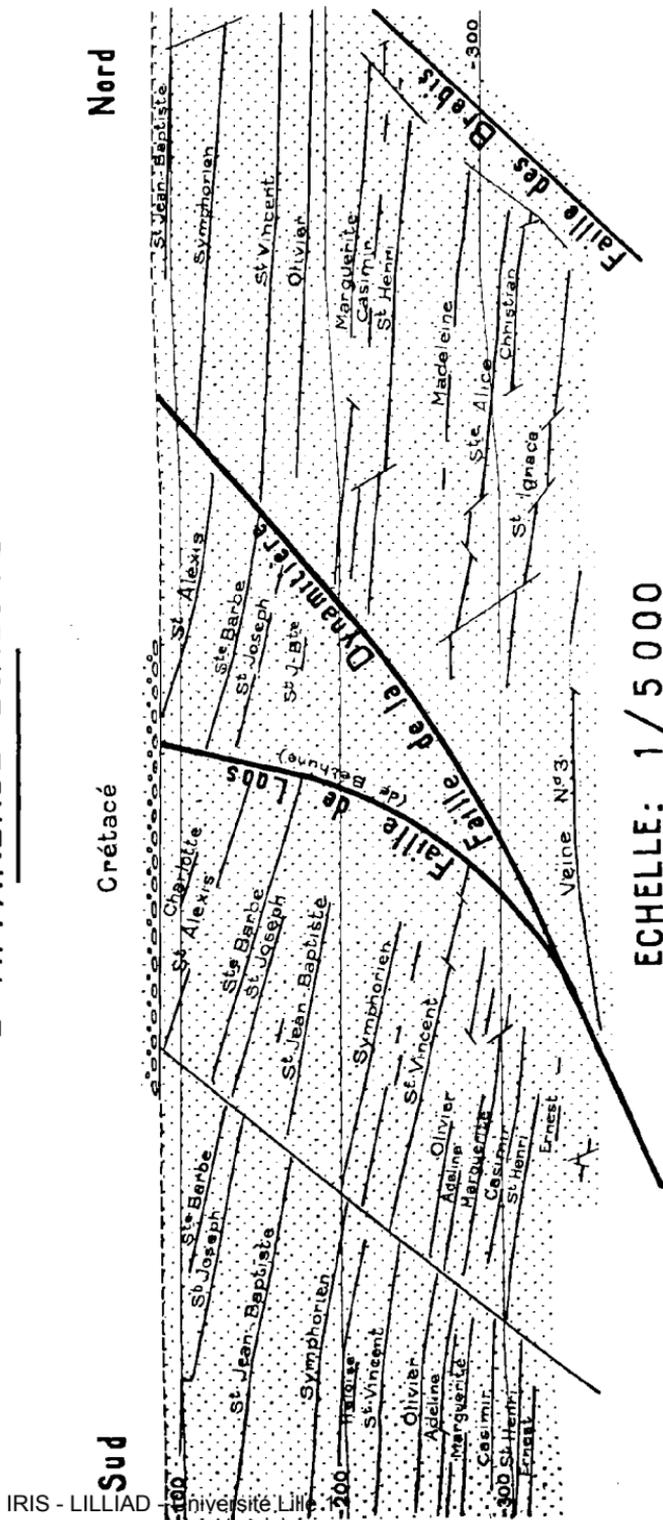


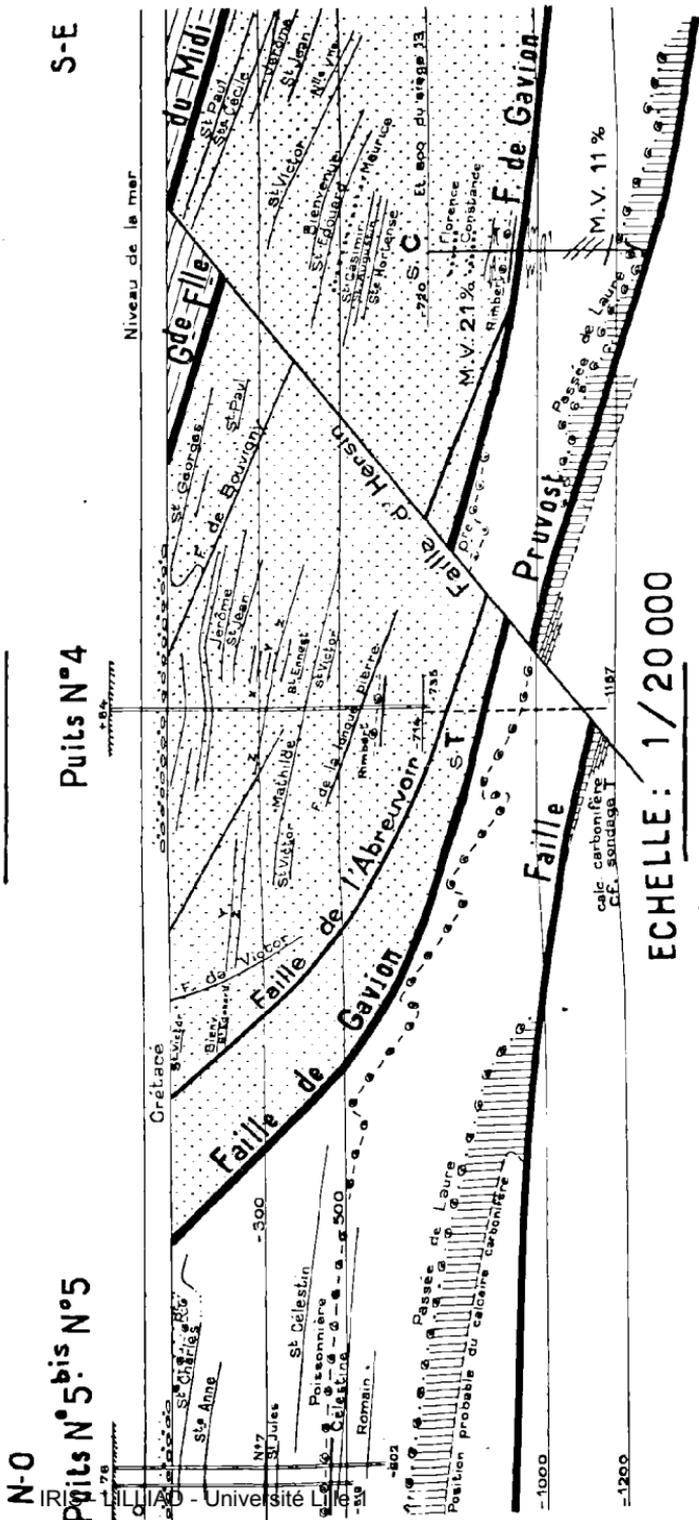
Fig. 3

qui a donné le premier indice de l'accident plat : le niveau marin de Poissonnière a été recoupé en terrains très plissés sous une zone broyée et à une distance trop faible sous le niveau marin de Rimbert (voir coupe 2, Pl. VIII). Le dénoyage de la fosse 1 de Nœux rendant son gisement accessible, permit de constater la présence d'une grande faille plate, montant vers le Nord et séparant les charbons gras exploités par le siège 2 des charbons demi-gras du siège 1, le gisement de ces derniers étant beaucoup plus plissé et irrégulier : il y a dysharmonie manifeste dans les allures des gisements de part et d'autre de la faille.

Plus à l'Ouest, on connaissait, en bordure du gisement du siège 4 et séparant ce dernier de celui du siège 5, une faille, la faille de Gavion, considérée comme directe et bien connue dans les étages supérieurs. Mais les derniers travaux effectués au siège 5 aux étages inférieurs, vers l'Est, montrèrent que la faille de Gavion se raplatissait considérablement dans cette direction ; des sondages creusés dans le champ du siège 4 et notamment le sondage Sc permirent de retrouver la faille de Gavion et, sous elle, la faille Pruvost (voir coupe, fig. 4). Signalons encore que dans les archives concernant une vieille bowette N.E. à l'étage 245 du siège de Nœux, on constate la présence de M.V. plus élevées dans la partie médiane de la bowette, ce qui jalonne le passage de la faille de Gavion et montre son infléchissement vers l'Est dans cette région.

En résumé, la grande zone de charriage séparant le gisement gras du gisement demi-gras qui lui est subordonné, se retrouve depuis Lens jusqu'à Nœux. Les renseignements donnés par les sondages nous ont conduits à admettre que la faille de Gavion et la faille Rangonnieux inférieure étaient distinctes dans la partie Sud du gisement (voir coupe 1, Pl. VIII) et qu'elles semblaient se relayer entre le sondage de Bully et le siège 5 de Bully ; par contre, en remontant vers le Nord, les deux surfaces de failles se rapprochent jusqu'à se confondre

COUPE PASSANT PAR LES PUIITS N°5 ET N°4 DE NOEUX



ECHELLE: 1/20000

Fig. 4

en un seul accident (voir coupe 3, Pl. VIII). Il est possible qu'il y ait autre part, des liaisons supplémentaires entre ces deux failles, notamment à l'Ouest du sondage de Bully (n° 627.14), mais en l'absence de renseignements précis, nous avons admis, pour le moment, que Rangonnieux inférieure s'annulait dans cette direction ; par contre, vers l'Est, on peut admettre comme certain (voir coupe 1, Pl. VIII) que la faille de Gavion s'annule un peu à l'Est du sondage S_j puisique, dans le puits 11 de Lens, le gisement devient régulier et continu.

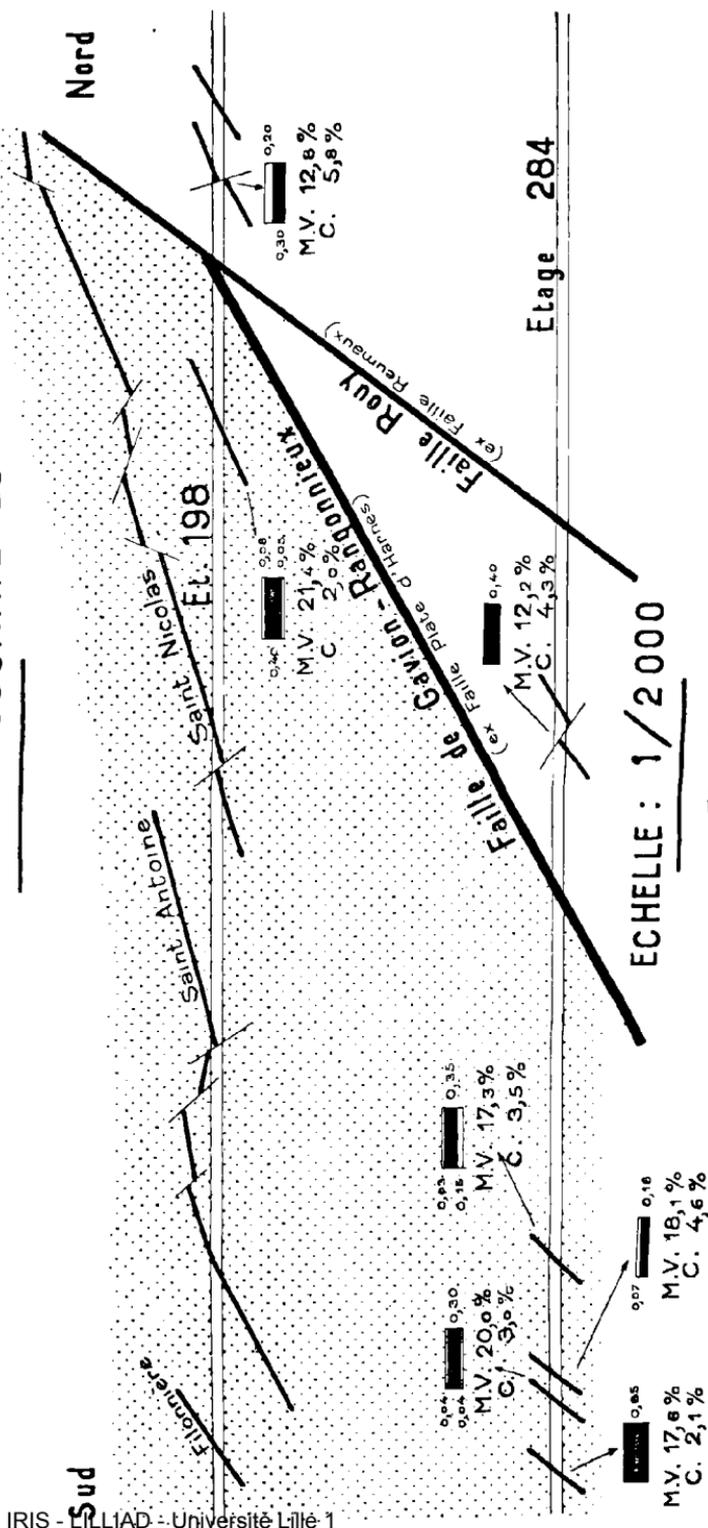
d) *Concession de Courrières.*

A l'Est de Lens, la faille de Gavion-Rangonnieux, dont la branche inférieure est constituée par la faille St-Laurent, pénètre dans la concession de Courrières.

La reconnaissance en est en cours par une campagne de sondages réalisée par le Service Géologique du Bassin. Deux sondages sont terminés (S_o et S_p sur coupe 5, Pl. VIII) et permettent déjà d'avoir une idée précise de l'allure que présente le gisement : les failles du Moulin, Gassion, Petit Jean, Grand Condé et Noyelles se raplatissent et convergent vers le Nord après avoir été affectées par les failles directes de Fouquières et de Montigny. Là encore, la multiplicité des niveaux-repères rencontrés : tonstein Maxenee, Florence, Espérance, Eric et le niveau marin de Rimbart, permet de considérer la coupe 5 comme précise.

Signalons encore que la faille de Gavion-Rangonnieux a été reconnue dans les bowettes Nord à 198 et à 284 du siège 7 de Courrières. La coupe de la fig. 5 en donne le détail et montre bien que la variation des teneurs en M.V. se fait à la traversée de la faille plate et non à celle de la faille Rouy qui fait partie du réseau des failles directes du type Reumaux. Cette faille plate était appelée faille d'Harnes par les anciens exploitants de Courrières, mais on n'avait pu en soupçonner l'import-

COUPE PASSANT PAR LES BOWETTES NORD DU SIÈGE 7 DE COURRIÈRES



tance, les renseignements sur le gisement étant encore beaucoup trop fragmentaires à ce moment-là (8).

Enfin, le passage de Gavion-Rangonnieux a pu être localisé dans le vieux sondage fait au fond du puits 7 de Courrières et dont nous donnerons l'interprétation actuelle à propos de la faille Pruvost.

e) *Concession de Dourges.*

Sur la concession de Dourges, la faille de Gavion-Rangonnieux se boucle vers l'Est par la remontée au tourtia de l'axe de la forme synclinale que présente sa surface. Son flanc Sud est constitué par la faille d'Hénin-Liétard et les travaux d'exploitation montrent que les autres failles situées au Nord-Ouest de la faille d'Hénin-Liétard (F. Chevalier, F. St-Placide) se confondent avec la faille de Gavion-Rangonnieux vers le Nord. Par contre, les autres failles du même type, situées au Sud-Est (F. des Bureaux, F. de Basse-Noyelles) pénètrent dans la zone des terrains dérangés qui accompagne la faille Pruvost et s'y perdent comme l'ont montré les sondages creusés dans la région (dont trois sont portés sur la coupe 6, Pl. VIII : S_Q, S_R et S 645.18) ainsi que les bowettes Nord-Sud entre les sièges 4 et 8 de Dourges qui n'ont pas recoupé de faille qui puisse être la branche ascendante vers le Nord de la suite de la faille de Gavion-Rangonnieux. On assiste donc bien, au centre de la concession de Dourges, à l'amenuisement du rejet et à la disparition de la faille de Gavion-Rangonnieux ; tout en se méprenant sur la nature véritable de la faille responsable de la différence des teneurs en M.V. des charbons, Soubeyran avait, dès 1895, prévu sa disparition dans cette région. Quant aux failles telles que Basse-Noyelles ou des Bureaux, elles s'annulent également en direction de l'Est vers la concession de l'Escarpelle.

En résumé, depuis la concession de Nœux à l'Ouest jusqu'à celle de Dourges à l'Est, le gisement des charbons gras du Pas-de-Calais présente un style tectonique très

particulier. Au Sud, il ne comporte pas d'accident important au toit de la faille Pruvost (concessions de Liévin et Drocourt) et tout le gisement y est en concordance jusqu'à cette faille ; par contre, au fur et à mesure qu'on va vers le Nord, le jeu des failles du type Rangonnieux produit une surface de charriage subhorizontale, au-dessus de laquelle on trouve des répétitions nombreuses et régulières des mêmes veines de houilles de l'assise de Bruay supérieure, alors qu'en dessous on trouve du houiller de plus en plus ancien en remontant vers le Nord.

3°) LES FAILLES DIRECTES DU TYPE REUMAUX.

Les failles directes du gisement du Pas-de-Calais forment un réseau complexe dont la direction dominante est sensiblement E.S.E. - O.N.O., mais qui peut comporter des bretelles de direction différente reliant les cassures principales (voir plan de la Pl. VII).

Le rejet de ces failles, dans la plaine de Lens, varie de 50 à 300 mètres environ et le compartiment affaissé est toujours le compartiment Sud. Ces failles sont maintenant bien connues et on a pu raccorder entre elles des failles baptisées initialement sous des noms différents dans les concessions qui les avaient découvertes.

Ce sont, du Nord au Sud, la faille d'Estevelle-Harponlieu, la faille Corsin-Grand-Amédée, la faille Rouy-Cran de Saily, la faille de Labourse, la faille de Sainte-Henriette - Montigny - Reumaux - Blanc-Pignon et sa digitation, la faille de Fouquières, la faille de Loos - du Philosophe qui se raccorde à Nœux à la faille de Verquin-Grenay, la faille des Dressants, la faille de Bully-Eleu, la faille de Calonne-Viala, la faille de Sains Nord et Sud et enfin la faille d'Hersin.

Les deux principales bretelles sont un tronçon de la faille Reumaux à la limite Lens-Grenay, et la faille du Saulehoy à la limite Grenay-Nœux. Quelques-unes de ces failles directes peuvent s'annuler latéralement en paraissant se relayer : faille de Labourse et faille du Blanc-

Pignon ; d'autres s'annulent purement et simplement vers le Sud-Est : failles de Ste-Henriette, de Fouquières, de Loos, de Grenay, des Dressants ou vers le Nord-Ouest : Bully et Calonne.

Une autre faille d'apparence directe, la faille du Bois, à Lens, a une direction aberrante : N.E.-S.O., mais des travaux récents viennent de montrer qu'elle se raplatissait fortement en profondeur et n'était donc pas de la même famille que les autres ; elle recoupe cependant les failles Rangonnieux.

Quand on regarde la carte de la Pl. VII, on s'aperçoit que le décalage produit par les failles directes dans la surface subhorizontale de la faille de Gavion-Rangonnieux masque complètement cette dernière, dans les parties hautes du gisement, sur une longueur de 9 kilomètres, dans la plaine de Lens. Si l'on ajoute à cela que le voisinage de la faille de Gavion-Rangonnieux et les terrains subordonnés sont très dérangés, l'exploitation ne s'en approchait guère et il n'est pas étonnant qu'il ait fallu attendre si longtemps avant de pouvoir récolter les renseignements nécessaires à la mise au point du problème de la faille Reumaux.

A propos de cette dernière, on pourrait se demander pourquoi, étant donné l'idée de variation des teneurs en M.V. qui s'attache à elle, nous n'avons pas donné son nom à l'accident que nous avons appelé Gavion-Rangonnieux, quitte à débaptiser la faille directe. Nous ne l'avons finalement pas fait à cause de l'antériorité du nom de Reumaux pour la faille directe et du trouble que cela aurait apporté chez les exploitants habitués aux appellations originelles.

4^o) LA FAILLE PRUVOST.

Si l'on se reporte au plan d'ensemble à la cote — 300 de la planche VII, on voit que le tracé de la faille Pruvost à — 300 est connu avec précision, car la faille a été jalonnée par les nombreux sondages creusés pour reconnaître,

à partir de la surface, le gisement des charbons maigres du comble Nord.

Ce sont les sondages récents de Nœux 1 et 2, de Mazingarbe 1 et 2, les sondages J 12 et J 14, les sondages du Rutoire 1, 2 et 3, d'Hulluch, du 13 bis de Lens, de Vendin n° 1 et ceux de la campagne de reconnaissance des maigres du futur siège 10 d'Oignies : Annay-sous-Lens, Harnes, Centrale d'Harnes, Courrières-Village et Dourges, sans oublier les deux puits où on a pu localiser le passage de la faille : le 4 de Béthune et le 8 de Dourges.

Vers le Sud, sous le gisement des charbons gras, c'est-à-dire sous la faille de Gavion-Rangonnieux, il était important, pour l'exploitation, de savoir à quelle profondeur se situait la faille Pruvost et quels étaient la nature et le degré de régularité du gisement profond. Aussi, un certain nombre de sondages du fond furent poussés le plus bas possible pour tenter de résoudre le problème.

a) *Concession de Nœux.*

Trois sondages ont réussi à traverser la faille Pruvost, ce sont : le sondage SA creusé à partir de l'étage — 532 entre les puits 1 et 2 (voir coupe 1 et 2, Pl. VIII), le sondage ST creusé à partir de l'étage 800 du siège 4 (voir plan, Pl. VII) et le sondage SC creusé à partir de l'étage 800 du siège 13 (voir coupe fig. 4).

Dans le sondage SA, qui a démarré sous la faille de Gavion, la faille Pruvost a été traversée à 380 mètres de profondeur (cote — 912) ; elle s'y présente avec un rejet apparent inverse puisque l'on a trouvé le niveau marin de la passée de Laure (à — 833) et une partie de l'assise de Flines immédiatement à son toit et de l'assise d'Anzin nettement caractérisée sous elle : flore à *L. rugosa*, *N. gigantea* et *obliqua* et *M. latifolia*.

Dans le sondage ST, on a trouvé la faille de Gavion à — 913 et la faille Pruvost à — 1183 ; entre les deux failles, on a recoupé de l'assise d'Anzin et de l'assise de

Vicoigne avec Poissonnière à — 1004 ; sous la faille Pruvost, on a eu quelques mètres de l'assise de Bruille et en concordance sous elle, le calcaire carbonifère à partir de la cote — 1187.

Dans le sondage Sc, on a trouvé la faille de Gavion à — 970 et la faille Pruvost à — 1290 avec le niveau marin de la passée de Laure un peu au-dessus de cette dernière.

Remarquons tout de suite que, contrairement à ce qui se passe dans le sondage Sa, le rejet apparent de la faille Pruvost dans les sondages Sr et Sc est direct ou plus exactement qu'il y manque de terrain à la traversée de la faille.

b) *Concession de Grenay.*

Sur la concession de Grenay, c'est le sondage Sc au fond du puits 5 bis de Béthune qui, vers le Sud, a recoupé la faille Pruvost (voir coupe 1 et 3, Pl. VIII) ; il a démarré sous la faille de Gavion qui se trouve à — 666 dans le puits. Le sondage a recoupé la faille Pruvost à — 1076 ; au toit de la faille Pruvost, le sondage a recoupé un peu d'assise de Flines (niveau marin de la passée de Laure à — 940) et en dessous, de l'assise d'Anzin ou de Vicoigne voisine de Poissonnière : *M. Daviesi* à — 1093. Plus au Nord, la faille Pruvost a été traversée par bures ou sondages au Sud immédiat du siège 3 de Béthune. On y a constaté (voir coupe fig. 6) que le niveau marin de la passée de Laure se trouve dans un des sondages à — 520. la faille Pruvost à — 546, un satellite de la faille Pruvost vers — 594 et le tonstein Hermance à — 648. Des travaux par bure et bowette ont confirmé ces observations et permis, entre autres, de recouper Rimbert à — 590 et surtout de constater que le gisement situé sous la faille Pruvost a un pendage Nord, ce qui semble indiquer qu'on se trouve là sur l'amorce du flanc Sud du synclinal des charbons maigres du Nord du Bassin.

c) *Concession de Lens.*

Sur cette concession, seul le sondage 633.34, creusé à partir de la surface dans le carreau du puits 12 (voir Pl. VII) a recoupé la faille Pruvost vers — 1020. Il a trouvé successivement la faille Rangonnieux supérieure à — 185, Rimbert de — 286 à — 307, Rangonnieux inférieure à — 352, Poissonnière reconnu par son grès à — 680, trois niveaux à *Leaia* à — 757, — 838 et — 862. Sous la faille Pruvost, assise d'Anzin probable : *Sph. myriophyllum* très abondants, *N. heterophylla* et *obliqua*, *M. Sauveuri*, *Al. decurrens*, *Sph. neuropteroides* et *An. stellata*, ainsi que de nombreux niveaux à *N. carinata* et *E. striata*. Le sondage a été arrêté à la cote — 1125.

Plus à l'Est, le sondage Sn, creusé à partir de la cote — 278, au voisinage du puits 2 de Lens, s'est arrêté à la cote — 841,7 dans la zone de terrains dérangés située au toit de la faille Pruvost. C'est à partir de ce sondage, vers l'Est, que l'on constate que la faille Pruvost s'accompagne d'une épaisseur de terrains irréguliers de plus en plus importante. Ce phénomène se poursuit jusqu'à l'antiformal transverse d'Oignies, au delà duquel la faille Pruvost devient une cassure franche sans terrains dérangés importants et y était connue antérieurement sous le nom de faille de Leforest.

d) *Concession de Courrières.*

Deux sondages récents ont traversé la zone de la faille Pruvost à Courrières, ce sont le sondage So au siège 21 et le sondage Sp au siège 5 (voir coupes 1 et 5, Pl. VIII). Le premier n'a pas traversé la faille Pruvost au sens strict, mais à travers la faille directe de Montigny, il est passé des terrains dérangés du toit dans les terrains dérangés du mur de la faille. Quant au second, il a traversé la faille Pruvost vers la cote — 1020, les terrains de part et d'autre de la faille étant très irréguliers avec des pentes très variables. Dans les deux sondages, au toit de la faille Pruvost, on se trouve avec certitude dans le

faisceau de Pouilleuse ; au mur de la faille, on a trouvé une flore à *Sph. myriophyllum* et *L. rugosa*, qui semble indiquer l'assise d'Anzin ou peut-être la tête de l'assise de Vicoigne sans plus de précision.

Les précisions apportées par l'ensemble des nouveaux sondages nous ont permis de réinterpréter d'une façon plus satisfaisante le vieux sondage creusé au fond du puits 7 de Courrières : on y trouve successivement, la faille de Gavion-Rangonnieux à — 510, Rimbert probable à — 608, la faille Pruvost à — 995 accompagnée d'une zone broyée de — 810 à — 1095 et le grès de Poissonnière probable à — 1260. Il n'est plus possible d'y admettre, étant donné les renseignements que l'on possède sur les régions voisines, la présence d'assise de Bruay qui y avait été antérieurement admise en profondeur sur le vu de rares échantillons d'une flore insuffisante.

e) *Concession de Dourges.*

Sur la concession de Dourges, les sondages creusés à partir du fond n'ont pas traversé la faille Pruvost. Le sondage SR (voir coupe 6, Pl. VIII) a atteint la cote — 997 où il s'est arrêté dans les terrains dérangés du toit de la faille. Quant au sondage SQ, creusé à partir du fond du puits 2 bis, il n'a pas pu dépasser 45 mètres (cote — 767), la zone broyée reposant sur la faille s'étant montrée particulièrement difficile : la pression du grisou refoulait les tiges et le carottier hors du trou à la manière d'un piston et, après un mois d'efforts, lors d'une dernière tentative pour passer, après que le carottier et l'eau du sondage aient été violemment éjectés, le trou s'est mis à débiter un boudin d'argile de remplissage de faille à la manière d'un tube de couleur que l'on presse, puis le tubage s'est cassé et la partie haute du trou fut alors nettoyée et cimentée (le diamètre intérieur du tubage était de 134 mm.).

Plus au Nord, sur la concession de Dourges, la faille Pruvost a été reconnue dans le sondage 6-45.18 (voir coupe

6, Pl. VIII) et vient d'être traversée dans le fonçage du puits 10 d'Oignies avec son cortège habituel de terrains broyés.

Les observations accumulées sur la faille Pruvost montrent qu'elle constitue un accident tectonique aussi important que les autres grandes failles de charriage du bassin.

Il sera possible ultérieurement de montrer qu'on la retrouve vers l'Est, à travers le bassin du Nord, comme limite Sud du gisement des charbons maigres. Pour en revenir au Pas-de-Calais, en se reportant à la coupe 1 de la Pl. VIII, on constate qu'on est en mesure de tracer la faille en profondeur vers le Sud depuis Nœux jusqu'à Dourges. Sa surface est peut-être un peu plus ondulée que nous ne l'avons marquée, mais sa présence est indiscutable.

Vers l'Ouest, il est très facile de la reconnaître : le niveau marin de la passée de Laure et la tête de l'assise de Flines en sont les annonciateurs. Vers l'Est, à partir de l'anticlinal transverse formé par le gisement de Lens surincombant la faille, on constate la présence de Rimbart à 100 ou 200 mètres au toit de la faille.

Sous la faille, l'influence de la forme synclinale du gisement des maigres jointe à la pente de la faille elle-même vers le Sud font que les terrains situés sous elle sont de plus en plus anciens à mesure qu'on descend dans cette direction : assise de Bruay au droit de l'affleurement de la faille de Gavion-Rangonnieux, assises d'Anzin ou de Vicoigne le long de la coupe 1 de la planche VIII, assise de Flines ou calcaire carbonifère plus au Sud (sondages du 4 et du 13 de Nœux). Les terrains charriés sur la faille Pruvost ont dû passer au-dessus d'un seuil anticlinal de calcaire carbonifère, allongé sensiblement E.S.E.-O.N.O., avant de venir reposer sur le gisement des charbons maigres du comble Nord et c'est pour cette raison que le rejet vertical apparent varie d'une façon continue

du Sud vers le Nord : manque de terrain au Sud, rejet apparent nul au centre, doublage de terrain vers le Nord.

5°) LE STYLE TECTONIQUE GÉNÉRAL.

L'aspect le plus frappant que présente la tectonique de cette région du Bassin quand on regarde les coupes, c'est le très grand développement et la régularité de la surface des grands accidents joints à la minceur relative des unités tectoniques que ces accidents encadrent. Ce style n'a pas pu avoir comme cause première une tectonique de poussée ou de compression latérale. La mise en place d'unités aussi étendues et aussi minces, après un cheminement qui, pour la faille Pruvost représenté un minimum de cinq kilomètres, évoque l'idée d'écoulement. Il arrive que les terrains encadrant la faille Pruvost soient très dérangés sur une épaisseur importante, mais ce dérangement peut s'expliquer par le mécanisme de l'écoulement lui-même avec les frottements et les compressions internes qu'il engendre (*).

Dans la région des charbons gras de la plaine de Lens, nous sommes en présence de trois unités tectoniques : celle des charbons gras limitée en profondeur par la faille de Gavion-Rangonnieux, celle des charbons demi-gras et quart-gras entre les failles de Gavion-Rangonnieux et Pruvost, et enfin celle des charbons quart-gras et maigres sous la faille Pruvost.

(*) Nous n'avons pas parlé ici de la structure des charbons maigres de la concession de Grenay, immédiatement au Nord de la faille de Gavion-Rangonnieux, la campagne de sondages qui l'étudie n'étant pas encore terminée, mais on y a déjà constaté que les failles satellites de la faille Pruvost délimitent sous cette dernière des unités d'épaisseur réduite (70 et 90 m. d'épaisseur dans le sondage du Rutoire 2, sur la coupe 3, Pl. VIII) alors qu'on les suit sur 4 kilomètres dans le sens Nord-Sud (ce qui reste après l'érosion des temps post-carbonifères) et sur 10 kilomètres dans le sens Est-Ouest ; et ce qui plus est, avec les mêmes niveaux repères : tonstein Constance ou Rimbart, ce qui montre bien leur continuité : on est en présence de petites unités ayant glissé les unes sur les autres sous l'influence d'une cause autre qu'une poussée latérale.

En ce qui concerne la faille de Gavion-Rangonnieux, nous avons vu qu'elle se composait en fait de failles multiples plongeant du Sud vers le Nord et se réunissant en une surface unique remontant ensuite légèrement vers le Nord. Sur cette surface se greffent localement (concession de Grenay) des failles remontant plus rapidement vers le Nord que la cassure principale (voir coupe 3, Pl. VIII et coupe fig. 3). L'ensemble forme une sorte de gouttière dont l'axe est figuré sur le plan de la planche VII ; il présente un point haut sur la concession de Lens, mais s'ennoie à partir de là vers l'Est et vers l'Ouest.

Une première remarque s'impose : l'exploitation a montré qu'entre les diverses branches des failles de ce type, les veines restaient très régulières et parallèles entre elles, ce qui exclut toute idée de compression dans la genèse de ces failles ; la dysharmonie qu'on constate localement entre l'allure des veines et la courbure plus prononcée des failles peut s'expliquer par une petite composante latérale du transport par rapport à la direction de la coupe.

Il peut y avoir des reploiements du gisement sur lui-même au moment de son cheminement, soit par petites failles inverses comme dans le gisement de Courrières, ou par formation de plis renversés au voisinage et au-dessus de la faille principale (gisement de Nœux, coupe 2, Pl. VIII), ou bien une faille de glissement peut produire un écrêtement des failles sous-jacentes : faille Alayrac de Courrières (coupe 5, Pl. VIII) ; là encore, la régularité du gisement exploité de part et d'autre de la faille Alayrac exclut toute idée de compression dans sa genèse.

Reste à comprendre pourquoi, sur la concession de Grenay, les branches de failles remontant vers le Nord (Loos, Dynamitière de la coupe fig. 3) présentent cependant un aspect de rejet direct vers le Sud.

Il faut remarquer que ce fait se produit dans la région où la faille Rangonnieux inférieure présente une ondulation anticlinale locale (au droit du sondage Sr sur la coupe 3, Pl. VIII). Il semble alors que les paquets de

terrain entre failles de la Dynamitière et d'Eschin et entre failles d'Eschin et Rangonnieux supérieure aient glissé plus loin au delà de ce léger anticlinal et grâce à lui, en se séparant du gisement situé au Sud d'où l'apparition de ces failles qui correspondraient à un étirement local de l'unité tectonique (*).

S

N

Puits 1 de Lens

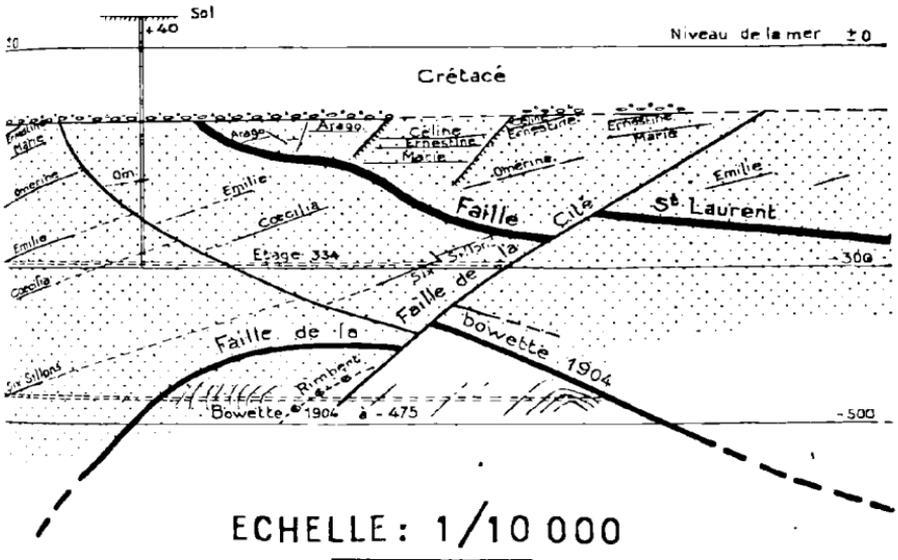


Fig. 7

Dans l'ensemble, la faille de Gavion-Rangonnieux présente une charnière vers l'Est, dans la concession de Dourges et son jeu s'accroît vers l'Ouest où la branche

(*) On ne peut pas expliquer cette allure en berceau des fractures par un mouvement d'ensemble de la lentille formée par le paquet de terrains sus-jacents, car dans ce cas, les branches ascendantes Nord devraient présenter un rejet inverse.

Nord-Sud de la faille de Gavion entre les puits 4 et 5 de Nœux a dû jouer comme une faille de transport latéral du Sud vers le Nord.

Mais dans sa partie Sud, l'ensemble du gisement situé au toit de la faille de Gavion-Rangonnieux n'a pas pu se déplacer considérablement vers le Nord comme l'attestent les charnières locales que présentent certaines branches de la faille : faille de Gavion s'annulant vers le sondage S_J sur la coupe 1, Pl. VIII, par exemple.

Sous la faille de Gavion, la faille Pruvost est un accident comme nous l'avons vu, d'un tout autre genre, à la fois beaucoup plus important et beaucoup plus simple ; c'est une surface cisailante qui a recoupé les synclinaux et les anticlinaux du bassin après la formation de ces derniers et c'est ce qui fait qu'on peut avoir soit des doublages, soit des manques de terrains suivant les points où on observe la faille. On ne sait pas quel est son comportement vers le Sud mais il est permis de penser que, comme les autres grandes failles de charriage du bassin : faille Barrois, faille limite et cran de retour, elle est coupée par la fracture qui doit séparer le synclinorium de Dinant de celui de Namur et dont l'aboutissement en surface est la Grande Faille du Midi. Notons en passant que les formes anticlinales et synclinales du synclinorium de Namur sont apparues très tôt dans la paléogéographie du bassin, car les sondages ont montré que, sur les zones anticlinales, les diverses assises sont nettement plus minces que dans les synclinaux (par exemple dans le sondage de Mazingarbe 1 par rapport au sondage de Mazingarbe 2) : la tectonique n'a fait qu'accentuer les formes synclinales préexistantes.

L'unité tectonique comprise entre la faille de Gavion-Rangonnieux et la faille Pruvost est irrégulière dans les parties où ces deux failles se rapprochent le plus : à Nœux et Grenay à l'Ouest et à Courrières à l'Est ; par contre, là où les failles s'éloignent, le gisement devient exploitable comme au siège 5 de Nœux par suite de la

remontée brutale de la faille de Gavion ou bien sur la concession de Dourges où la faille de Gavion-Rangonnieux s'amortit ou encore sur la concession de Lens où elle forme un anticlinal marqué (*).

Quant à l'unité tectonique sous-jacente à la faille Pruvost, elle devient très régulière en s'éloignant en profondeur sous la faille. Pour le mineur, elle constitue l'unité restée fixe relativement à celles qui la surmontent. Une hypothétique faille de charriage sous elle, à supposer qu'elle existe, reste actuellement inconnue.

De ce qui précède, on peut conclure que les traits dominants de la partie centrale du Bassin du Pas-de-Calais sont le charriage et l'écoulement. Les failles directes sont nombreuses mais très peu importantes quant à leur rejet et à leur effet sur le gisement. Les lignes tectoniques principales sont directionnelle et subhorizontale, les autres n'étant que des conséquences ou des réactions du deuxième ordre par rapport à celles-là ; autrement dit, les grosses masses charriées, d'épaisseur relativement mince par rapport à leur étendue, se sont mises en mouvement, par gravité, à la suite du bombement produit par la surrection de la chaîne du Condroz et c'est leur cheminement joint à leur poids qui ont déterminé des compressions et des poussées dans les unités tectoniques sous-jacentes.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) A. BOUROZ. — Quelques précisions sur le gisement du Groupe de Béthune. *An. Soc. Géol. Nord*, t. LXVII, 1947.
- (2) A. BOUROZ. — Une étude des réserves exploitables d'un gisement : la région des charbons maigres Hénin-Liétard-Oignies. *Revue Ind. Minér.*, n° 613, vol. XXXV, 1954.

(*) Dans cette dernière concession, on voit apparaître un type de faille peu connu dans le bassin : la faille de la bowette 1904 du siège 19 de Lens (voir coupe fig. 7) se présente en chapeau de gendarme avec des terrains fortement redressés en dessous de la faille alors qu'au-dessus d'elle le gisement paraît régulier ; les travaux ne sont pas encore assez avancés pour qu'on ait pu en délimiter les contours.

- (3) E. VUILLEMIN. — Bassin houiller du P.-de-C., t. 1, Lille, 1880.
- (4) A. SOUBEYRAN. — Git. minér. Fr. - Bassin houiller du P.-de-C., 1^{re} partie, Paris, 1895.
- (5) M. BERTRAND. — Le bassin crétacé de Fuveau et le bassin houiller du Nord. *An. des Mines*, 9^e série, XIV, 1898.
- (6) C. BARROIS. — Exposé de l'état des connaissances sur la structure géologique du Bassin Houiller dans le département du Nord. *An. Soc. Géol. Nord*, t. XXXVIII, 1909.
- (7) C. BARROIS, P. BERTRAND, P. PRUVOST. — Nouvelle carte paléontologique du Bassin du Nord. *Rev. Ind. Minér.*, n° 86, 1^{re} partie, *Mémoires*, 1924.
- (8) P. PRUVOST et P. BERTRAND. — Quelques résultats des récentes explorations géologiques du Bassin houiller du Nord de la France. *Rev. Ind. Minér.*, n° 282, 1^{re} partie, *Mémoires*, 1932.
- (9) A. BOUROZ. — Sur quelques aspects du mécanisme de la déformation tectonique dans le Bassin houiller du Nord de la France. *An. Soc. Géol. Nord*, t. LXX, 1950.

M. J. Polvêche fait la communication suivante :

Une coupe à travers l'Ouarsenis oranais

par **J. Polvêche**

Planche IX

INTRODUCTION

On sait depuis 1953 (Caire A., 1953, p. 941) que le Tell oranais, comme le Tell algérois, est constitué en majeure partie par des sédiments allochtones. Une coupe SN dans l'Ouarsenis oranais va me permettre de faire le point des connaissances acquises sur cette région. Les géologues telliens ont disséqué l'épaisse série allochtone ; ils y distinguent de nombreuses unités. Bien que les divisions en unités soient très variables d'une région à l'autre, et l'expérience le prouve fréquemment, je m'efforcerai

d'utiliser dans la mesure du possible le vocabulaire tectonique tellien maintenant classique (1) :

<i>Autochtone</i>	}	Nappe C (Unité supérieure)
		Nappes B (Unité moyenne)
		Unité A (Unité inférieure)
<i>Allochtone</i>	}	Post-nappe
		Anté-nappe

Pour ma part, j'ai pu mettre en évidence des subdivisions locales. Je les décrirai dans l'ordre où on les observe en traversant l'Ouarsenis du S vers le N. Ce sont, d'après l'ordre de superposition :

b - <i>Allochtone</i>	}	6 - Nappe numidienne	Nappe C
		5 - Unité sénonienne, lame supér.	Nappe B
		4 - Unité albo-cénomaniennne	Unité A
		3 - Unités sénoniennes	} Nappes B
		2 - Unité des Chouala	
a - <i>Autochtone</i>	}	1 - Unité oligo-miocène	
		Anté-nappe : Massif du Bechtout-bou Rhed-dou.	
		Post-nappe : Miocène inférieur du Tiaret.	

L'AUTOCHTONE

1) *L'autochtone post-nappe* : les grès du Tiaret.

Commençant la coupe à Tiaret, on distingue dans cette zone une puissante série marno-gréseuse, sub-horizontale, transgressive, au S sur des formations jurassiques et crétacées des Hauts-Plateaux, au N sur des terrains très plissés déjà allochtones (Polvéche 1956, p. 643). Les grès du Tiaret d'âge miocène inférieur représentent donc des dépôts autochtones post-nappe. Ils constituent sur la bordure sud du Tell l'homologue des couches miocènes du Chélif.

(1) Voir à ce sujet les notes de Caire A., Glangeaud L., Mattauer M. et Polvéche J. (1953), Caire A. (1954), Mattauer M. (1956).

2) *L'autochtone anté-nappe : le massif du Bechtout-bou Rheddou.*

Dans l'Ouarsenis oranais, un seul massif peut être considéré comme autochtone, il s'agit du massif du Bechtout-bou Rheddou. Ce dernier est d'ailleurs visible à quelques kilomètres seulement des séries autochtones des Hauts-Plateaux.

C'est au milieu de dépôts extraordinairement complexes qu'apparaît ce massif grâce à un vaste anticlinal assez simple dont le cœur est constitué par des formations très faiblement plissées qu'il est impossible de ne pas considérer comme autochtones.

Ces terrains à structure très calme et régulière sont formés par :

- a) un socle de microgranite - bien visible au Bechtout ;
- b) des couches jurassiques transgressives sur le socle ;
- c) des marnes et grès, d'âge miocène, transgressifs, soit sur le jurassique, soit sur la roche éruptive.

Ces dépôts s'enfoncent de tous côtés sous des couches très plissées. Des contacts anormaux et des failles verticales limitent l'autochtone qui apparaît donc en fenêtre.

Existe-t-il d'autres massifs autochtones analogues dans le Tell oranais ? Oui, car M. Kieken et J. Magné (1957) ont montré que le Miocène inférieur de leur Unité de Ben Safia (extrémité occidentale de la feuille d'Uzès-le-Duc), situé approximativement sur le même parallèle que le Bechtout, pouvait être rattaché à l'autochtone. Il apparaît, lui aussi, en fenêtre au milieu d'une unité d'aspect chaotique.

L'ALLOCHTONE

L'Unité oligo-miocène.

Tout autour du massif du Bechtout-bou Rheddou, on distingue une épaisse et très complexe série de sédiments en majeure partie d'âge oligocène ou miocène. Cette série

chevauche les formations à tectonique simple de l'autochtone du Bechtout. Au S, elle s'enfonce sous les marnes et grès de Tiaret. A l'W, elle repose sur le Miocène anténappe de la Kat Lembia. J'ai montré en 1956 (p. 648) que cette formation constituait une unité tectonique bien individualisée que j'ai nommée : Unité oligo-miocène car elle est composée presque exclusivement par des terrains oligocènes et miocènes. Cette nappe se différencie nettement des formations autochtones, d'une part par sa composition, elle contient en abondance des marnes oligocènes jamais observées dans les massifs en place qu'elle recouvre, et d'autre part par son style tectonique incomparablement plus complexe.

L'unité oligo-miocène constitue un système d'écaïlles fort imposant qui s'étend d'E en W à travers toute la feuille au 1/200.000^e d'Ammi-Moussa. Au N, les dépôts les plus septentrionaux que l'on peut rattacher à cette unité sont visibles presque jusque Souk el Had. Les grès miocènes du Toukal, les marnes et grès du Cheffaïa, les écaïlles de l'O. bou Chiba à l'E, les grès des Dj. Menouara, Koursi, les barres de Montgolfier à l'W appartiennent à cette formation.

M. Mattauer a signalé dans l'Ouarsenis oriental une lame de constitution identique qu'il nomme : lame B¹. A l'W, l'Unité du bou Allaté de M. Kicken et J. Magné doit représenter au moins en partie l'homologue de notre Unité oligo-miocène.

On peut évaluer à plus de 25 km le déplacement minimum de cette première unité, ceci grâce à la fenêtre du Bechtout.

UNITÉ DES CHOUALA

Poursuivant la coupe vers le N, on observe parfois sur la rive droite de l'O. Riou, au-dessus de l'Unité oligo-miocène, des formations calcaires d'âge néocomien-barrémien. Ces dépôts représentent une autre unité tectonique

parfaitement individualisée plus à l'W, dans les Chouala (1). L'unité des Chouala chevauche par l'intermédiaire d'un contact anormal souvent très peu incliné les marnes et grès de la nappe oligo-miocène. Les affleurements de la nappe des Chouala ne sont pas continus, ils disparaissent souvent sous une autre unité qui a glissé jusque sur les formations de la série inférieure.

Cette lame est constituée par un chaos tectonique souvent indescriptible. On y distingue des marno-calcaires à pyriteux du Crétacé inférieur, des marnes albiennes, céno-maniennes et turoniennes mêlées à des marnes du Sénonien inférieur et à des grès oligocènes ou miocènes ! Signalons aussi l'existence de blocs de calcaire jurassique, ce qui augmente encore l'aspect fort étrange de cette nappe.

L'Unité des Chouala se différencie donc nettement et de l'Unité inférieure oligo-miocène qui ne contient jamais de couches crétacées et de l'Unité supérieure qui paraît beaucoup plus simple et plus homogène.

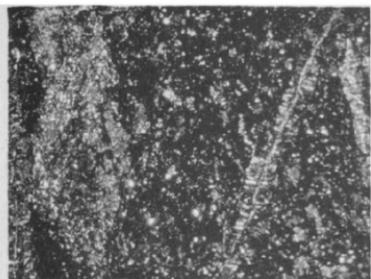
La nappe des Chouala est bien visible dans la haute vallée du Riou, en particulier près des ouedi Raouraoua et Maya. On la retrouve, sur une largeur de près de 15 km, à l'W, dans la fenêtre de l'O. Malah. Plus à l'W encore, j'ai pu observer au N de la feuille d'Uzès-le-Due des formations analogues. Dans les Monts de la Mina, ce sont des séries identiques que M. Kieken et J. Magné placent dans leur Unité de l'O. Krelloug (2).

A l'E, M. Mattauer (1957) différencie à ce niveau une lame B² (partie inférieure) contenant des couches mar-

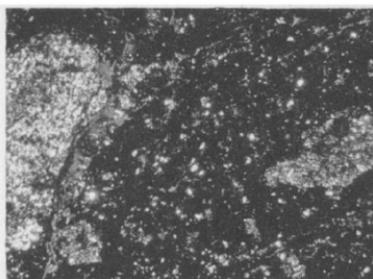
(1) J'ai décrit pour la première fois cette unité en 1955 sous le nom d'Unité Crétacé inférieur - Tertiaire. Je l'ai nommée ensuite unité des Chouala.

(2) Il est fort probable qu'une partie de l'Unité de Si Moh ben Aouda (M. Kieken et J. Magné, 1957) trouve sa place dans l'Unité des Chouala car des dépôts d'âge néocomien, dépôts qui caractérisent parfaitement la nappe des Chouala, existent en grande abondance dans la formation dite de ben Aouda. Cette dernière unité paraît des plus composites, il semble difficile de l'intégrer dans la série des nappes qui constituent l'Ouarsenis oranais.

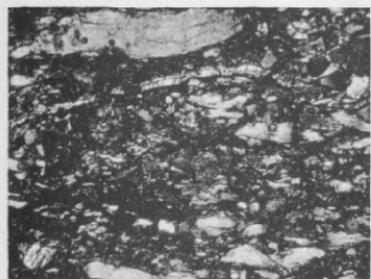




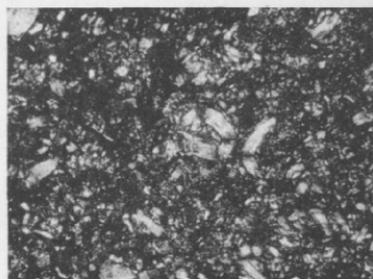
1



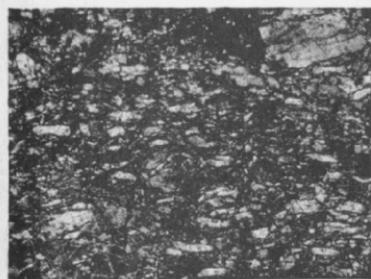
2



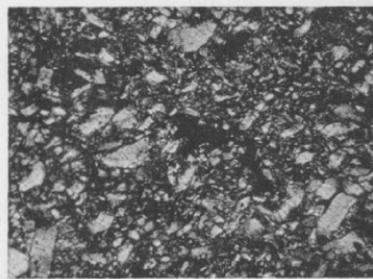
3



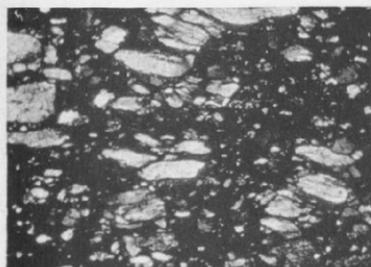
4



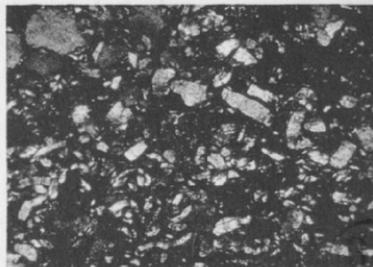
5



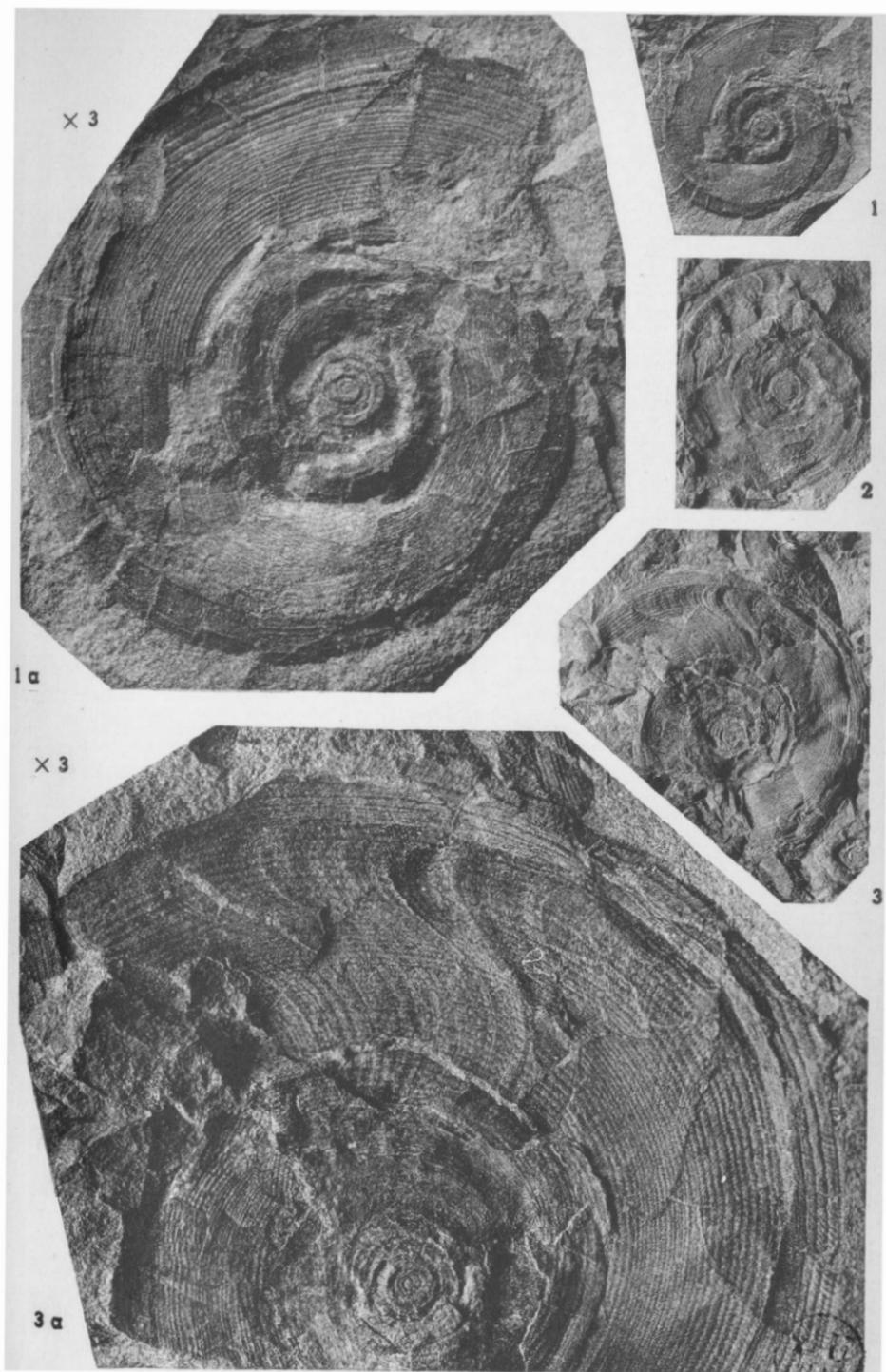
6



7



8



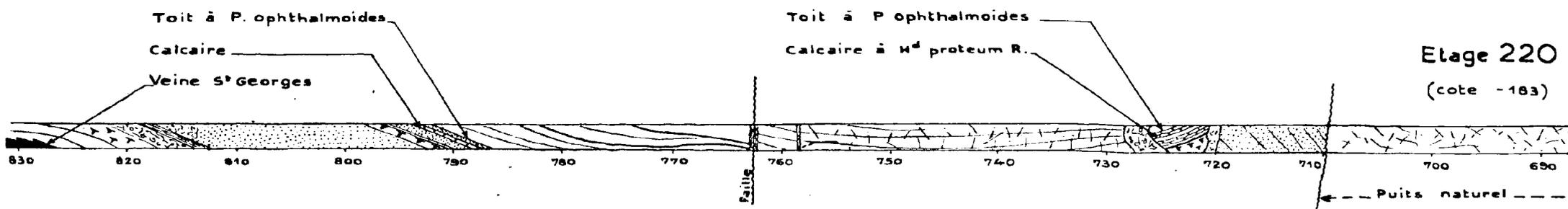
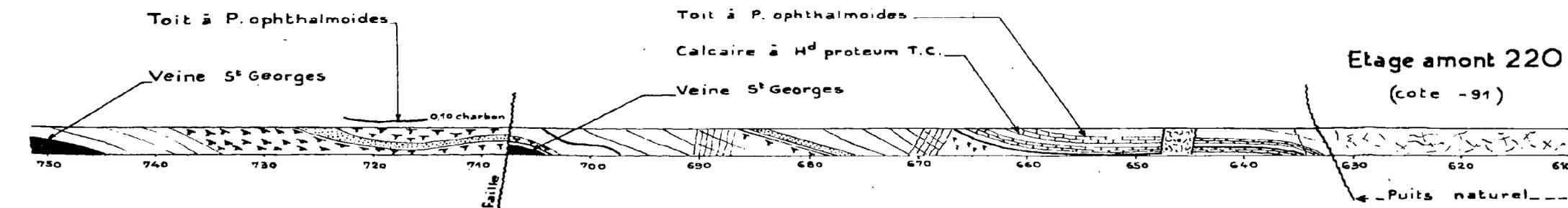
IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

HUDSONOCERAS PROTEUM BROWN

FOSSE SABATIER

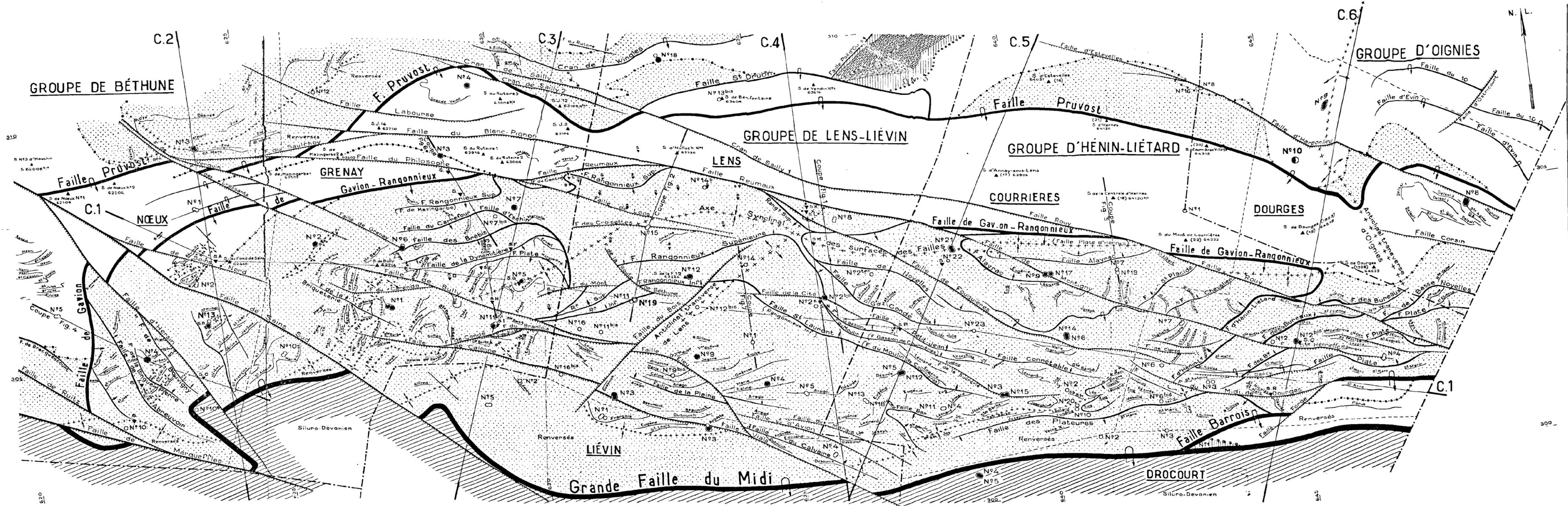
Voies au rocher couchant vers S^t Georges à la sortie du puits naturel

Echelle $\frac{1}{500}$



LEGENDE

- | | | | | | |
|--|----------|--|---------|--|------------------|
| | Calcaire | | Grès | | Mur à radicelles |
| | Schiste | | Charbon | | |



STRUCTURE DU GISEMENT
des charbons gras du Pas-de-Calais

PLAN d'ENSEMBLE
à la cote -300

ECHELLE 1/50 000

- Légende -

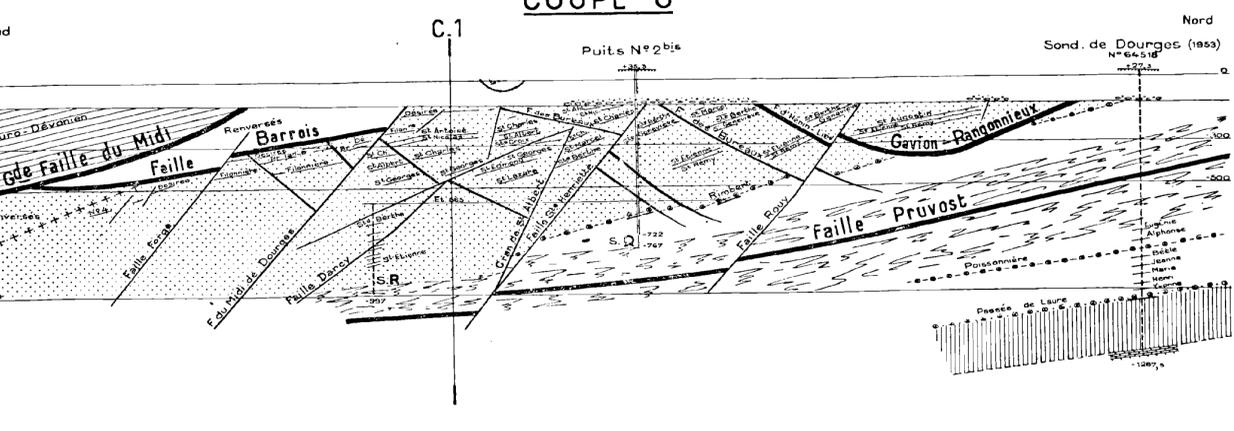
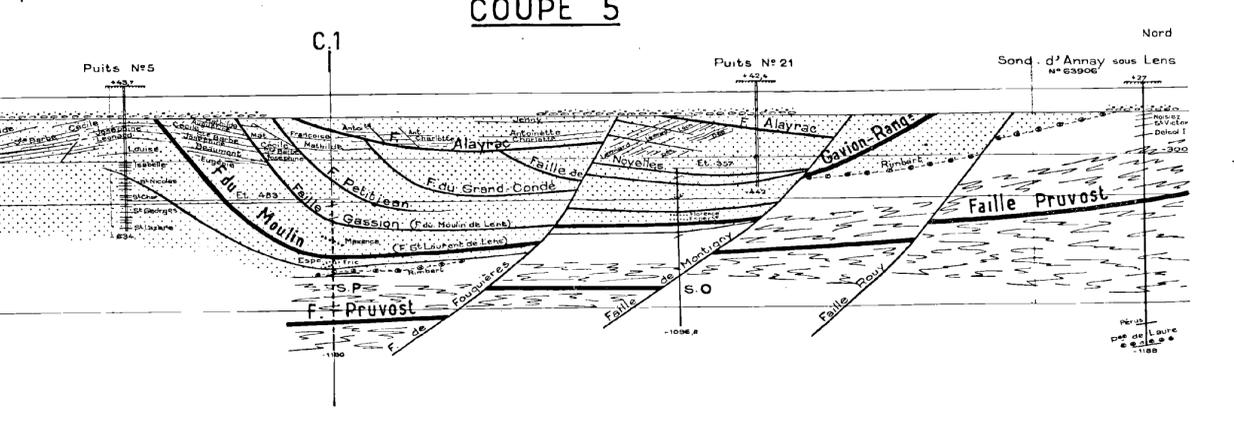
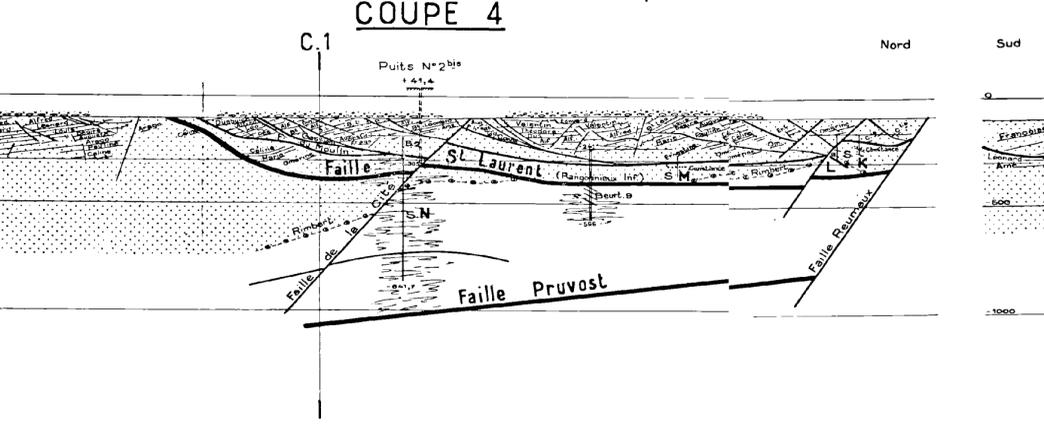
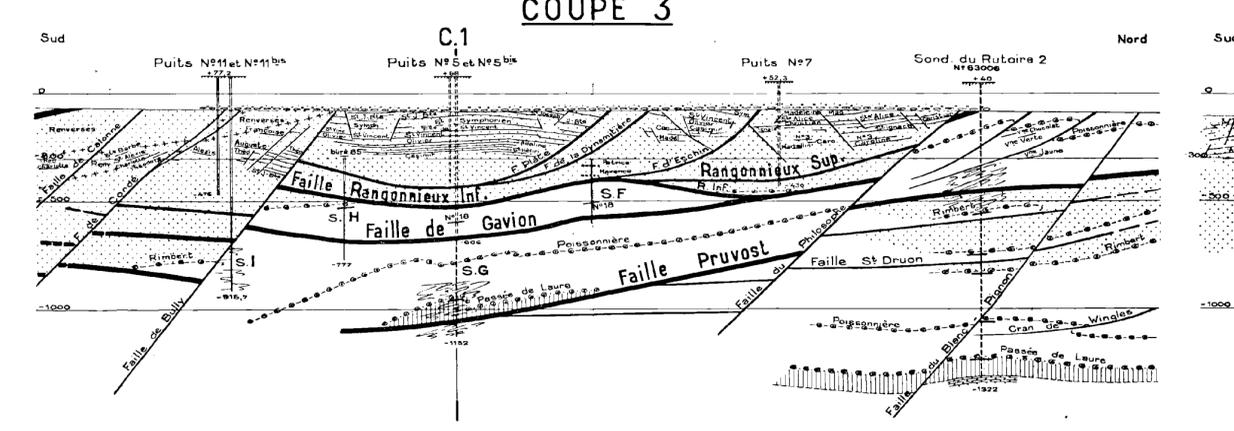
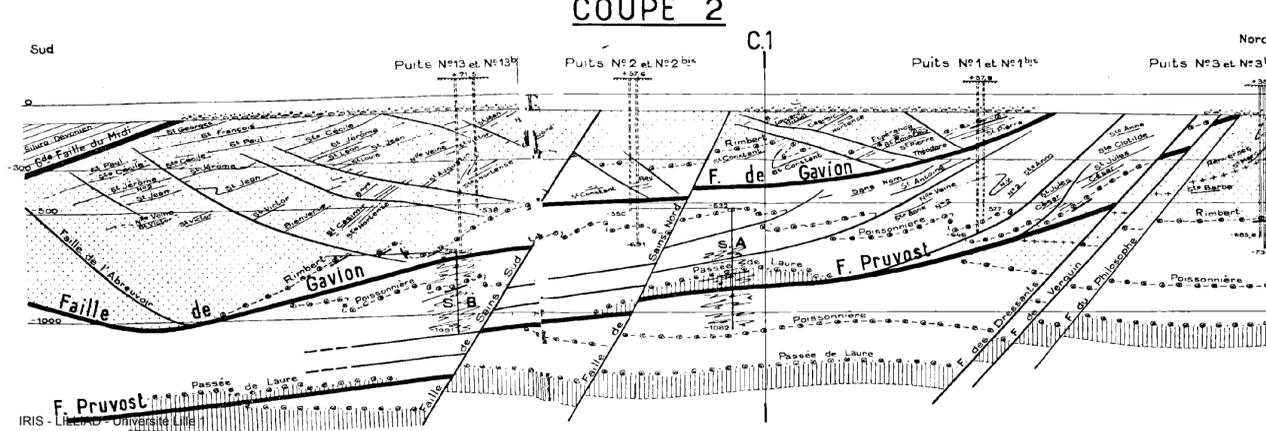
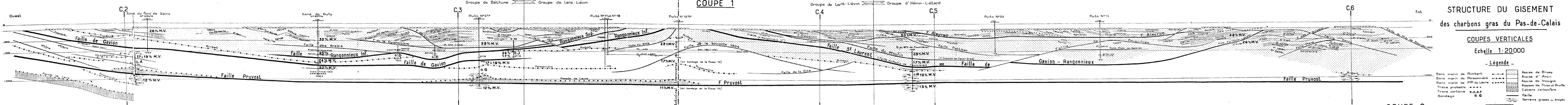
- | | | | |
|----------------------------|--|------------------------------|--|
| Banc marin de Rimbert | | Assise de Bruay | |
| Banc marin de Poissonnière | | Assise d'Anzin | |
| Banc marin de Péc de Laure | | Assise de Vicoigne | |
| Sondage de surface | | Assises de Flines et Bruille | |
| Sondage du fond | | Calcaire carbonifère | |
| Faille | | Siluro-Devonien | |

STRUCTURE DU GISEMENT des charbons gras du Pas-de-Calais

COUPES VERTICALES
Echelle 1:20000

- Légende -

- Banc marin de Rimbart
- Banc marin de Poissonnière
- Banc marin de P^{er} de Laure
- Trace probable
- Trace certaine
- Sondage
- Assise de Bruy
- Assise d'Anzin
- Assise de Vicoigne
- Assises de Fines et Bruille
- Calcaire carbonifère
- Faïlle
- Terrains glissés ou broyés



neuses albiennes et cénomaniennes. Or, on observe souvent dans l'Unité des Chouala, et uniquement dans celle-ci, des marnes de même âge. Je pense donc, dans ces conditions, bien que le Néocomien ne soit pas visible dans la lame B², que la nappe des Chouala et la lame B² appartiennent à la même Unité.

Il est difficile d'évaluer l'importance du déplacement dans cette unité car on ne connaît pas de formations autochtones sous la nappe des Chouala. Toutefois, comme le Néocomien des Chouala surmonte à travers toute la fenêtre de l'O. Malah des couches tertiaires, le déplacement est au moins égal à la largeur de cette fenêtre, soit 15 km.

L'UNITÉ SÉNONIENNE

Au N, et au-dessus des affleurements néocomiens des Chouala, apparaissent des couches sénoniennes qui constituent l'Unité sénonienne. Il s'agit d'une nappe importante qui occupe une place considérable dans tout le Tell. D'El Alef au N à Henri Huc au S, elle s'étend sur une largeur voisine de 40 km.

Cette nappe, comme l'indique son nom, est constituée en majeure partie par des marnes et marno-calcaires du Sénonien. On y distingue encore des calcaires à silex éocènes, des marnes lutétiennes et quelques copeaux de grès et marnes tertiaires. L'Unité sénonienne est bien distincte de l'Unité sous-jacente qui ne contient qu'exceptionnellement des marnes sénoniennes. Le contact entre ces 2 unités est souvent très net car habituellement les marnes noires sénoniennes chevauchent des calcaires blancs néocomiens. Un filon de Trias très constant souligne sur plusieurs dizaines de kilomètres ce contact.

Dans l'importante masse marno-calcaire sénonienne, on observe de fort nombreux contacts anormaux. Quelques-uns sont soulignés par des lames de Trias. Aussi est-il fort possible qu'il existe plusieurs nappes superposées et

non une seule « Unité » tectonique dans cette épaisse série marneuse.

L'Unité sénonienne chevauche soit la nappe des Chouala, soit directement la série oligo-miocène. Le contact anormal de base est presque horizontal quand des accidents post-nappe, bien connus dans l'Oued Malah, n'existent pas.

L'Unité sénonienne est largement visible à l'E de ma région où M. Mattauer (1957) a décrit des nappes de contenu et d'aspect fort voisins sous le nom de lames B^{2b}. A l'W, dans la Mina, M. Kieken et J. Magné n'ont pas retrouvé cette unité qui a pu être érodée car la nappe la plus élevée observée par ces auteurs est celle des Chouala (nappe de l'O. Krelloug).

La présence d'une fenêtre montrant une nappe inférieure à matériel tertiaire en plein cœur de l'Unité sénonienne permet d'apprécier l'ampleur des glissements. On peut ainsi admettre un déplacement au moins égal à 20 km.

L'UNITÉ ALBO-CÉNOMANIENNE

Dominant les formations sénoniennes apparaissent, vers le N, les Dj. Kouider, Korn, Mankoura, Chaba, Baïa qui forment l'ossature de l'Ouarsenis occidental. Les grès albiens et les calcaires marneux de l'Albo-cénomancien qui constituent ces reliefs forment une masse homogène quoique très plissée totalement indépendante de la série sénonienne. Cet ensemble que je nomme Unité albo-cénomaniennne étant donné sa composition a un comportement assez complexe.

Au S et au SW, cette unité chevauche nettement la nappe sénonienne. Le contact anormal, très légèrement incliné, est souligné par des roches triasiques que j'ai pu suivre sur plus de 50 km. Les contours permettent d'affirmer que le massif albo-cénomancien a glissé au moins sur 15 km. (Polvêche, 1955 b).

A l'E (région de Souk el Had), les calcaires cénomaniens arrivent en contact par une faille normale avec l'Unité sénonienne.

A l'W, bien que les contacts soient généralement fort confus, on distingue parfois dans la vallée de l'O. Riou des formations sénoniennes chevauchant l'Unité albo-cénomaniennne.

Enfin, au N, les grès albiens et les marno-calcaires cénomaniens que surmonte parfois un Sénonien transgressif apparaissent régulièrement plissés, les contacts anormaux si abondants au S disparaissent à l'intérieur de cette unité qui n'est plus affectée que par des plis simples de direction saharienne (douar Sly). Cette formation semble ici enracinée. Elle est surmontée par des marnes du Crétacé supérieur très plissées que j'étudierai ci-dessous.

Avant d'essayer d'expliquer les faits rappelons qu'à l'E, M. Mattauer, grâce à la magnifique fenêtre du Dj. Rhiles, a pu observer des formations identiques à celles qui constituent notre Unité albo-cénomaniennne, et qu'il a nommées Unité A, sous les Unités B dites sénoniennes. Il a aussi remarqué que, vers l'W, dans la région de Bourbaki, A paraissait parfois chevaucher B. Dans ma région d'étude, le phénomène s'accroît et c'est sur plus de 15 km que l'on peut observer l'Unité albo-cénomaniennne (A) chevauchant le Sénonien (B). Au N par contre, B chevauche à nouveau l'Albo-cénomaniennne.

Il faut bien entendu admettre les conclusions de M. Mattauer : A représente bien une unité inférieure à B. La coupe du Dj. Rhiles ne permet pas d'autre interprétation et l'Albo-cénomaniennne de notre région paraît se poursuivre sans solution de continuité vers l'E, c'est-à-dire vers l'Unité A. Pour expliquer nos observations il faut donc supposer qu'après la mise en place des nappes sénoniennes (B) l'Unité albo-cénomaniennne a pu s'écailler et avancer d'au moins 15 km sur la nappe sénonienne.

UNITÉ SÉNONIENNE SUPÉRIEURE (Unité B)

Au-dessus de l'Unité albo-cénomaniennne, dans la vallée de l'O. Ardjem, au pied du Saadia, on retrouve des marnes sénoniennes qui chevauchent par l'intermédiaire d'un filon de Trias filiforme les calcaires ou les grès du Crétacé moyen. Les plis qui affectent l'Albo-cénomalien et ceux visibles dans le Sénonien sont totalement indépendants. Les marnes sénoniennes, dans lesquelles apparaissent des copeaux de calcaire yprésien, appartiennent donc à une autre unité. On peut rattacher ces marnes à l'Unité sénonienne déjà étudiée, en admettant qu'il s'agisse d'une lame supérieure. Celle-ci présente des caractères assez particuliers que l'on retrouve dans des séries visibles plus à l'E, soit au N d'Ammi-Moussa. Cette formation contient en particulier de nombreux copeaux de calcaire yprésien et des niveaux très détritiques parfois gréseux que je n'ai rencontrés que dans cette lame. Signalons enfin que ce sont toujours des dépôts appartenant à cette nappe qui supportent l'Unité supérieure ou Nappe C.

UNITÉ NUMIDIENNE (Nappe C)

Au-dessus de l'Unité sénonienne apparaissent les grès numidiens du Dj. Saadia. Depuis longtemps déjà, on sait que les massifs numidiens du Tell méridional algérois sont charriés (Caire 1951, p. 721, M. Mattauer 1953). Il en est de même dans le Tell oranais. Les grès du massif du Saadia et du Kef Techta reposent par contact anormal sur les marnes sénoniennes. Les grès numidiens constituent une nouvelle unité totalement indépendante des précédentes et que l'on nomme Nappe C ou Unité numidienne. On n'a jamais observé dans le Tell une unité supérieure à la Nappe C. Le Miocène inférieur du Chélif est par ailleurs transgressif en plusieurs points sur cette nappe.

CONCLUSION

On distingue donc dans l'Ouarsenis oranais une série de nappes souvent bien individualisées qui se chevauchent mutuellement. Le tableau ci-dessous indique, bien que ces nappes soient lenticulaires, les correspondances entre les unités définies dans le Tell oranais et celles étudiées par d'autres auteurs dans les régions limitrophes.

	Monts de la Mina (Kieken-Magné)	Ouarsenis oranais	Ouarsenis algérois (d'après M. Mattauer)
Autochtone post-nappe	Miocène sup. de Zemmora	Miocène inférieur du Chélif	
Allochtone		Nappe C (numi- dien du Saadia)	Nappe C
		Unité sénonienne sup.	Lame B3
		Unité sénonienne Unité albo- sénoma- nienne (A)	Lame B2c Lame B2b
	U. de l'O. Krel- loug	Unité des Chouala	Lame B2a
	U. Sid. Moh ben Aouda	Unité oligo- miocène	Lame B1
	U. du Bou-allate		Unité A
Autochtone anté-nappe	Fenêtre de ben Safia (Miocène)	Fenêtre du Bechtout (Miocène, Jur., granite).	Dj. Rhiles (Miocène)

Il ne peut être question dans cette courte note d'apporter des arguments permettant de préciser l'amplitude

réelle des déplacements. Seule une étude minutieuse des différents faciès des Unités pourrait permettre d'éclairer le problème. Encore faudrait-il connaître en détail non seulement les terrains que cache le Miocène du Chélif, mais aussi toutes les formations du Tell septentrional.

BIBLIOGRAPHIE

- 1) CAIRE A. (1951). — Structure et évolution de la zone sub-bibanique dans la région de Mansourah-les-Biban (Dpt de Constantine). *B.S.G.F.*, (6), I, p. 721-734.
- 2) CAIRE A., GLANGEAUD L., MATTAUER M. et POLVÊCHE J. (1953). — Essai de coordination de l'autochtone et de l'allochtone dans l'Atlas tellien de l'Algérie centrale. *B.S.G.F.*, (6), III, p. 941-973.
- 3) CAIRE A. (1954). — L'Atlas tellien méridional entre la chaîne du Djurdjura et la partie occidentale des Monts du Hodna (Algérie). *Ann. scient. Univ. Besançon*, (2), Géol., fasc. 1, p. 35-82.
- 4) KIEKEN M. et MAGNÉ J. (1957). — Aperçu géologique sur les monts de la Mina. *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*. (En cours de publication).
- 5) MATTAUER M. (1953). — Observation sur la tectonique des massifs « medjaniens » de l'Ouarsenis sud-oriental (Algérie). *C.R. Ac. Sc.*, t. 237, p. 623-625.
- 6) MATTAUER M. (1956). — Essai de coupe du Tell algérois. *B.S.G.F.*, (6), VI, p. 189-199.
- 7) MATTAUER M. (1957). — Etude géologique de l'Ouarsenis oriental. *Thèse Fac. Sc. Paris*. (En cours de publication).
- 8) POLVÊCHE J. (1955a). — Observations sur la tectonique dans la région de Mendez (Algérie). *Ann. Soc. géol. Nord*, t. 75, p. 122-136.
- 9) POLVÊCHE J. (1955b). — Sur le contact Crétacé moyen-Crétacé supérieur au Sud du massif de l'Ouarsenis occidental (Algérie). *C.R. Ac. Sc.*, t. 241, p. 420-422, séance du 25 juillet 1955.
- 10) POLVÊCHE J. (1956). — La terminaison méridionale des nappes sud-telliennes dans la région de Tiaret (Algérie). *B.S.G.F.*, (6), VI, p. 643-652.

Séance du 5 novembre 1958

Présidence de M. R. LEROUX, Président.

Le Président présente les félicitations de la Société à M. P. Corsin qui a été élu Membre correspondant de l'Académie des Sciences (section Botanique).

Deux communications ont été présentées par MM. A. Bonte et J. Fabre.

M. A. Bonte fait la communication suivante :

Sur divers aspects de la circulation des eaux souterraines.
Application à la recherche de l'eau dans les calcaires
par A. Bonte.

SOMMAIRE

Pour expliquer certaines anomalies de la circulation des eaux souterraines, il faut distinguer : d'une part, plusieurs types de cheminement, suivant que l'eau dépend de la porosité, de la perméabilité, de la fissuration ou de la dissolution ; d'autre part, plusieurs zones superposées en fonction du drainage local et du drainage général.

La circulation de l'eau dans les calcaires semble parfois si incohérente qu'on pu prétendre qu'aucune prévision n'était possible.

Pour certains, comme Belgrand, l'eau souterraine forme dans ces roches une nappe continue et uniforme. Pour d'autres, à la suite de Martel, il n'existe pas d'eau en dehors des diaclases. En fait, les deux affirmations sont conciliables et je vais essayer d'analyser le mécanisme du cheminement de l'eau et d'en tirer quelques indications sur la recherche de l'eau dans les calcaires.

DEUX ANOMALIES APPARENTES ET LEUR INTERPRÉTATION

I. — *Le toit du sel dans le Jura* (fig. 1, I)

E. Fournier avait constaté, en 1925, que dans la Concession de Montmorot la cote du sel était la même

dans tous les sondages, quel que soit le niveau stratigraphique au départ. Il en concluait que les eaux, responsables de la dissolution naturelle du sel, pouvaient se diviser en deux zones :

1) une *zone dynamique* au-dessus, dans laquelle les eaux en mouvement entraînaient le sel en solution ;

2) une *zone statique* au-dessous, dans laquelle les eaux immobiles étaient saturées en sel et incapables de dissolution.

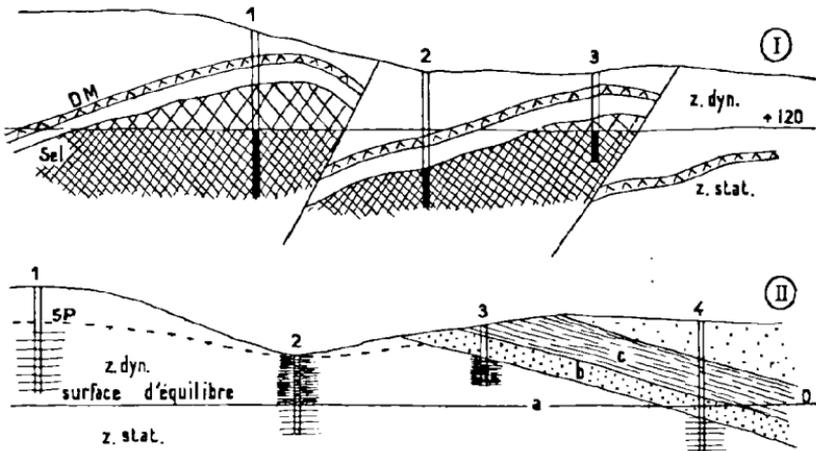


FIG. 1. — Zone dynamique et zone statique.

I. Le toit du sel dans le Jura.

Les forages 1 et 3 ont traversé le « Système du sel » dissous avant d'entrer dans le sel massif ; le forage 2 est entré directement dans le sel massif. DM, Dolomieillon du Keuper moyen.

II. Le débit des puits et forages à la craie.

SP, surface piézométrique ; a, craie sénonienne ; b, sable landénien ; c, argile yprésienne.

Les forages 1 et 4 n'ont rencontré qu'une craie peu aquifère ; le forage 3 a recoupé une craie très riche en eau ; le forage 2, après avoir traversé une craie très aquifère, est entré brusquement dans une craie pauvre en eau.

La densité des traits horizontaux est proportionnelle au débit obtenu.

La limite de ces deux zones, indépendante de la topographie, est remarquablement constante dans une région donnée (+ 120 à Lons-le-Saunier). C'est une surface que j'appellerai par la suite *surface d'équilibre*, et qui correspond à la limite inférieure des circulations souterraines, visibles ou cachées ; cette surface, dont la cote est fonction de la distance à la mer, niveau de base, joue le même rôle que la surface topographique pour les circulations aériennes.

Cette hypothèse de Fournier a été le point de départ de l'interprétation du Trias salifère des sondages du Jura. Le sondage de Perrigny I en particulier (Bonte 1951, 1952) a traversé en carottage continu près de 50 m de sel dissous sous l'aspect d'une marne foisonnée et bréchique bourrée de gypse secondaire.

Depuis cette date, l'interprétation de Fournier a été étendue à toute la bordure du Jura et elle a été contrôlée à maintes reprises par les nombreux sondages récents dont les prévisions ont toujours été reconnues valables.

2. — *Le débit des puits et forages à la craie* (fig. 1, II)

Tous ceux qui se sont occupés de recherche d'eau dans la craie ont pu constater l'incohérence apparente des circulations souterraines. En fait, l'expérience montre qu'il existe une certaine régularité dans les discontinuités de répartition de l'eau, sans qu'une explication d'ensemble ait été donnée.

Les variations de débit des ouvrages de captage relèvent de trois facteurs : la topographie, la profondeur, la couverture.

a) *La topographie*. On sait depuis longtemps que les puits creusés sur les plateaux sont beaucoup moins riches en eau que les puits de la vallée et J. Gosselet, en 1904, notait que les puisatiers ne l'ignoraient pas.

b) *La profondeur*. J. Gosselet avait déjà remarqué que dans la région de Douai le débit des puits diminuait

rapidement et s'annulait presque au-dessous de la cote 0. Cette constatation, rappelée par P. Fourmarier (1939, p.42) a été reprise par G. Waterlot (1957) et on la retrouve dans toutes les études synthétiques (Dellery, etc., 1957).

c) *La couverture* joue aussi un rôle important dans la mesure où elle entrave la filtration des eaux pluviales ; mais elle a une autre influence et G. Waterlot (1957) a constaté une baisse importante du débit dès que les puits pénétraient un peu profondément sous les bassins à couverture tertiaire (Bassin d'Orchies, Flandre maritime) ; alors que la présence de sables à la base, si ceux-ci étaient alimentés latéralement, devrait être favorable à la percolation et à la dissolution.

L'influence du facteur topographique a été élucidée par J. Gosselet. Il s'agit d'un phénomène de dissolution qui, en agrandissant les fissures et en dissolvant progressivement les blocs, facilite la circulation des eaux d'infiltration. Les termes de craie fendillée et de craie congloméroïde, par opposition à la craie massive, sont aujourd'hui classiques. Les deux autres facteurs, profondeur et couverture (au moins lorsque celle-ci s'ennoye pour former bassin) relèvent de la même cause : l'altitude absolue, qui conditionne aussi bien la circulation souterraine que la circulation aérienne.

Et en effet l'explication proposée pour la dissolution du toit du sel est aussi valable pour la dissolution des calcaires, bien qu'à une autre échelle.

Pour que l'eau de la craie circule et dissolve, il faut qu'elle se trouve au-dessus d'une certaine cote par rapport à son niveau de base, cote qui représente la charge minimum nécessaire pour permettre l'écoulement et qui varie donc en fonction de la distance. Au-dessus de cette cote, l'eau se déplace, la dissolution peut être active et la circulation abondante, c'est la zone dynamique ; au-dessous, l'eau immobile est saturée, il n'y a aucune disso-

lution, c'est la zone statique. La *surface d'équilibre* qui sépare les deux zones marque le niveau au-dessous duquel on ne peut espérer d'amélioration de débit.

Ces deux exemples, s'ils présentent quelque analogie, ne sont cependant pas identiques, et ils vont permettre de préciser les divers types de cheminement de l'eau souterraine.

DIFFÉRENTS TYPES DE CHEMINEMENT

Dans des roches aussi différentes que les argiles du Trias ou la craie sénonienne, il existe donc des circulations souterraines qui, à l'échelle près, produisent des effets analogues.

Dans son traité d'Hydrogéologie (1939, p. 36), P. Fourmarier, à la suite de C.F. Tolman (1937), distingue, du point de vue porosité et perméabilité, des roches aquifères, aquicludes et aquifuges, dans lesquelles l'eau chemine par les pores, les fractures ou les cavernes.

Il peut être utile de préciser davantage ces notions et on pourrait distinguer :

1) *les roches granuleuses*, poreuses et perméables : graviers, sables et, de façon générale, toutes les roches peu cimentées. Ce sont les roches dites *perméables en petit* ; elles correspondent en partie aux roches *aquifères* de C.F. Tolman ; l'eau qu'elles renferment est une eau de porosité.

2) *les roches argileuses*, poreuses et peu perméables : argiles et marnes. Ce sont les roches pratiquement *impermeables* ; elles correspondent aux roches *aquicludes* de C.F. Tolman ; l'eau qu'elles renferment est encore une eau de porosité.

3) *les roches compactes*, ni poreuses, ni perméables, parce que complètement cimentées : calcaires massifs, schistes, grès et quartzites, roches cristallines. Ces roches,

strictement *imperméables* par elles-mêmes, correspondent aux roches *aquifuges* de C.F. Tolman. Mais leur compacité leur permet d'être fracturées mécaniquement ; elles deviennent ainsi *perméables en grand* et rentrent alors pour partie dans la catégorie des roches *aquifères*.

Si ces roches compactes sont *insolubles*, les fissures conservent le même calibre (eau de fractures) ; si elles sont *solubles*, les fissures s'élargissent (eau de cavernes).

Ces différents types de roches conditionnent le cheminement de l'eau et on peut distinguer :

1) *le cheminement de perméabilité*, qui se rencontre dans les roches perméables en petit. L'eau y forme des *nappes*, dans lesquelles la circulation est lente mais décelable à notre échelle.

2) *le cheminement de porosité*, qui caractérise les roches peu perméables dans lesquelles la circulation, négligeable à l'échelle humaine, est appréciable à l'échelle géologique puisqu'elle est responsable de l'exportation de tonnages considérables de substances solubles.

3) *le cheminement de fissuration* caractérise des roches perméables en grand mais insolubles, où les fissures formant *réseau* peuvent être partiellement obturées par les produits d'altération de la roche.

4) *le cheminement de dissolution*, qui se manifeste dans les roches perméables en grand et solubles. Ce type de cheminement, qui se présente sous forme de *réseaux* donne lieu généralement à des circulations préférentielles parfois très rapides à l'échelle humaine, en liaison avec le drainage souterrain. Du point de vue pratique, c'est ce type de cheminement qui est susceptible de donner les plus gros débits.

Ces distinctions sont condensées dans le tableau suivant, mais il est évident qu'il s'agit là d'un simple schéma car, dans la nature, le cheminement est généralement mixte.

Par exemple : granite à fissures remplies d'arènes de décomposition ; calcaire compact à diaclases obturées par des sables descendus ou entraînés par la circulation ; bahes compacts et fissurés faisant office de drains dans une série sableuse.

	Perméabilité	Terminologie C.F. Tolman		Types de cheminement
		Nature de la roche	Etat de l'eau	
R. granuleuses	en petit	aquifères p.p.	pores	de perméabilité
R. argileuses	faible	aquicludes		de porosité
R. compactes	nulle	aquifuges	(néant)	(néant)
R. fracturées	en grand	aquifères p.p.	fissures	de fissuration
insolubles			cavernes	de dissolution
solubles				

Un exemple de cheminement mixte est fourni par les eaux de la craie qui participent à la fois de la *nappe* par la perméabilité propre de la roche et du *réseau* par la perméabilité de fissures. En raison des différences de perméabilité, les fluctuations de la nappe et du réseau subissent des décalages qui se manifestent de façon presque générale par un retard de la nappe : en période de remplissage, il y a retard de la perméabilité sur les fissures, mais le décalage est faible ; en période de vidange, les cotes piézométriques peuvent être très différentes, car le drainage des fissures élargies est plus rapide que le drainage de la roche elle-même, peu perméable à l'échelle de temps des fluctuations du niveau piézométrique. Les chiffres fournis par L. Coin (1946, p. 48) pour les deux puits de la Folie-Godot, situés à 100 m l'un de l'autre, sont tout à fait significatifs à ce point de vue. Le schéma de la figure 2 illustre ce phénomène.

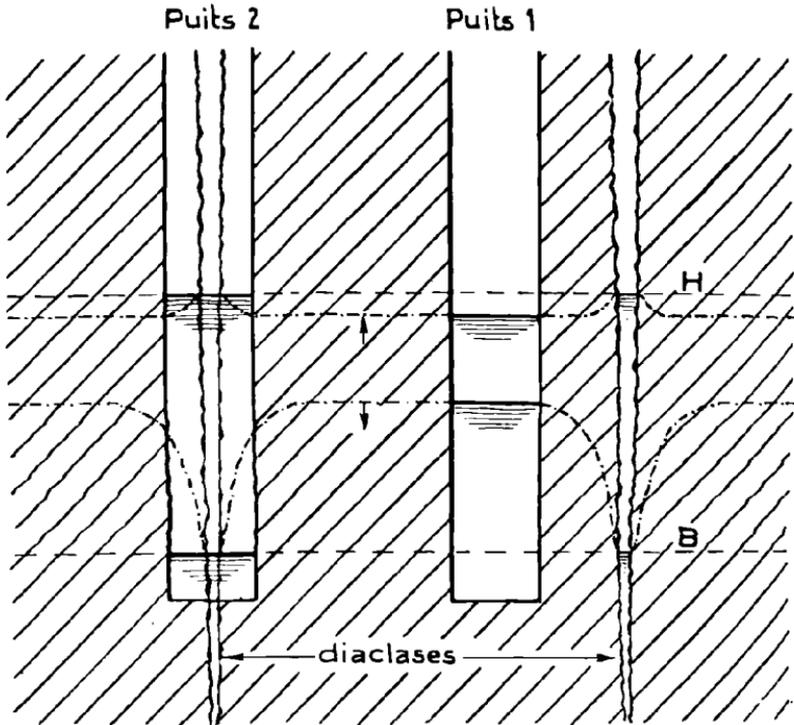


FIG. 2. — Cheminement de porosité (puits 1) et cheminement de dissolution (puits 2) dans la craie aux puits de la Folie-Godot (Coin 1946).

H, niveau des hautes eaux ; B, niveau des basses eaux.

L'ÉQUILIBRE DE L'EAU DANS LE SOL

Ces différents types de cheminement vont à leur tour conditionner l'équilibre de l'eau dans le sous-sol. On conçoit immédiatement qu'un cheminement rapide, comme le cheminement de dissolution, sera très influencé par les conditions topographiques locales ; alors que le cheminement de porosité ne dépendra que de conditions beaucoup plus générales.

Il était admis depuis longtemps par les Hydrologues, qu'il existait dans toute nappe libre une partie active et une partie passive, séparées l'une de l'autre par le plan horizontal passant par les exutoires. R. d'Andrimont (1905, p. M 118) a montré qu'en réalité la partie passive n'était pas complètement immobile, mais que son sommet était mis en mouvement par la pression de la partie active. Il a alors distingué trois zones : active, passive et stagnante, séparées par des surfaces horizontales.

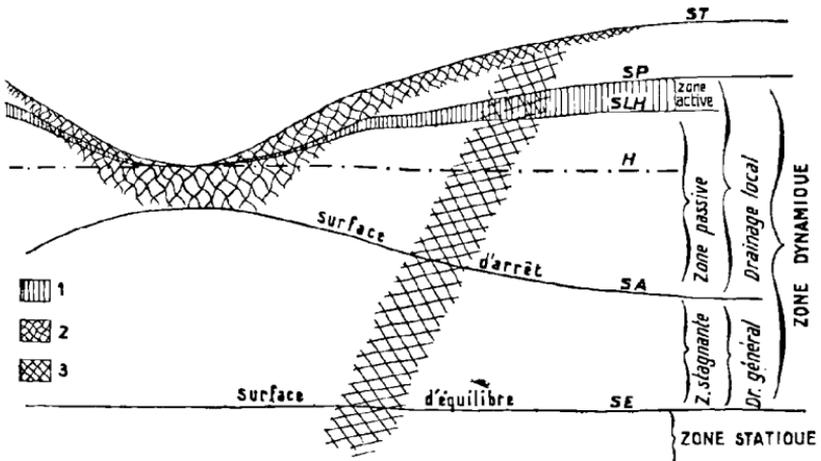


FIG. 3. — Les zones d'équilibre de l'eau.

ST, surface topographique ; SP, surface piézométrique ; SLH, surface limite d'équilibre hydrostatique ; H, horizontale des exutoires ; SA, surface d'arrêt ; SE, surface d'équilibre.

1, tranche d'eau utilisable par les sources ; 2, zone d'altération superficielle ; 3, zone diaclasée mécaniquement.

P. Fourmarier (1939, p. 76, fig. 33) a représenté de façon plus correcte la répartition dans le sol des trois zones précédentes et a introduit, en outre, la notion de *surface limite d'équilibre hydrostatique* (fig. 3, SLH) entre zone active et zone passive.

Ces définitions sont applicables aux terrains perméables en général, qui sont le siège de circulations locales, sensibles à l'échelle humaine. Elles ne tiennent compte ni des formations imperméables où pourtant on constate des circulations à l'échelle géologique, ni des terrains perméables situés au-dessous de la tranche justiciable d'un drainage local.

En effet, la zone stagnante elle-même est le siège de déplacements, extrêmement lents, certes, mais décelables par leurs effets (dissolution du sel, par exemple) et il semble nécessaire de définir une quatrième zone que l'on peut qualifier de *statique*, dans laquelle il n'y a plus aucune circulation, tant que les conditions d'équilibre ne changent pas.

La notion de *surface d'équilibre* précédemment invoquée (p. 185) s'applique à la surface de séparation entre zone stagnante et zone statique, par analogie avec le profil d'équilibre des rivières. Pour la commodité des discussions, on pourrait dénommer *surface d'arrêt* la surface de séparation entre zone passive et zone stagnante, car c'est la surface suivant laquelle s'arrêtent les circulations provoquées par le drainage local.

La *surface d'équilibre* est indépendante de la topographie. Son altitude dépend surtout de la distance à la mer, niveau de base, et probablement de la perméabilité moyenne des terrains. Comme la surface d'équilibre est beaucoup moins inclinée que la surface piézométrique, la zone dynamique comprise entre ces deux surfaces est d'autant plus épaisse qu'on se trouve loin du niveau de base.

Surface piézométrique et surface d'équilibre se rejoignent, en principe, au niveau de la mer ; mais pratiquement, la surface d'équilibre peut descendre bien au-dessous du niveau de la mer lorsque les estuaires se prolongent par des chenaux sous-marins qui sont le siège de courants non négligeables.

L'existence de cette surface d'équilibre est généralement ignorée, ou au moins on n'en tient pas compte. Elle présente cependant une grosse importance, puisque c'est elle qui, dans les calcaires, limite inférieurement la tranche d'eau disponible. En effet, au-dessous de cette surface, non seulement les diaclases ne peuvent être élargies par dissolution, mais elles peuvent être obturées par des cristallisations secondaires.

Des circulations peuvent s'établir toutefois au-dessous de la surface d'équilibre lorsque des dispositifs structuraux ou des zones fracturées provoquent la formation de siphons. La zone statique se comporte alors comme la partie de la zone dynamique soumise au drainage général.

Ces différentes notions sont valables à un instant donné. Dans la pratique, les phénomènes sont beaucoup plus complexes car la situation actuelle est non seulement le résultat d'un équilibre plus ou moins bien établi, mais surtout l'héritage de toutes les circulations antérieures.

LA RECHERCHE DE L'EAU DANS LES CALCAIRES

La recherche de l'eau dans les calcaires se traduit par la recherche des zones à diaclases dissoutes existant au-dessous de la surface piézométrique. Cette recherche se présentera dans des conditions absolument différentes suivant que le toit des calcaires sera situé au-dessus ou au-dessous de la surface d'équilibre ; étant entendu que la même couche pourra se trouver à la fois de part et d'autre de cette surface suivant sa situation topographique ou structurale.

Quand il s'agit de calcaires, le drainage local a une telle importance que c'est pratiquement la surface d'arrêt qui joue, à notre échelle, le rôle de surface d'équilibre : il y a plus de différence entre zone passive et zone stagnante qu'entre zone stagnante et zone statique (fig. 3). C'est pourquoi, dans ce paragraphe, le terme de surface d'équilibre sera remplacé par celui de *surface d'arrêt* ;

mais il est clair qu'à l'échelle géologique c'est la surface d'équilibre qui limite inférieurement la zone de dissolution.

1) *Au-dessus de la surface d'arrêt : eaux superficielles* dépendant du drainage local.

Sous les plateaux, on sait que les circulations sont faibles par suite du retard à la dissolution ; sur les versants, la dissolution est active mais les circulations sont temporaires. Dans les vallées, au contraire, la dissolution est ralentie mais elle est compensée par le volume considérable des circulations.

On ira donc chercher l'eau de préférence dans les vallées et au débouché des vallons secs, ou même assez haut dans ces vallons. Ici, c'est la morphologie qui guidera dans le choix des points d'implantation des ouvrages de captage, car le réseau aérien est le plus souvent la conséquence du réseau souterrain. On se gardera cependant de descendre trop profondément les ouvrages, de façon à ne pas dépasser la surface d'arrêt qui limite inférieurement la zone à diaclases dissoutes.

Dans la craie de la région de Douai, la chute de débit constatée au voisinage de la cote 0 correspond sans doute à une surface d'arrêt, mais pas forcément à la surface d'arrêt actuelle, car on conçoit mal que cette surface ait une pente nulle de Douai à la mer. C'est qu'en effet il faut tenir compte de tous les *états antérieurs*. Or on sait qu'au début du Quaternaire, le niveau de la mer était inférieur d'une vingtaine de mètres au niveau actuel (1) et que les vallées de la région sont remblayées par des alluvions sur une épaisseur de 20 m environ (Bonte 1955). Il est normal que la craie à diaclases élargies se poursuive en profondeur au moins jusqu'au thalweg des anciennes vallées, c'est-à-dire à peu près jusqu'à la cote 0, dans le cas présent.

(1) L. Dangeard (1928) signale même que l'abaissement du niveau de base a dépassé une soixantaine de mètres.

C'est à cette circonstance qu'est due la richesse en eau des vallées crayeuses du Nord de la France, qui bénéficient ainsi d'une tranche supplémentaire d'une vingtaine de mètres de craie à diaclases élargies. Il importe cependant d'insister sur le fait qu'une bonne partie de cette craie se trouve en zone stagnante et qu'il s'y produit parfois des dépôts de carbonate de chaux sous forme d'encroûtements des blocs et des grains. La craie n'est plus le siège d'aucune circulation naturelle, mais les pompages peuvent y réaliser une circulation artificielle intense.

Dans notre région, le problème est relativement simple, car cette craie n'a pratiquement pas subi d'autre altération superficielle que celle qui se manifeste actuellement ; et sa position par rapport à la surface d'arrêt a peu varié. Il en va tout autrement des formations calcaires plus anciennes pour lesquelles la considération des états antérieurs est primordiale, que ces calcaires se trouvent au-dessus de la surface d'arrêt et à fortiori au-dessous.

2) *Au-dessous de la surface d'arrêt : eaux profondes.*

Comme pour la craie de la région de Douai, les calcaires situés sous la surface d'arrêt actuelle peuvent renfermer des quantités d'eau considérables ; soit qu'ils aient été perméables à l'origine (certains calcaires oolithiques pulvérulents semblent n'avoir jamais été cimentés et présentent une perméabilité en petit caractéristique des roches granuleuses), soit qu'ils aient été débités, sous l'effet de plissements ou de torsions, par des fissures plus ou moins élargies par dissolution au cours d'émersions anciennes.

Cette capacité en eau est l'héritage d'état antérieurs qui sont d'autant plus nombreux, mais d'autant plus impénétrables, que les calcaires sont plus anciens. Ici il n'y a plus aucun indice des circulations passées sur lequel on puisse baser le choix d'un point d'implantation. La topographie actuelle est sans intérêt : il faudrait connaître la paléotopographie, ce qui suppose une densité des observations qui est loin d'être atteinte. Néanmoins certains indices peuvent être utilisés.

1) Les surfaces de transgression qui surmontent les calcaires massifs anciens, bien que déformées actuellement, montrent des zones basses qui trahissent les points faibles où ont pu s'installer des vallées. Dans ce sens, les France, qui se sont approfondis progressivement au cours du Crétacé supérieur, semblent bien être le fait d'une paléocreuse de la surface du Primaire du Nord de la topographie ancienne. La présence de graviers et sables wealdiens dans ces dépressions milite dans le même sens.

2) Les plis à grand rayon de courbure des formations crétacées qui surmontent les calcaires jurassiques peuvent être de quelque secours, si on admet la permanence des axes dans le temps et la superposition des vallées aux zones synclinales.

Il faut reconnaître que ces indices, peu précis et de toute façon très incertains, nécessitent des études minutieuses. La recherche des zones à diaclases élargies par dissolution est donc aléatoire. Aussi, en général, on ne se soucie guère, pour le choix des emplacements, que des commodités en surface ; et on se fie au hasard pour la rencontre des fissures qui seront ensuite développées par acidification. Heureusement, les calcaires profonds, généralement compacts, sont largement diaclasés et il est rare que la sonde reste dans des calcaires massifs sur plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur.

De toute façon, cette recherche des eaux profondes est assez limitée dans l'espace, car elle se heurte à un obstacle important, qui s'oppose à une exploitation systématique de ces eaux profondes : l'augmentation de la teneur en sels avec la profondeur. Ce problème de la salinité des eaux profondes et de leur utilisation éventuelle sera envisagé dans une prochaine note.

La conclusion que l'on peut tirer de ces quelques observations c'est que, malgré leur complexité, les phénomènes qui interviennent dans la circulation des eaux souterraines en pays calcaire ne sont pas incohérents, mais

obéissent à des lois. Si des anomalies sont constatées, elles sont dues soit à une analyse incomplète des faits, soit à l'ignorance des lois qui régissent les phénomènes mis en jeu. D'où la nécessité d'une collaboration étroite entre les techniciens de l'eau et les hydrogéologues, en vue d'aboutir progressivement à une doctrine cohérente.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

- D'ANDRIMONT R. (1905). — Note préliminaire sur une nouvelle méthode pour étudier expérimentalement l'allure des nappes aquifères dans les terrains perméables en petit. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, XXXII, p. M 115-120, 3 fig.
- BONTE A. (1951). — Note préliminaire sur la dissolution du sel en profondeur. Région Lons-le-Saunier. *Rapport inédit B.R.G.G.*, A 270, 14 p., 1 tabl.
- (1952). — Le « Système du sel » et ses enseignements au sondage dit de Perrigny I. *Rapport inédit B.R.G.G.*, A 314, 19 p., 1 pl.
- (1955). — Vallées quaternaires remblayées dans les environs de Lille. *Ann. Soc. Géol. Nord*, LXXV, p. 111-122.
- COIN L. (1946). — Essai d'hydrogéologie comparée de la Champagne et de la Brie entre Arcis-sur-Aube et Montmirail. *Bull. Serv. Carte Géol. France*, n° 220, XLVI, 158 p., 26 fig., 1 car.
- DANGEARD L. (1928). — Observations de Géologie sous-marine et d'Océanographie relatives à la Manche. Thèse Sciences, Paris. *Ann. Inst. Océan.*, VI, fasc. I, 295 p., 27 fig., VIII-XVIII pl.
- DELLERY B., LEROUX E., RICOUR J., WATERLOT G. (1957). — Inventaire des Ressources Hydrauliques des Départements du Nord et du Pas-de-Calais. Feuille topographique au 1/20.000 Douai 3. *Rapport inédit B.R.G.G.M.*, A 1248, 32 p., XI fig., 6 ann.
- FOURMARIER P. (1939). — Hydrogéologie. Introduction à l'étude des eaux destinées à l'alimentation humaine et à l'industrie. 1 vol. 16x24, 284 p., 152 fig. Masson, Paris.
- FOURNIER E. (1925). — Rapport sur les sondages exécutés dans la concession de Montmorot. *Rapport inédit*, 42 p.
- GOSSLET J. (1904). — Les assises crétaciques et tertiaires dans les fosses et sondages du Nord de la France. *Et. Gîtes Min. France*, fasc. 1, Région de Douai, 143 p., 36 fig., tab., 2 pl. h.t., 5 cartes et coupes.
- TOLMAN C.F. (1937). — Ground water. 1 vol. 15x23, 593 p., 189 fig., Mc Graw-Hill, London.

WATERLOT G. (1957). — Les Ressources Hydrogéologiques du Nord de la France. Conférence donnée à la Société Industrielle du Nord de la France le 23 novembre 1956. *Le Monde Industriel*, n° 532, p. 5-26, 13 fig.

M. J. Fabre fait la communication suivante :

*Les phtanites (quartzolithes) d'eau douce
du Stéphanien cévenol et alpin*

par J. Fabre

(2 fig., pl. IX, X et XI)

SOMMAIRE

Les roches siliceuses stratifiées — phtanites et lydiennes — noires ou grises, sont bien représentées dans les séries anciennes, en particulier dans le Carbonifère inférieur, le Silurien, le Précambrien. Ce sont des dépôts marins. Ils contiennent souvent, en plus ou moins grande abondance, des Radiolaires, au point que ce qualificatif leur est souvent quasi mécaniquement associé.

Or il existe, dans le Carbonifère supérieur, des roches, fort peu décrites, qui leur sont semblables en tous points, sauf par leur milieu de dépôt et la nature des organismes qu'elles renferment.

Rappelons tout d'abord avec L. Cayeux (1929) quelques définitions :

a) *Phtanite* Haüy. « quartz compact, argileux. Kiesel-schiefer ». (Haüy, *Traité de Minéralogie*, 2^e éd. 1822, IV). L. Cayeux ajoute (1929, p. 354) : « En conséquence, les phtanites sont pour moi, comme pour Haüy, des roches stratifiées, en lits continus, formées sur le fond de la mer à la façon des sédiments, à l'exception absolue de tous les accidents minéralogiques en milieu calcaire, relevant de la famille des silex ». Le quartz est « le minéral caractéristique par excellence des phtanites précambriens ». Ceux-ci, comme les phtanites siluriens, « revêtent le caractère de pseudo-quartzite à grain très fin » (p. 372). La silice constitue 95 à 98 % de la roche. La couleur noire est due à de la matière organique.

La présence de Radiolaires dans ces roches n'est ni obligatoire (p. 356-372) ni exclusive d'autres organismes. Cet auteur considère comme authentiques les phtanites (kieselschiefer) siluriens décrits par Rothpletz et qui renferment, outre des Radiolaires, « des Diatomées... et d'autres Algues... ». Il signale aussi (p. 360-373) dans des variétés siluriennes et précambriennes, des spicules de spongiaires.

b) *Lydienne* d'Aubuisson. D'après Cordier (in Cayeux 1929, p. 330) c'est une « roche compacte et opaque, composée d'une pâte très fine de Térénite (schiste argileux) endurcie par une surabondance de matière siliceuse... Tout en ayant une dureté plus grande que la Térénite, elle est beaucoup moins dure que le Phtanite (fausse pierre de touche à base quartzeuse) et se distingue en outre, par sa fusibilité, de cette dernière roche avec laquelle on la confond fréquemment ».

Comme les phtanites, ces roches sont formées pour la plus grande part de silice (92 à 93 %) et sont teintées en noir par la matière organique, à la différence des jaspes dont le pigment est de l'oxyde de fer.

Elles s'en distinguent par la nature de la « gangue », un peu plus riche en argile et surtout calcédonieuse et non micro-quartzitique comme dans les phtanites. Pour L. Cayeux, les lydiennes ne sont qu'une variété de jaspe (p. 337). Ils ne contiennent pas d'autres organismes que les Radiolaires (p. 325).

Ces définitions précises contrastent avec celles de Rinne pour qui, au fond, phtanite et lydienne sont synonymes. Elles ont été en fait, par réaction contre certains abus, prises par L. Cayeux dans un sens restreint qu'elles n'avaient pas à l'origine, de roches *marines à radiolaires*, ce qui l'amène à décrire sous une autre rubrique des roches pourtant très semblables, mais d'eau douce, qu'il avait tout d'abord classées dans les phtanites.

Cette exception n'était pas grave tant qu'elle se limi-

taît à un exemple isolé. La découverte, dans la Zone Houillère alpine, de roches du même type, nous a conduit à reconsidérer la question.

I. — LES « SPONGOLITES D'EAU DOUCE »

DU BASSIN HOUILLER DES CÉVENNES (pl. IX et X)

Grand Eury (1890) a découvert et décrit dans le terrain houiller qui affleure au N de Bessèges, deux banes de « silex », l'un noir, l'autre clair, interstratifiés dans une série pauvre en charbon (concessions de Doulovy, Mongros) connue sous le nom de « Stérile de Gagnière ».

Stratigraphiquement, cette série correspond à la « zone 1 » de P. Bertrand (v. Livet 1943) qui représentait, avec la « zone 2 » susjacente, le Westphalien D dans le Bassin Houiller du Gard. P. Pruvost et P. Corsin ont montré (1949), par comparaison avec les flores et les faunes correspondantes de Lorraine, de St-Etienne et de la Mure, que ces deux « zones » devaient plutôt être rangées dans le Stéphanien inférieur. La flore, à *Mixoneura flexuosa* et *Pecopteris lamurensis* est bien connue. Il en est de même de la faune : *Estheria cebenensis*, *Arthropleura*, *Insectes* ; récemment nous y avons découvert un abdomen d'*Araignée*, mais jamais le moindre fossile marin n'y a été signalé.

Dans les deux cas, ces roches surmontent un niveau charbonneux (Grand Eury 1890, p. 89).

L. Cayeux, qui a visité les lieux en 1895, paraît n'avoir étudié que l'horizon inférieur, de « silex » noir. Il l'a décrit en 1929 (in « Les Roches siliceuses ») sous le nom de « spongolite d'eau douce ». Depuis une cinquantaine d'années, les travaux sont arrêtés dans le vallon de Doulovy et à Sallefermouse. Les galeries sont éboulées et le versant du vallon où elles se trouvaient est envahi de broussailles et de taillis de châtaigniers. Nous avons pu cependant retrouver en plusieurs points un niveau siliceux noir qui paraît être celui de L. Cayeux (1).

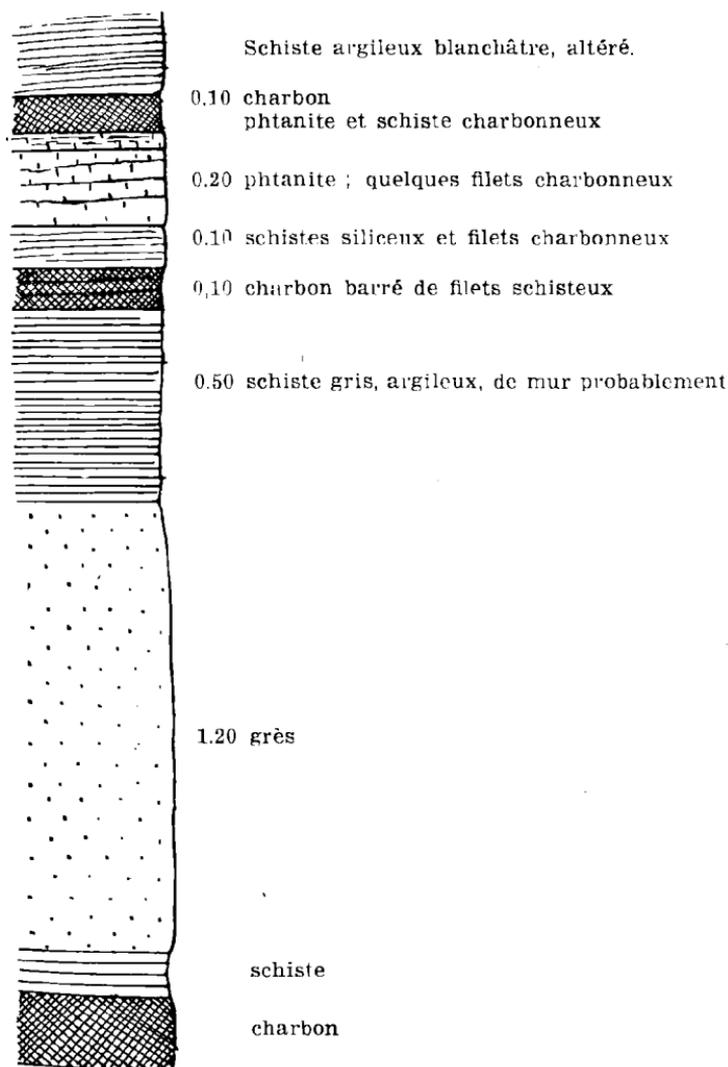


FIG. 1. — *Lit siliceux noir du vallon de Doulovy.*

(1) Nous tenons à remercier ici Monsieur le Professeur Fallot qui nous a donné les possibilités d'emprunter et d'étudier les lames originales de Cayeux, que nous n'avions pas à notre disposition en 1956.

La roche ne forme pas un banc compact mais plusieurs lits de 1 à 5 cm. d'épaisseur, séparés par des filets de schiste charbonneux ou de charbon. Des débris végétaux (*Aulacopteris*) ont laissé leurs empreintes à la surface des lits siliceux.

— Il s'agit donc bien d'une roche sédimentée et non d'un schiste silicifié postérieurement à son dépôt.

— Les conditions de sédimentation n'étaient pas radicalement différentes de celles qui ont présidé à la formation du charbon ; elles pouvaient s'interrompre et recommencer plusieurs fois.

— Ceci est bien un dépôt d'eau douce.

La roche est noire, luisante, lustrée sur les cassures. La silice, qui forme 94 % de la roche (A. Cayeux, p. 299) a presque entièrement recristallisé en quartz. Cependant, on peut encore déceler les fantômes de structures sphérolithiques anciennes, d'opale ou de calcédoine. Les éléments détritiques (grains de quartz, paillettes de mica) sont rares et irrégulièrement répartis ; une substance noire, organique selon toute apparence, donne sa couleur à la roche.

Les « spicules de spongiaires » de L. Cayeux sont des baguettes siliceuses limpides, enrobées de substance noire, droites, moins souvent arquées, cylindriques (15 à 20 μ de diamètre), parfois effilées aux extrémités. Leur longueur est difficile à évaluer, car on n'en voit quasi jamais les deux bouts. Elle paraît être en moyenne de 300 à 400 μ . Cayeux dit en avoir observé de 700 μ . Elles forment fréquemment des gerbes couchées suivant la stratification. Au centre de la baguette, on observe assez souvent un point noir ou, dans les sections longitudinales, un trait fin et *discontinu*. L. Cayeux l'a interprété comme la trace d'un canal axial. Il évoquerait plutôt une condensation de matière organique ; nulle part on ne voit les limites de ce canal présumé.

Nous avons observé en outre quelques bifurcations, sous un angle aigu, qui ne paraissent pas dues à des superpo-

sitions. Sans éliminer complètement l'hypothèse de spicules d'éponges, on peut envisager aussi celle de *grandes Diatomées* (dans nos pays tempérés on en connaît actuellement de 480 μ de long). On peut objecter à ceci que l'on ne connaît pas de diatomites qui aient évolué pour donner un sédiment semblable à celui que nous étudions ici. Quoi qu'il en soit, dans l'état actuel de la roche, il est difficile d'aller plus loin.

2. — LES « PHTANITES »

DE LA ZONE HOUILLÈRE ALPINE (pl. X et XI)

Nous avons découvert, dans le Carbonifère de la Zone Houillère Briançonnaise, en Savoie, des roches rappelant celles du Bassin des Cévennes, et ce à deux niveaux :

— Au sommet de l'Assise de Tarentaise, dans la vallée de Belleville (N de l'Arc).

— Au sommet de la Série de Roche Château (Assise de Courchevel) dans la haute vallée de Valloire (S de l'Arc).

a) *Le « phtanite » de l'Assise de Tarentaise.*

Un banc de phtanite noir et gris, épais de 1 à 2 m., interstratifié au sommet du Houiller productif, affleure dans les vallées de Belleville et des Allues (S de Montiers), depuis le col des Encombres au S jusqu'au dessus du village des Allues, soit sur 18 km. environ.

Les couches sous-jacentes sont datées (*Mixoneura*, *Pecopteris lamurensis*) du sommet du Westphalien ou de la base du Stéphanien. Elles se trouvent donc, grosso modo, au même niveau stratigraphique que les couches de Doulovy.

La roche, qui a subi la recristallisation alpine, est compacte, dure. Dans les plis aigus elle se casse en petits parallélépipèdes. Au contact des diaclases et des filons de quartz qui imprègnent les zones fracturées, elle est décolorée en un blanc sale sur plusieurs cm. d'épaisseur : la structure microscopique est inchangée mais la matière

organique noire qui l'imprégnait a disparu. Elle ne contient, contrairement à celle des Cévennes, aucune intercalation schisteuse. Là non plus, l'hypothèse d'une silicification secondaire, un moment envisagée, ne peut être maintenue : la continuité du banc, sa régularité, excluent tout phénomène accidentel ou local.

Les conditions géologiques, d'affleurement et de tectonique, sont telles que l'on peut rarement observer les épontes primitives. On peut cependant noter qu'il est encadré de schistes noirs et, en quelques endroits, au voisinage d'un niveau charbonneux.

Au microscope, c'est un quartzolite, à texture micro-quartzitique (grains de 10 à 20 μ) sans autres éléments étrangers qu'un peu de matière organique noire (0,31 % exprimé en C. libre dans un échantillon typique des Priaux) et quelques grains de quartz et de mica blanc détritiques.

Il rappelle à bien des égards le « spongolite » de L. Cayeux, mais les organismes qu'il renferme sont un peu différents. De la base au sommet du banc, la roche est pétrie de filaments que nous avons tout d'abord pris pour un jeu de la nature : dans leur croissance, les petits cristaux de quartz auraient repoussé la matière organique diffuse, simulant ainsi des tubes enchevêtrés, de section grossièrement circulaire. Ces filaments sont plus flexueux que les organismes décrits par Cayeux, ce qui donne, à fort grossissement, un aspect cérébroïde.

La découverte de roches à structure mieux préservée nous a contraint d'abandonner cette hypothèse commode qui n'expliquerait ni la régularité du banc, ni la parfaite homogénéité de la roche, ni la constance de taille et d'allure de ces filaments.

Comme dans la roche des Cévennes, ceux-ci sont couchés suivant la stratification qui est à peine visible sur un échantillon isolé.

— Les sections transversales, rondes ou, lorsqu'elles

sont serrées les unes contre les autres, ovales ou polygonales, ont un diamètre de 20μ quelle que soit leur place dans le filament.

— Nulle part nous n'avons observé sur les sections longitudinales de divisions ou de constriction périodiques qui pourraient être interprétées comme des limites de cristaux ou de cellules.

— Nous n'avons pas remarqué non plus de « canal » axial ni d'extrémités effilées.

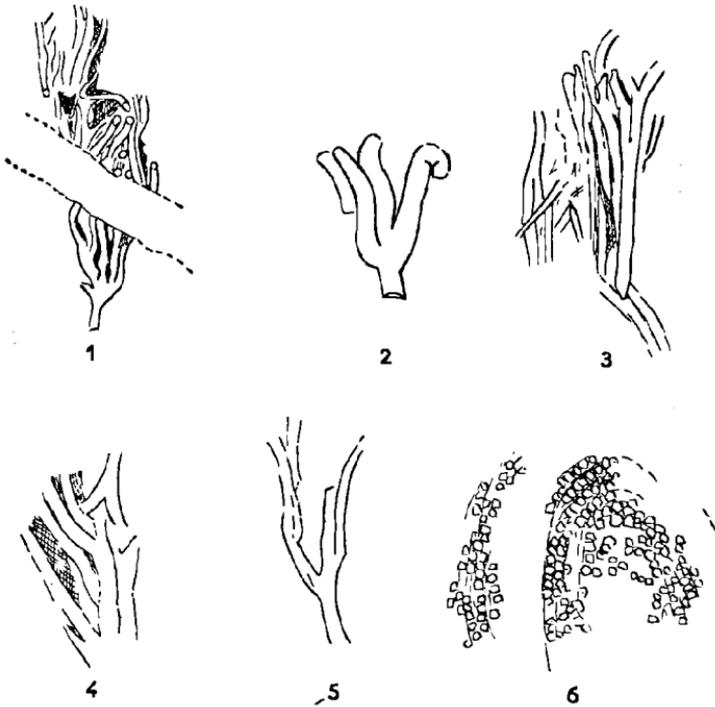


FIG. 2. — *Division et groupement des filaments dans le phytanite de Tarentaise.* 1 à 5 : *divisions*. Dans tous les cas, le diamètre moyen est de 20μ . 1 correspond à la fig. 1 de la Pl. IX ; 2 à la fig. 2 ; 6 (corresp. à Pl. XI fig. 2) : groupement en couches concentriques.

-- Les bifurecations, sans être communes, ne sont pas exceptionnelles. Nous en avons photographié qui ne peuvent être interprétées comme des superpositions fortuites (Pl. XI, fig. 1, 2 et 3). Elles se font toujours suivant un angle aigu ou nul : une « tige » se bifurque, ou encore plusieurs « branches », de même diamètre que le « tronc », s'en détachent à la fois.

On peut mettre en rapport ce mode de division, qui donne tantôt des individus isolés, tantôt des « touffes », et la répartition que l'on peut observer dans les préparations où dominent les sections transversales. Celles-ci, souvent disposées sans ordre, ou en files, s'ordonnent fréquemment, en petits groupements de 7 ou 8 individus par exemple, en amas rayonnants plus importants ou en couches concentriques (Pl. XI, fig. 2). Cette dernière disposition atteint exceptionnellement la taille et la régularité du groupe figuré.

En résumé, tout porte à croire qu'il s'agit d'êtres organisés. Ces organismes présumés ne paraissent pas avoir subi de transport, au plus un léger tassement en eau calme, et claire si l'on en juge par l'absence de matériel argileux.

MM. les Professeurs Cuvillier et Lucas, à qui des plaques minces avaient été soumises, nous ont confirmé qu'il ne pouvait s'agir de spicules d'éponges.

M. le Professeur Feldmann a bien voulu les examiner aussi. Ces tubes enchevêtrés, sans orientation privilégiée nette, rarement divisés sous un angle variable, constituant une roche homogène, stratifiée (on ne peut en aucun cas distinguer ici de massifs individualisés) pourraient être interprétés comme des gaines de Cyanophycées, plutôt que comme des membranes d'Algues siphonnées du groupe des *Vaucheria*.

En effet, cette seconde hypothèse, à laquelle on pense tout d'abord, ne peut être soutenue. Les siphonales de ce type se trouvent dans des *calcaires marins*, où elles

forment des sortes de choux-fleurs, ce qui n'est pas le cas ici.

La première par contre, vraisemblable du point de vue écologique, rend compte et de l'allure de ces organismes, et des conditions de gisement de la roche : les Cyanophycées peuvent se développer dans des eaux très riches en substances dissoutes et former sur le fond des lits continus, sorte de carton naturel. C'est le cas par exemple de *Microcoleus chthonoplastes* Thuret, qui vit actuellement dans les marais salants. Toutefois, les gaines de la Cyanophycée carbonifère devaient être plus individualisées, moins diffluentes que celles de *Microcoleus*, et se rapprocher plutôt de celles de *Lyngbya*. Mais en l'absence de toute structure cellulaire conservée, il est impossible d'en donner une détermination spécifique.

Ces Cyanophycées ont pu, dans des conditions favorables, constituer assez rapidement des couches épaisses, uniformes sur une grande étendue. Ce « carton », gorgé d'eau, est assez rigide pour que les gaines de la partie inférieure ne soient pas écrasées par le poids des couches supérieures. La consolidation de la roche a d'ailleurs dû être précoce.

Des organismes semblables, larges d'une dizaine de microns, auraient été décrits sous le nom de *Microcoleus* dans les couches à minéral de fer de l'Huronien du Michigan (Krishtofovich 1957). Mais à notre connaissance, des Cyanophycées d'eau douce n'ont pas encore été signalées au Primaire.

b) *Le (ou les) phtanite de Roche Château.*

Nous avons retrouvé des organismes semblables dans deux horizons de phtanites du massif de Roche Château, au SE de Valloire.

Le premier se trouve dans la « Série de Roche Château » grise et versicolore, 500 à 800 m. au-dessus du Westphalien supérieur - Stéphanien inférieur productif daté, qui affleure en contre-bas dans la vallée de Valmeinier (l'Arendier, Combe Orsière : *Mixoneura*, *Pecopteris cyathea*, *P.*

cf polymorpha, etc...). Cette série a été parallélisée avec l'Assise de Courchevel, dont la base est Stéphanien moyen. Comme en Tarentaise, aucun niveau marin n'y a jamais été signalé.

Ce banc, épais de 0 m. 50, affleure en crête, au N de Roche Château et du p^t 2725.

Un deuxième ne nous est connu pour le moment que par une plaque mince communiquée par M. Lemoine qui n'a pu nous en donner l'origine exacte. Il provient, semble-t-il, de couches plus élevées, à la base de la série pélitique et calcaire que nous avons attribuée à l'Eopermien.

Comme dans les types précédents, le quartz secondaire constitue l'essentiel de la roche (grains de 3 à 10 μ). Il s'y ajoute quelques rhomboédres de calcite (échantillon Lemoine) et un peu de matière organique noire. Les minéraux détritiques (quartz, mica) sont rares et parfois totalement absents.

Les filaments, identiques d'allure et de forme aux précédents, ont cependant un diamètre plus faible qu'en Tarentaise (10 à 15 μ). On y observe parfois un point noir au centre. Ils se trouvent dispersés ou groupés en « touffes ».

Dans la préparation Lemoine, le feutrage est moins dense, la substance interstitielle plus abondante. Les organismes ci-dessus coexistent avec des débris de pseudotissus, des amas gris informes qu'ils traversent en tous sens, ou au contraire contournent ; enfin de nombreuses sections ovoïdes (150 à 350 μ) peuvent être rapportées à de petits Ostracodes.

CONCLUSIONS.

Nous venons de voir trois types de roches siliceuses interstratifiées dans le Stéphanien continental : l'une contient en abondance des spicules d'éponges ou des diatomées, la seconde exclusivement un organisme que l'on peut attribuer à une Cyanophycée. Dans la troisième,

les Cyanophycées présumées voisinent, semble-t-il, avec des Algues et de petits Ostracodes.

Ces roches sont probablement moins rares qu'il ne paraît : dans le Bassin Houiller des Cévennes, Grand Eury a signalé, en plus du niveau étudié ici, un autre banc de « silex » plus clair, et, dans le Stéphanien moyen du bassin de la Grand'Combe, des lits de schiste et de charbon « siliceux » sous un horizon à bois silicifiés. De même, dans les Alpes nous connaissons, outre le niveau de Tarentaise et les deux (probables) de la Série de Roche Château (qui contient aussi des bois silicifiés) un horizon de phtanite à Ostracodes à la base de l'Eopermien. Il faudrait évidemment délimiter, dans *chacun* de ces nouveaux cas, ce qui est primaire de ce qui revient à des phénomènes de silicification secondaire, ce qui n'a pu encore être fait.

Origine de la silice. — Dans les exemples étudiés ici, la silicification paraît contemporaine du dépôt, dans des lacs d'eau limpide. L'absence de troubles argileux favorisait évidemment la pénétration de la lumière et l'assimilation chlorophyllienne. Ces lacs étaient tels qu'un changement minime dans la profondeur ou l'environnement pouvait les transformer en marécages générateurs de houille.

La silice a été amenée sous une forme telle qu'elle a pu se répartir *uniformément sur de grandes surfaces*. Ceci exclut l'hypothèse, avancée précédemment (Grand Eury 1890, p. 89 ; Fabre 1956), de sources thermales siliceuses, de geysers qui auraient donné des accumulations localisées comme, par exemple, la roche de St-Priest dans le Bassin de Saint-Etienne.

Il nous paraît plus vraisemblable de rechercher une origine analogue à celle des diatomites des bassins fermés du Tchad ou du Niger, évoqués récemment par Erhart (1956, p. 69). La formation de ces diatomites serait en relation avec un lessivage de la silice colloïdale de latérites

anciennes, formées aux dépens de roches cristallines, sous un couvert forestier dense. La silice de nos roches a pu être, soit fixée par des organismes (Spongiaires ou Diatomées), soit précipitée dans le milieu où croissaient les Cyanophycées. Nous ne savons s'il y a une relation entre ce phénomène chimique et la croissance des Algues. Ce qui est sûr c'est qu'il s'est produit dans une eau dont le PH (8 ou 9 par ex.) permettait la photosynthèse.

Ces roches, du point de vue purement pétrographique, devraient être rangées dans les phtanites, au sens qu'ont donné à ce terme Haüy et Cayeux : entièrement quartzueuses, colorées par une matière organique noire, stratifiées. C'est d'ailleurs ainsi que L. Cayeux lui-même avait tout d'abord étiqueté les préparations de Doulovy et de Montgros (1).

On ne peut les appeler lydiennes car elles ne sont pas calcédonieuses et ne contiennent ni argile ni minéraux en dérivant. Comme les phtanites vrais, elles se séparent nettement des accidents siliceux. Rien ne permet d'avancer l'hypothèse d'une silicification secondaire de schiste ou de calcaire.

Il est vrai qu'elles ne sont pas marines et ne contiennent pas de Radiolaires (comme d'ailleurs de nombreux phtanites précambriens indiscutés). Ces raisons ne nous paraissent pas suffisantes pour les ranger sous un autre nom. En effet :

— Le terme de « quartzolite » est trop vague.

— Une dénomination tirée de l'organisme qu'elles renferment serait, dans la plupart des cas, prématurée : Spicules d'éponges, Diatomées, Algues, Cyanophycées, aucune de ces déterminations n'est absolument certaine. Elle obligerait d'autre part à répartir dans plusieurs familles des roches qu'un métamorphisme léger, ou une simple décoloration peuvent rendre absolument identi-

(1) Une seule préparation porte en surcharge : « spongolithe ».

ques et qui voisineraient par contre avec des sédiments totalement différents, tant par la composition pétrographique que par leur genèse.

BIBLIOGRAPHIE

- CAYEUX L. (1929). — Les roches sédimentaires de France. Roches siliceuses. *Mém. carte Géol. France*, 1929.
- COPELAND J.J. (1936). — *Ann. of New-York Acad. Sc.*, 36, p. 1-122.
- ERHART H. (1956). — La Genèse des sols en tant que phénomène géologique. Masson, Paris.
- FABRE J. (1955). — *Bull. Carte Géol. France*, 2, n° 241.
— (1956). — *C. R. Ac. Sc.*, t. 243, p. 1897-1899.
- FREMY et DANGEARD (1935). — Sur la position systématique des Girvanelles. *Bull. Soc. Linéenne de Normandie* (8) VIII, pp. 65 et 101.
- GRAND EURY C. (1890). — Géologie et Paléontologie du Bassin Houiller du Gard. St-Etienne, Imp. Théolier.
- JOHNSON J.H. (1954). — An introduction to the study of rock building algae and algal limestones. *Quat. Colorado school of Mines*, 49, n° 2.
— (1957). — Bibliography of fossil algae 1942-1955. *Quat. Col. school of Mines*. Vol. 52, n° 2.
- KRISHTOFOVICH A.N. (1957). — Paléobotanique. Leningrad.
- LIVET G. (1943). — Sur le terrain Houiller du Gard. Thèse Montpellier et *Rev. ind. Minér.*, n° 472 à 479, p. 253.
- PRUVOST P. et CORSIN P. (1949). — Westphalien supérieur et Stéphanien inférieur. *C. R. Ac. Sc.*, t. 229, p. 1284.

LEGENDE DES PLANCHES

(toutes les photographies sont prises en lumière parallèle)

- Pl. IX. — Phtanite de Doulovy, bassin houiller des Cévennes. Stéphanien inférieur. Préparations de L. Cayeux figurées in « Les roches siliceuses », 1929, pl. XVII, fig. 64-65.
Fig. 1. - Lamme perpendiculaire à la stratification. $\times 32$.
Fig. 2. - Lamme parallèle à la stratification. $\times 32$.
- Pl. X. — Fig. 1 ($\times 100$). - Phtanite de Doulovy, lamme parallèle à la stratification.
Fig. 2 ($\times 100$ env.). - Phtanite de Roche Château ; sommet du Stéphanien ou Permien basal. Préparation Lemoine 42/52.
- Pl. XI. — Phtanite de l'Assise de Tarentaise (Stéphanien inférieur). Les Priaux (St-Martin de Belleville, Savoie).

Fig. 1 et 2. - Noter les bifurcations, en particulier sur la fig. 1 dans le quart NW de la préparation.

Fig. 3. - Groupement en couches concentriques. (Cette préparation a été communiquée à M. Harlan Johnson).

Séance du 3 décembre 1958

Présidence de M. R. LEROUX, Président.

Mme **S. Defretin** présente son mémoire de thèse intitulé :
« *Contribution à l'étude des spongiaires siliceux du Crétacé du Nord de la France* ».

Sont élus membres de la Société :

M. **C. Godbille**, Ingénieur, 29, boulevard Maréchal-Vaillant, Lille ;

M. **J. Paquet**, Assistant de géologie, 23, rue Gosselet, Lille ;

M. **M. Waterlot**, Assistant de géologie, 23, rue Gosselet, Lille.

Quatre communications ont été présentées :

M. A. Bonte fait la communication suivante :

Les eaux profondes du Nord de la France *et leur utilisation éventuelle*

par A. Bonte.

Les eaux profondes du Nord de la France ont une teneur si élevée en sels minéraux qu'elles n'ont jamais pu être utilisées à des fins domestiques ou industrielles. Les forages qui les ont rencontrées ont toujours été rebouchés car, ignorant la cause exacte de la teneur en sels, on n'a jamais espéré une amélioration sensible.

En réalité, tous les faits s'accordent pour voir dans ces eaux des eaux de mer fossiles qui sont progressivement diluées par les eaux pluviales et expulsées de leur gisement par la pression des eaux douces aux points d'infiltration. Pour les rendre utilisables, il suffirait donc d'assurer le lessivage du réservoir qui les contient, comme la nature l'a réalisé d'elle-même dans certains cas ; et ceci par des forages à grand diamètre dont les emplacements et le conditionnement devraient être étudiés avec un soin particulier.

POSITION DU PROBLÈME

Le problème de la salinité des eaux profondes ne date pas d'aujourd'hui et déjà en 1903 J. Cornet éprouvait le besoin d'en faire un historique qui remonte vers 1840. Du point de vue statique, ce problème a été parfaitement élucidé par J. Delecourt, pour la Belgique et l'Est de la France en général (1936), et par G. Waterlot pour le Calcaire carbonifère du Nord de la France (1950). La conclusion de ces deux études très documentées c'est que plus on s'éloigne de la zone d'alimentation d'une nappe profonde, plus l'eau tend à acquérir la composition de l'eau de mer. D'où les deux hypothèses émises quant à l'origine de la minéralisation :

rentrées actuelles d'eau de mer, eau de mer fossile.

La présente étude étant limitée au Nord de la France, il ne sera question ici que des nappes albienne et jurassiques du Nord du Bassin de Paris ; mais occasionnellement, la nappe du Calcaire carbonifère sera envisagée.

Les *rentrées actuelles* d'eau de mer dans la nappe albienne, par le jeu des pressions et de phénomènes osmotiques, sont admises par E. Leroux (1935, p. 89) malgré l'affirmation que « les déversements de la nappe aquifère se font au large ».

Cette opinion est combattue par J. Delecourt (1936, p. 242) qui suppose une immersion ancienne plutôt que des phénomènes d'osmose. Même réaction de la part de

G. Waterlot (1950, p. 107) qui montre, d'après les observations de R. d'Andrimont (1905) que les phénomènes de diffusion sont extrêmement réduits ; et ces deux auteurs concluent à l'existence d'*eaux de mer fossiles*, diluées par les eaux d'infiltration.

Pour mémoire, il faut signaler l'hypothèse des échanges de bases (H. Schoeller), qui est peut-être applicable dans d'autres régions, qui explique peut-être certaines réactions dans le cas présent, mais qui ne peut rendre compte de toute la minéralisation des eaux profondes du Nord de la France. En effet, elle ne peut expliquer l'augmentation considérable du résidu sec qui, dans le Calcaire carbonifère, passe de 0,5 gr. à l'affleurement à plus de 2 gr. à une cinquantaine de kilomètres et qui peut atteindre des valeurs exceptionnelles, telles que 12 gr. dans le Rauracien et 20 gr. dans le Bathonien d'Amiens ; elle ne peut surtout expliquer l'*apparition* des sulfates et des chlorures dans des calcaires aussi purs que les calcaires blancs du Jurassique.

Les arguments développés par les travaux de J. Delecourt et G. Waterlot, auxquels s'ajouteront ceux qui vont être développés, conduisent donc à considérer les eaux profondes comme des eaux de mer fossiles.

Dans un autre ordre d'idées, J. Bourcart et J. Ricour (1958) considèrent « l'eau de mer incluse à l'origine dans les mailles polyédriques des vases » comme étant la source des gîtes salifères du Trias ; ce qui expliquerait, dans le cas présent, l'existence des eaux sursalées. Cette convergence de conclusions tirées de l'étude de phénomènes tout à fait indépendants mérite d'être soulignée.

LE SENS DE CIRCULATION DANS LE RÉSERVOIR

Prenons comme exemple une couche perméable quelconque de l'Est du Bassin de Paris et considérons tout d'abord le réservoir.

Au-dessous de la surface piézométrique, une roche perméable est toujours remplie de liquide (eau ou pétrole)

ou de gaz comprimés. Comme la pression du gaz est sensiblement égale à la pression hydrostatique, tout se passe comme si, dans tous les cas, les vides des roches étaient remplis par de l'eau. Dans le cas présent, tout le monde est d'accord pour admettre des communications, plus ou moins faciles certes, entre les différentes parties du réservoir, qu'il s'agisse de sables ou de calcaires. Dans ces conditions, toute nouvelle entrée d'eau doit être compensée par la sortie d'une quantité équivalente.

Considérons maintenant les charges en présence : d'une part l'eau de mer à la cote 0 ; d'autre part, les eaux d'infiltration à la cote des affleurements, soit + 150 à 200 suivant les réservoirs.

La différence de densité étant insignifiante (0,02) au regard de la différence de cotes, il est évident que, abstraction faite des pertes de charge, il y aura écoulement dans le sens : affleurements → mer. Et si les pertes de charge sont suffisantes pour s'opposer à la circulation, l'eau de mer ne pourra pas non plus pénétrer dans le réservoir.

1^{re} conclusion : *les rentrées d'eau de mer sont, de toute façon, impossibles.*

Les chiffres fournis par les sondages anciens montrent que la charge décroît progressivement à partir de l'ennoyage périphérique du magasin, mais possède encore, près du littoral, une valeur non négligeable. C'est la nappe des Sables verts qui fournit le plus de renseignements à ce sujet (E. Lemoine, R. Humery et R. Soyé).

A l'affleurement, entre Verdun et Bar-sur-Aube, la cote d'ennoyage se situe aux environs de + 135. Les forages situés à proximité rencontrent l'eau à des cotes très voisines, mais rapidement ces cotes décroissent :

- + 122 à Saint-Jean-devant-Possesses, Outines, Damprémy,
 - + 121 à Heiltz-le-Hutier,
 - + 99 à Couvrot, près Vitry-le-François.
- Au delà, le niveau statique s'établit vers + 43 à Paris, + 18 à Rouen, et au voisinage de 0 au Havre.

La cote 0 cependant est exceptionnelle et due à l'affleurement du réservoir à proximité immédiate, ce qui annule la charge. En effet, la plupart des sondages du littoral ont donné des chiffres nettement supérieurs :

- + 13 à Dieppe,
- + 25 à Saint-Pierre-en-Port.

Tous ces chiffres, pris sensiblement le long du Synclinal de la Seine, s'inscrivent sur une courbe régulière analogue à un profil en long de rivière.

On pourrait facilement constituer d'autres profils si les points étaient plus nombreux. Par exemple, le long de la vallée de la Somme, on relève à Amiens et à Saint-Blimont les cotes respectives + 55 et + 45 ; le long de la vallée de la Bresle, à Blangy, Gamaches et Eu respectivement + 50, + 43, + 30. Des cotes aberrantes comme Doudeville + 99 et Clères + 91 sont dues vraisemblablement à la proximité du Pays de Bray où l'Albjen affleure entre + 120 et + 140.

Dans ces conditions, les sorties sous-marines sont possibles pour la nappe des Sables verts et, à fortiori, pour les réservoirs constitués par les calcaires rauracien et bathonien perméables en grand et, par conséquent, moins sensibles aux pertes de charge ; à condition cependant que l'obturation des exutoires par les formations surincombantes ou par les vases et sables actuels ne vienne pas freiner ou même annuler cet écoulement.

2^e conclusion : Dans le Nord de la France, on peut admettre de façon à peu près certaine *une circulation des eaux profondes des affleurements vers la mer avec déversement au large*, au moins pour la nappe albienne.

Les sorties sous-marines d'eaux profondes supposent évidemment des rentrées équivalentes d'eaux douces qui vont se mélanger aux premières. Les eaux profondes étant plus minéralisées, il se produira d'abord une dilution, puis à la longue un lessivage complet du réservoir. L'eau profonde aura alors la composition chimique normale de la nappe phréatique dans le réservoir considéré.

LA MISE EN PLACE DE L'EAU SALÉE

Pour mieux saisir le mécanisme de la mise en place, prenons l'exemple des calcaires bathonien et rauracien du Bassin de Paris.

Au moment de l'émersion, à la fin du Jurassique, les calcaires, imprégnés d'eau salée, s'égouttent progressivement et sont lavés au fur et à mesure par les eaux d'infiltration. Ce lessivage se poursuit de proche en proche, au fur et à mesure de l'émersion, mais ne peut jamais dépasser *la surface d'équilibre* (Bonte 1958, p. 192) qui, au voisinage du rivage, est relativement voisine de la cote 0, s'il n'y a pas d'exutoire siphonnant ; en sorte que la partie profonde reste imprégnée, pores et fissures, par de l'eau *de mer originelle*.

En même temps, les agents atmosphériques attaquent la surface et élargissent les fissures. Et ceci n'est pas une vue de l'esprit : en effet les actions météoriques ont revêtu une telle intensité, à l'époque, qu'elles ont permis la formation des immenses gîtes de bauxite de toute la zone méditerranéenne, jusqu'au moment de la transgression albiennne.

Les surfaces structurales sont alors assez gauchies pour que les premières couches du Crétacé recouvrent en biseau toutes les auréoles jurassiques en même temps, et préparent ainsi la voie à des intercommunications.

La mer en transgression recouvre progressivement les bandes calcaires, profondément corrodées jusqu'à la « surface d'équilibre » de l'époque. Les eaux marines, en s'infiltrant dans le sol, refoulent devant elles les eaux douces — qui leur sont normalement superposées en bordure de mer et qui s'étaient installées au cours de l'émersion — et elles se raccordent éventuellement aux eaux marines anciennes qui n'avaient pu s'échapper. C'est ainsi que, dans l'exemple choisi, on aboutit à la superposition d'eaux marines albiennes sur des eaux kimméridiennes, rauraciennes ou bathoniennes.

Par la suite, le relèvement du bassin provoque une mise en charge des eaux d'infiltration par rapport aux eaux marines qui refluent en sens inverse.

Ainsi, au cours des temps géologiques, les zones perméables auraient été parcourues alternativement dans un sens ou dans l'autre par des eaux douces ou salées suivant le rythme des émerSIONS et des submersions, c'est-à-dire suivant l'altitude relative du réservoir et de la mer.

L'exemple choisi représente une moyenne. Il est certain que dans le Crétacé supérieur ou le Tertiaire, les phénomènes mis en jeu seraient plus simples ; par contre, pour le Calcaire carbonifère, ils seraient certainement beaucoup plus complexes.

En résumé, les eaux profondes sont des *eaux de mer fossiles originelles ou introduites au cours d'une transgression*, dont l'âge est variable suivant les réservoirs et aussi à l'intérieur d'un même réservoir.

S'il n'y avait pas d'écoulement, ces eaux conserveraient indéfiniment la composition de l'eau de mer. Mais l'écoulement est démontré par la chute progressive de la charge, des affleurements au littoral, où elle n'est pas nulle ; cet écoulement produit une dilution qui est d'autant moins accusée qu'on s'éloigne de la zone d'alimentation et il refoule petit à petit l'eau fossile vers ses exutoires naturels ou artificiels.

CAS PARTICULIERS

Nous allons essayer maintenant d'interpréter les nappes profondes du Nord de la France en fonction des raisonnements précédents.

On ne pourra évidemment envisager que les grandes lignes, car les problèmes de cette envergure ne se prêtent pas à des estimations précises, faute de documents. On ignore, en particulier, la nature exacte, le nombre et l'ampleur des accidents qui affectent les réservoirs profonds :

a) *failles et discordances*, qui font barrage ou qui, au contraire, établissent des communications entre réservoirs différents ; la transgression albienne sur les différents réservoirs jurassiques, en établissant localement des connexions, justifie en partie l'idée de *réservoir commun* émise par E. Leroux (1935, p. 85).

b) *plissements*, qui constituent soit des seuils au-dessous desquels les eaux salées plus denses résisteront plus longtemps à la dilution (fosse d'Amiens), soit des abaissements de voûtes qui s'opposeront à la migration des hydrocarbures liquides ou gazeux.

Par ailleurs, les circulations souterraines sont loin d'être régulières et il existe des circuits préférentiels suivant la fissuration (roches compactes), suivant la granulométrie ou la cimentation (roches granuleuses). La dilution et le lessivage des réservoirs seront relativement rapides le long des voies privilégiées ; mais des nappes à salinité élevée pourront subsister indéfiniment dans les zones mortes.

I. — *L'eau des Sables verts*

La nappe des Sables verts a été étudiée en détail par P. Lemoine, R. Humery et R. Soyer, qui ont rassemblé une documentation considérable sur ce réservoir particulièrement intéressant pour la région parisienne.

Après ce qui vient d'être dit sur l'origine des eaux profondes, on pourrait s'étonner que l'eau des Sables verts n'accuse pas, en général, une salinité plus élevée, puisque le résidu sec dans la région parisienne (Synclinal de la Seine) est de l'ordre de 0,2 gr. avec une teneur en NaCl qui oscille entre 10 et 20 mg. environ.

C'est précisément parce que le réservoir correspondant, bien dégagé à l'affleurement et largement étalé sous la Manche, a été l'objet d'un lessivage intensif depuis qu'il a commencé à fonctionner.

Des causes structurales ont pu cependant s'opposer à ce lessivage naturel. Il semble que ce soit le cas de la Picardie, séparée du Synclinal de la Seine par l'Anticlinal du Bray où l'on relève les chiffres suivants, d'Est en Ouest :

Guise : 0,491 gr Na Cl,

Péronne : 2,500 gr et Longueval : 3 gr de sels,

Amiens : 2,691 gr Na Cl,

Le Crotoy : 3,871 gr Na Cl et St-Blimont : 5 gr de sels.

En sens inverse, les forages de la vallée de la Bresle ont donné des eaux faiblement minéralisées (Leroux 1935, p. 99) en raison de la présence de l'Anticlinal de Gama-ches.

Enfin, quelques chiffres aberrants sont dus sans doute à des causes accidentelles (pollution ou intercommunication de nappes).

Les calculs qui ont été faits par E. Lemoine, R. Humery et R. Soyer comportent tellement d'inconnues qu'ils ne peuvent donner qu'un ordre de grandeur. Ils présentent cependant un certain intérêt pour démontrer la possibilité du lessivage.

1) Le volume utile de la nappe est estimé à 162.10^9 m³ ; le volume des pluies tombées sur la surface de l'Albien s'élève à 431.10^6 m³ ; le volume des infiltrations, estimé à 28 %, s'élève à 120.10^6 m³. On peut donc évaluer en gros à 1.000 ans le temps nécessaire pour obtenir la quantité d'eau correspondant au volume du réservoir.

2) La vitesse souterraine de l'eau aux affleurements est de l'ordre de 12 mm par jour soit 4 m par an environ. Le trajet souterrain étant de 400 km environ, le renouvellement de l'eau dans le réservoir durerait 100.000 ans.

Il n'y aurait donc que 1/100 de l'eau disponible à l'affleurement qui se rendrait effectivement à la mer par le réservoir souterrain.

En admettant même de gros écarts entre les calculs et la réalité, cette durée reste très faible au regard du temps qui s'est écoulé depuis l'émersion des Sables verts, c'est-à-dire depuis le début du lessivage. Celui-ci a donc pu être réalisé parfaitement, au moins dans certaines parties, et ainsi les eaux profondes auraient la composition normale des eaux des sables glauconieux à l'affleurement.

II. — *L'eau des Calcaires jurassiques du Bassin de Paris*

Les salinités sont ici très accusées puisque le résidu sec atteint : à Amiens, 12 gr dans le Rauracien, 20 gr dans le Bathonien ; à St-Martin-du-Vivier, 13 gr dans le Kimméridgien.

La circulation, bien que plus facile dans les calcaires fissurés que dans les sables, n'a pas pu s'amorcer faute d'exutoire ou a été considérablement ralentie par des recouvrements anciens ou récents.

Actuellement, ces deux réservoirs calcaires ne semblent pas déboucher sous la Manche où ils sont surmontés par le Crétacé inférieur. L'écoulement souterrain ne peut donc se faire qu'à la faveur d'exutoires localisés ; l'un de ceux-ci pourrait être la zone de transgression de l'Albien sur le Bathonien qui, au Nord d'Amiens, alimenterait alors la nappe des Sables verts.

III. — *L'eau du Calcaire carbonifère de la région lilloise*

C'est à propos de ce réservoir que G. Waterlot a publié l'étude si intéressante dont il a déjà été question (1950) et dans laquelle il a montré l'évolution régulière du chimisme de l'eau d'Est en Ouest.

En vertu des raisonnements précédents et compte tenu de sa composition actuelle, il semble bien que l'eau du Calcaire carbonifère soit en mouvement et que sa composition chimique en chaque point résulte d'une dilution d'une eau marine par les eaux d'affleurement.

Où va cette eau ? Tout d'abord vers l'*agglomération lilloise* et au delà, où les sondages industriels créent un exutoire artificiel. Mais aussi sans doute vers le *Bassin houiller*, où les travaux d'exhaure entretiennent la continuité de l'écoulement. Les coups d'eau donnent généralement des venues d'abord abondantes, mais qui se stabilisent vite en raison de la perméabilité relativement faible de l'ensemble. Elle a aussi ses *exutoires naturels* connus ou inconnus : les sources de St-Amand et de Meurchin (Laloy, p. 254 ; Minoux, p. 223) proviennent vraisemblablement du Calcaire carbonifère ; leurs eaux se sont échauffées en descendant suivant le pendage pour remonter ensuite à la faveur de failles verticales, comme cela se produit pour beaucoup de sources thermo-minérales.

La composition chimique des eaux d'exhaure ou des eaux rencontrées dans le creusement des puits (voir en particulier le *Torrent d'Anzin*) s'accorde parfaitement avec une origine marine et déjà, en 1899, J. Gosselet à la suite de R. Laloy (1874) envisageait l'hypothèse d'eau résiduelle admise aussi par J. Cornet (1903).

Par ailleurs, les pompages intensifs réalisés dans cette nappe particulièrement appréciée dans l'agglomération de Lille-Roubaix-Tourcoing, constituent actuellement un facteur extérieur susceptible d'accélérer l'évolution du chimisme des eaux, dont la composition se rapprochera progressivement de la composition normale dans la zone d'infiltration. La limite des eaux calciques sur la carte publiée par G. Waterlot (1950, p. 84) dessine un golfe qui pourrait bien être le résultat de ces pompages.

J. Delecourt (1935) a signalé également l'influence des pompages industriels, non seulement sur les variations

de niveau de l'eau, mais aussi sur l'évolution de sa salinité.

La zone d'exploitation de Lille-Roubaix-Tourcoing s'étend sur une longueur d'environ 20 km. La distance aux points d'infiltration est au minimum d'une vingtaine de km. En ne tenant compte que de la tranche supérieure de 50 m., qui est la plus riche en eau parce que la plus altérée, on arrive à un volume total de 20.10^9 m³. En tablant sur une porosité de 5 %, le volume compris entre les affleurements et le forage est de l'ordre de 1.10^9 m³. Il s'agit là, semble-t-il, d'un minimum car, si la porosité normale de la roche massive est loin d'atteindre 5 %, la présence de larges diaclases et de cavernes de plusieurs mètres d'ouverture confère à l'ensemble une porosité certainement supérieure à 5 %. Par ailleurs, les calculs ne tiennent compte que d'une tranche parallélépipédique alors que l'appel provoqué par les pompages de la région industrielle attirent certainement des eaux provenant de l'extérieur de cette tranche. Les pompages étaient estimés à 57.000 m³ par jour en 1938 et à 60.000 m³ par jour en 1957. Ils sont vraisemblablement plus importants, puisque déjà en 1905, Gosselet estimait à 48.000 m³ le débit journalier demandé par les seules villes de Roubaix et Tourcoing. En prenant une moyenne de 50.000 m³ par jour, on se trouvera au-dessous de la réalité comme pour le calcul du volume de la nappe.

En supposant un déplacement régulier du front de la nappe d'infiltration, il faudrait 20.000 jours, soit 70 ans environ, pour que l'eau des affleurements parvienne à l'agglomération de Roubaix-Tourcoing. On se trouve, à l'heure actuelle, à peu près dans les délais, car l'exploitation n'a guère commencé de façon intensive avant 1890 (le premier forage date de 1838).

Il faut donc s'attendre à un durcissement progressif des eaux de la région lilloise par élargissement de la zone des eaux calcaïques définie par G. Waterlot, et à un écrasement de la zone des échanges de bases, entre la zone des

eaux calcaïques et la zone des eaux alcalines, puisque les pompages dans cette dernière zone sont insignifiants.

Ce durcissement semble déjà se manifester, mais il ne faut pas le confondre avec des accidents localisés attribuables à des communications avec la nappe de la craie. Il serait intéressant de comparer les analyses successives de l'eau provenant d'un forage exploité depuis longtemps. Il serait surtout extrêmement utile de procéder désormais systématiquement tous les ans à l'analyse de l'eau de certains forages témoins et, si possible, au moins à la détermination du titre hydrotimétrique de tous les puits au Calcaire carbonifère. Car l'hypothèse envisagée ici, si elle était sanctionnée par les faits, pourrait conduire à des réalisations de grande envergure.

UTILISATION DES EAUX PROFONDES

Les eaux profondes ne sont généralement pas utilisables en raison de leur salinité qui croît avec la profondeur, comme l'a montré le forage Cosserat à Amiens (Pruvost et Leroux 1935). Seules les eaux des Sables verts ont un intérêt industriel, au moins dans le Synclinal de la Seine, par suite du lessivage intensif du réservoir.

Si ce lessivage peut être démontré par l'évolution dans le temps des analyses d'un même puits, comme je viens de le proposer pour le Calcaire carbonifère, on dispose d'un moyen relativement économique d'assurer l'alimentation abondante de certaines zones déficitaires à partir de zones excédentaires et ceci par l'intermédiaire du sous-sol et à l'aide de réservoirs inépuisables.

Prenons, par exemple, le Rauracien ou le Bathonien du Bassin de Paris. Si on réalise des batteries de forages à grand diamètre atteignant ces réservoirs dans la zone d'artésianisme et si on les laisse débiter à jet continu, on réalisera à plus ou moins longue échéance le lessivage du réservoir et le remplacement des eaux salées par des eaux normales.

Cette technique ne serait utilisable que sur les réservoirs calcaires où la circulation est facile et où on peut espérer rapidement la formation de circuits préférentiels. Elle nécessiterait des études minutieuses du point de vue géologique et hydrologique et une réalisation impeccable notamment pour les tubages et cimentations ; mais elle permettrait d'éviter les sujétions coûteuses des amenées à longue distance et des réservoirs de grandes dimensions.

Il serait souhaitable qu'un organisme centralise tous les renseignements connus sur les réservoirs profonds, surveille les sondages qui les atteignent pour y effectuer systématiquement des prélèvements d'eau en vue d'analyse et même prenne à sa charge les mesures de niveau et les pompages qui sembleraient utiles. En même temps, il pourrait, dès à présent, procéder aux études qui seraient nécessaires dans la zone d'alimentation des nappes profondes, en attendant de procéder aux sondages d'étude.

CONCLUSION

En juin 1954, devant la baisse inquiétante des nappes de la région, j'ai jeté un cri d'alarme qui a été considéré par certains comme pessimiste, mais qui a été entendu par M. Ricour ; et le B.R.G.G.M. a immédiatement envisagé d'étudier le problème à l'échelon national.

Par ailleurs, le Comité Interdépartemental de Protection des Eaux Souterraines, constatant lui aussi l'urgence du problème, a décidé en 1956 de faire procéder à une étude générale des ressources et besoins en eau de la région du Nord. Cette étude rentrait si bien dans les préoccupations du B.R.G.G.M. que cet organisme accepta d'en prendre la charge et de participer à son financement.

Actuellement, on recherche des remèdes à cette situation et les études entreprises par l'Inventaire des Ressources Hydrauliques du Nord et du Pas-de-Calais (I.R.H.N.P.C.) permettront de trouver une solution logique, au lieu de

s'en remettre, au moment où surviendra la disette, à des improvisations coûteuses et inefficaces.

Je pense qu'il faut maintenant voir plus loin encore et envisager l'alimentation en eau des générations futures. L'Inventaire des Ressources Hydrauliques, organisé comme il l'est, semble tout indiqué pour développer son activité dans ce sens.

Le programme que je viens d'ébaucher ne peut être qu'un projet à longue échéance. Notre génération ne verra sans doute pas la mise en service des réservoirs profonds, mais c'est un devoir pour nous de penser à l'aménagement de ces réservoirs dans le cadre de l'expansion économique du pays.

BIBLIOGRAPHIE

- D'ANDRIMONT R. (1905). — L'allure des nappes aquifères contenues dans des terrains perméables en petit, au voisinage de la mer. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, XXXII, p. M 101 à 113, 2 fig.
- BONTE A. (1958). — Sur divers aspects de la circulation des eaux souterraines. Application à la recherche de l'eau dans les calcaires. *Ann. Soc. Géol. Nord*, LXXVIII, p. 183-198, 3 fig.
- CORNET J. (1903). — Les eaux salées du terrain houiller. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, XXX, p. M 51-77.
- DELECOURT J. (1935). — Influence des installations modernes de pompage sur le débit des puits artésiens et sur la qualité des eaux souterraines. *C.R. 2^e Cong. Nat. des Sciences*, Bruxelles, vol. I, p. 818-822.
- DELECOURT J. (1936). — Les eaux artésiennes salines du Bassin de Paris, de la Basse et de la Moyenne Belgique. *Bull. Soc. Belge Géol. Paléont. Hydrol.*, XLVI, p. 229-259, pl. V et VI.
- GOSSELET J. (188). — Leçons sur les nappes aquifères du Nord de la France. *Ann. Soc. Géol. Nord*, XIV, p. 249-306, 7 fig.
- GOSSELET J. (1899). — Sur les eaux salines des sondages profonds. *Ann. Soc. Géol. Nord*, XXVIII, p. 54-63.
- GOSSELET J. (1905). — Les assises crétaciques et tertiaires dans les fosses et sondages du Nord de la France. Fasc. II, Région de Lille. *Et. Gîtes Min. France*, 99 p., 11 fig., tabl., V cartes et coupes en couleurs.

- LALOUY R. (1874 a). — Recherches géologiques et chimiques sur les eaux salées du terrain houiller du Nord de la France. *Mém. Soc. Sciences Lille*, (3), XIII, p. 193-216.
- LALOUY R. (1874 b). — Recherches géologiques et chimiques sur les eaux sulfureuses du Nord. *Mém. Soc. Sciences Lille*, (3), p. 241-264.
- LEMOINE P., HUMERY R. et SOYER R. (1939). — Les forages profonds du Bassin de Paris. La nappe artésienne des sables verts. *Mém. Mus. Nat. Hist. Nat.*, n. s., XI, 700 p., 56 fig., 11 pl., 1 carte h.-t.
- LEROUX E., in LEROUX E. et PRUVOST P. (1935). — Résultats géologiques d'un sondage profond à Amiens. *Ann. Soc. Géol. Nord*, LX, p. 70-99, 3 fig., 1 pl.
- MINOUX G., RICOUR J. et WATERLOT G. (1957). — Le nouveau forage effectué à l'Etablissement thermal de St-Amand-les-Faux (Nord) en 1954. *Ann. Soc. Géol. Nord*, LXXVII, p. 219-235, 2 fig., pl. XVI.
- RICOUR J., BOURCART J. et LÉVÊQUE P. (1958). — Répartition et origine des sulfates du Trias rencontré par les sondages profonds du Bassin de Paris. *C. R. Ac. Sc.*, t. 247, p. 1882-1885.
- SCHOELLER H. (1934). — Les échanges de bases dans les eaux souterraines vadoses. Trois exemples en Tunisie. *Bull. Soc. Géol. France*, (5), IV, p. 389-420, 3 fig.
- WATERLOT G. (1950). — L'évolution du chimisme des eaux du Calcaire carbonifère de Lille-Roubaix-Tourcoing et régions limitrophes. *Ann. Soc. Géol. Nord*, LXX, p. 79-109, 5 fig.

*
**

M. Ricour souligne que des auteurs, chaque jour plus nombreux, admettent que les formations sédimentaires d'origine marine contiennent normalement, en dehors des zones superficielles, des eaux chlorurées et sulfatées qui, de toute évidence, sont des eaux marines fossiles plus ou moins concentrées ou diluées. Tous les forages profonds réalisés par les Compagnies pétrolières, notamment dans le bassin de Paris, confirment ce fait.

M. Bonte admet que si les sables verts du bassin de Paris contiennent de l'eau douce, c'est parce que l'eau salée qu'ils renfermaient à l'origine a pu être délavée par une circulation d'eau atmosphérique, de la zone des affleurements jusqu'à la Manche. De même, si les Grès bigarrés du Trias contiennent de l'eau douce à proximité

des affleurements, alors que les niveaux sus-jacents du Muschelkalk contiennent de l'eau salée, ce fait semble pouvoir s'expliquer par la plus grande perméabilité du Grès bigarré qui a favorisé la circulation des eaux atmosphériques.

Il est par ailleurs remarquable de constater que le bassin houiller du Nord, où les niveaux marins sont fréquents, contient des eaux salées, alors que le bassin de la Loire, d'origine continentale, contient uniquement des eaux douces.

M. Ricour rappelle qu'en 1952 il a, avec le Professeur Bourcart, émis l'hypothèse que les niveaux salifères du Trias étaient dus à la cristallisation des sels que contenaient à l'origine les eaux d'imbibition des vases qui ont formé ces niveaux. Cette hypothèse semble se confirmer chaque jour et des concentrations de sulfates et de chlorures sont connues maintenant dans des niveaux variés les plus divers rencontrés en forage profond. Il montre à la Société des photographies de carottes de sondage qui indiquent nettement que l'anhydrite contenue par celles-ci ne peut être attribuée à des mises en mouvement secondaires de ce minéral. Il souligne l'importance de la présence de la soude dans ces sédiments marins persédimentaires et rappelle que la théorie pétrogénétique de Hutton, reprise récemment par Nieuwenkampff, admet que la soude contenue dans les roches cristallines provient précisément de ces eaux connées et non d'apports profonds.

M. Ricour insiste d'autre part sur l'importance, pour le développement industriel du Nord de la France, des solutions proposées par M. Bonte. Celles-ci peuvent paraître hardies, mais, en y songeant bien, le stockage de l'eau dans un réservoir souterrain naturel n'est pas plus impensable que le stockage de gaz déjà réalisé en France, dans les mêmes conditions, ou le stockage d'hydrocarbures liquides ou liquéfiés dont l'étude se poursuit à l'heure actuelle.

Il faudrait évidemment, pour réaliser de tels projets, sortir de l'enchevêtrement administratif auquel se heurte à l'heure actuelle toute réalisation importante dans le domaine de l'alimentation en eau.

Le Jurassique du Sondage de Saigneville

par **A. Bonte**

SOMMAIRE

L'étude des échantillons conservés dans la collection de sondages du Laboratoire de Géologie montre que le Jurassique est formé de Callovo-Oxfordien surmontant un Bathonien de type normal.

HISTORIQUE

Les premières indications sur ce sondage ont été données en 1905, puis en 1906, par J. Gosselet qui concluait à l'existence d'un Jurassique incomplet par le haut et par le bas et comportant à la fois du Lias (32 m maximum) de l'Oxfordien et du Kimméridgien, entre 265 et 400.

Plus tard, P. Pruvost (1935, p. 95, note 2) en se basant sur les résultats du sondage d'Amiens, proposait de rapporter au Jurassique moyen, à l'exclusion du Lias, l'ensemble des marnes et calcaires compris entre le Crétacé inférieur et le Dévonien.

P. Lemoine, R. Humery et R. Soyer, dans leur étude sur la nappe artésienne des sables verts (1939), rapportaient au Jurassique supérieur, sans autre précision, les couches comprises entre 251 et 400.

Par la suite, j'ai restitué au Jurassique une partie des sédiments attribués au Dévonien (401 à 409,50) et j'ai proposé deux interprétations différentes de cette coupe (1941, p. 240) suivant qu'on admettait ou non en ce point la présence de Lias, dont l'existence avait été révélée à plusieurs reprises sur la bordure Nord du Bassin de Paris.

Enfin, j'ai retrouvé récemment dans la collection des sondages du Laboratoire de Géologie une série d'échan-

tillons étiquetés par Gosselet, ce qui me conduit à confirmer l'interprétation de P. Pruvost.

Avant de décrire les échantillons conservés, il convient de relever une erreur d'étiquetage qui pourrait amener des confusions et d'en faire la critique. L'échantillon 223,50 porte l'étiquette suivante de la main de Gosselet : « marne 60 % insoluble, Oxfordien » et un des deux échantillons 341,30 : « argile avec Ammonite, Oxfordien ».

Le premier échantillon est une marne gris clair à débris noirs d'Ostréidés, à microradiolites, à débris ligniteux et pyriteux, manifestement oxfordienne (1) ; le second ne correspond même pas à l'étiquette, puisqu'il s'agit d'un sable glauconieux avec nodules phosphatés à *Hoplites*, certainement albien.

En réalité, les deux étiquettes de Gosselet se rapportent sans aucun doute au même échantillon 341,30 et les étages indiqués sur les étiquettes sont alors corrects ; seule la mention 223,50 se rapporterait aux sables verts à nodules phosphatés. Il y aurait eu simplement erreur de report de la part de Gosselet.

Le contrôle est d'ailleurs facile, car il existe un autre échantillon 341,30 qui est une marne gris clair ligniteuse et pyriteuse avec petites Bélemnites et *Gryphaea dilatata*. Quant aux sables verts à nodules phosphatés, il en existe déjà à 192,40. L'échantillon 223,50 serait un autre niveau à Coquins, ou représenterait des retombages. De toute façon, des sables et grès glauconieux existent encore 25 m plus bas.

LA LIMITE SUPÉRIEURE DU JURASSIQUE

d'après les échantillons conservés

Voici la description des échantillons :

à 178,30, marne grise glauconieuse avec un peu de sable fin (Cénomaniens) ;

J. Polvéche, à qui j'ai soumis l'échantillon et le résidu de lavage, indépendamment de toute autre indication, a opté lui aussi pour le Jurassique sans aucune hésitation.

- à 192.40, nodules phosphatés à *Hoplites* ;
- à 223.50, on aurait, d'après la discussion précédente, des sables verts à nodules phosphatés ;
- à 240.05, marne gris foncé sableuse et glauconieuse, un peu ligniteuse, avec fragments d'Ammonites à test conservé, nodules phosphatés glauconieux ;
- à 250.40, bloc (carotte?) de grès glauconieux à ciment de calcite, passant à un grès argileux très glauconieux avec nombreuses taches jaune-ocre ou rouges représentant des graviers de pélites du Trias, du Permien ou du Dévonien ;
- à 250.50, « sable recueilli avec eau jaillissante » ;
- à 253.00, bloc de dolomie jaune-brunâtre glauconieuse, finement grenue, dans un sable glauconieux ; il s'agit d'une sorte de concrétion à l'intérieur des sables verts ;
- à 264.45, marne gris clair compacte, fine, avec Huîtres de grande taille (*G. dilatata*).

La limite Jurassique-Crétacé est localisée entre 253 et 264.45. D'après la coupe Lemoine (1939) on, pourrait la placer à 255, car son « calcaire jaune » (251 à 255) représente sans doute la dolomie glauconieuse, avant le calcaire jurassique annoncé à 255.

LE JURASSIQUE DU SONDAGE DE SAIGNEVILLE

Entre 264.45 et 342.20, le Jurassique est formé essentiellement de calcaires marneux et de marnes gris clair à grain fin, parfois à enduits pyriteux, parfois à débris noirs d'Ostréidés.

A 278.00, la marne est très chargée de débris microscopiques de lignite et devient noire ;

A 341.30 et 342.60, la marne est très pyriteuse et ligniteuse et renferme de nombreux débris de Bélemnites de grande taille et de *Gryphaea dilatata*.

Des fossiles existent à plusieurs niveaux, dès 264,45 ; ce sont des Bélemnites, des *Gryphaea dilatata*, des Pholades ; J. Gosselet (1906) a signalé une Alectryonie. Quant à son *Ostrea deltoidea*, il s'agit vraisemblablement d'un fragment de valve plate de *Gryphaea dilatata*.

A partir de 341.30, on trouve un calcaire oolithique blanc soit en mélange avec les marnes pyriteuses à Bélemnites à 341.30 et à 342.60, soit seul à 342.60 ; puis un

calcaire pseudo-oolithique à 365.85 et enfin des microlumachelles à 403.15, 403.25 et 412.60.

La limite entre les deux types de faciès (faciès marneux et faciès oolithique ou pseudo-oolithique) se place à 341. Quant à la base du Jurassique, elle pourrait se situer vers 414, puisque la « carotte battue entre 414.40 et 414.60 » était constituée par un grès gris clair qui doit être rapporté au Dévonien ; mais comme la coupe descriptive (Lemoine 1939) fait état de grès dès 409.50, sans doute sur les indications du sondeur, l'échantillon 412.60 serait une retombée, malgré la mention portée sur l'étiquette : « morceau recueilli à 412.60 » ; cette supposition est confirmée par la présence à 418.80 d'un fragment de microlumachelle en retombage au milieu des grès. La limite inférieure semble donc devoir être fixée à 409.50.

D'après les renseignements fournis par le sondage d'Amiens et les sondages récents, le faciès marneux et calcaréo-marneux, épais de 86 m (255 à 341) et incomplet vers le haut, doit être rapporté au Callovo-Oxfordien qui a 124.50 m d'épaisseur à Amiens (358 à 482.50). Le faciès calcaire, épais de 73 m (341 à 414) représente le Bathonien qui a 88 m 10 à Amiens ; la différence d'épaisseur correspond surtout au Bathonien inférieur.

Dans ce Bathonien, on peut retrouver les trois zones courantes de la région : calcaire oolithique crème au sommet, calcaire pseudo-oolithique blanc au milieu, microlumachelles marneuses gris foncé et marnes grises à la base. Les limites entre ces trois zones sont difficiles à établir en raison du manque d'échantillon ; mais, d'après la coupe descriptive, il semble qu'on puisse placer le passage du Bathonien moyen au Bathonien inférieur à 396, entre les « alternances de calcaire gris-bleu et jaune » et les « marnes bleu-foncé ».

On peut ainsi, à partir des coupes Gosselet et Lemoine et des échantillons conservés, proposer la coupe générale suivante à partir du Cénomaniens :

113.20 à 178.80	65.60	Cénomaniens.
178.80 à 192.00	13.20	Argiles du Gault.
192.00 à 255.00	63.00	Sables verts plus ou moins cimentés par places.
255.00 à 341.00	86.00	Marnes et calcaires marneux gris parfois pyriteux à <i>G. dilatata</i> et Bélemnites. Oxfordien et Callovien.
341.00 à 414.00	73.00	Bathonien.
	341.00 à 356.00	15.00 Bathonien supérieur.
	356.00 à 396.00	40.00 Bathonien moyen.
	396.00 à 414.00	18.00 Bathonien inférieur.
414.00 à 423.20		Dévonien.

Cette nouvelle interprétation a profité des résultats fournis par les sondages plus récents : le sondage d'Amiens tout d'abord (Pruvost 1935) et surtout les sondages exécutés par les H.N.B.N.P.C. dans la région de Doullens depuis 1954. Mais il ne faut pas oublier que c'est J. Gosselet qui, sans aucune donnée préliminaire, a reconnu le premier la présence du Jurassique sous la couverture crétacée au Nord du Bassin de Paris.

BIBLIOGRAPHIE

- BONTE A. (1941). — Contribution à l'étude du Jurassique de la Bordure septentrionale du Bassin de Paris. Thèse, *Bull. Serv. Carte Géol. France*, n° 205, XLII, 439 p., 67 fig., 4 tabl., XII pl.
- GOSSELET J. (1905). — Les sondages du littoral de l'Artois et de la Picardie. *Ann. Soc. Géol. Nord*, XXXIV, p. 75-85.
- GOSSELET J. (1906). — Résultats de deux sondages profonds en Picardie. *C. R. Ac. Sc.*, CXLIII, p. 201 à 203.
- LEMOINE P. (1910). — Résultats géologiques des sondages profonds du Bassin de Paris. *Bull. Soc. Ind. Min.*, (4), XII, p. 367, 465, 19 fig.
- LEMOINE P., HUMERY R. et SOYER R. (1939). — Les forages profonds du Bassin de Paris. La nappe artésienne des sables verts. *Mém. Mus. Hist. Nat.*, n.s., XI, 700 p., 56 fig., XI pl., 1 carte h.-t.
- LEROUX E. et PRUVOST P. (1935). — Résultats géologiques d'un sondage profond à Amiens. *Ann. Soc. Géol. Nord*, LX, p. 71-99, 3 fig., pl. II.

**Remarques sur les variations du chimisme
des eaux profondes de la craie**
par **Gérard Waterlot.**

SOMMAIRE. — Au fur et à mesure qu'elle s'éloigne de son bassin d'alimentation, l'eau captive de la nappe de la craie subit une évolution dans son chimisme que l'on peut suivre sur une distance horizontale assez courte et de l'ordre d'une quinzaine de kilomètres, semble-t-il, en ce qui concerne le bassin d'Orchies et le bassin de la Flandre.

Dans une étude antérieure (G. Waterlot, 1950 et 1955), je montrais comment s'opèrent les variations du chimisme des eaux profondes du calcaire dinantien dans la région lilloise. Dans le *bassin d'alimentation*, les eaux sont dures (28 à 48 degrés hydrotimétriques français) et bicarbonatées calciques, avec un résidu sec de l'ordre de 500 mg par litre et un titre alcalimétrique inférieur au titre hydrotimétrique, ce qui se traduit par l'absence de bicarbonate de soude dissous dans l'eau. Dans la *zone proximale de captivité* (entre 0 et 15 km environ), les eaux sont moins dures (25 à 36°) ; elles restent du type bicarbonaté calcique, avec un résidu sec voisin de 500 mg par litre ; toutefois, des échanges de bases commencent à se produire puisqu'une augmentation de la teneur en ions alcalins compense une diminution de la concentration en ions alcalino-terreux ; le titre alcalimétrique peut dépasser le titre hydrotimétrique, entraînant la présence de bicarbonate de soude en dissolution dans l'eau. Dans la *zone des échanges de bases* (entre 15 et 25 km, environ du début du recouvrement du calcaire contenant la nappe aquifère par le manteau imperméable rendant cette nappe captive), les eaux sont très adoucies (8 à 25°), alcalines et du type bicarbonaté sodique, le titre alcalimétrique étant toujours supérieur au titre hydrotimétrique ; le résidu sec est compris entre 500 mg et 1 g par litre. Enfin, dans la *zone éloignée de captivité* (à plus de 25 km. des affleurements), les eaux sont très douces (2 à 8°), alcalines et, au bicarbonate de sodium, s'ajoutent des sulfates et chlorures de sodium ; le résidu sec dépasse souvent le gramme par litre d'eau.

On sait que cette modification graduelle du chimisme des eaux s'opère également dans la nappe aquifère de la

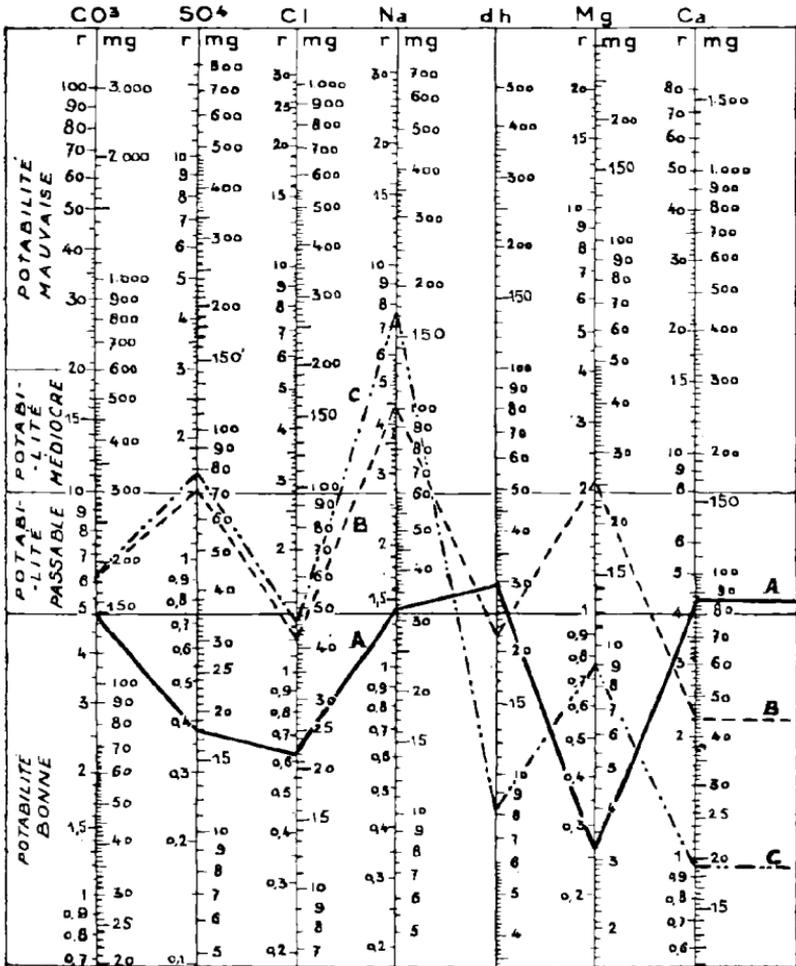


FIG. 1. — Diagramme logarithmique de la concentration en éléments dissous de l'eau de la craie : A, en régime libre à Blendecques (P.-de-C.) ; B, en régime captif à Thumeries (N.) ; C, en régime captif à Orchies (N.) ; r : quantités en réaction (milliéquivalents) ; mg : milligrammes par litre d'eau ; dh : titre hydrotimétrique en degrés français.

eraie lorsque, devenue captive, elle s'éloigne de plus en plus de la limite marquant le début de sa mise en captivité (M. Lohest, 1911 ; G. Gillet, 1912 ; J. Lepersonne, 1934). Il est plus difficile de suivre cette évolution du chimisme dans le cas des eaux de la craie que dans celui des eaux des calcaires durs, dinantiens, mieux fissurés. En effet, dès que l'on s'éloigne sensiblement de la limite de mise en captivité, la craie est, en général, mal fissurée et les captages connaissent souvent des insuccès (G. Waterlot, 1957), si bien que l'on est incomplètement renseigné sur les variations des qualités chimiques des eaux dans les zones éloignées de captivité.

Toutefois, quelques captages ont été réalisés dans de tels secteurs du Nord de la France et ont donné des résultats tout à fait positifs quant au débit. Par voie de conséquence, on a pu obtenir les documents souhaités. Il est donc intéressant d'examiner les caractéristiques chimiques des eaux de ces forages, afin de suivre la nature de l'évolution du chimisme et de la comparer à celle, mieux connue, des eaux du calcaire carbonifère. Comme dans mes notes antérieures, j'exprimerai les analyses sous la forme ionique, chaque élément dosé figurant avec le nombre correspondant de milliéquivalents (r) auquel j'ajouterai le poids en milligrammes (mg) par litre d'eau (l) ; les teneurs en éléments alcalins seront calculées par différence et exprimées conventionnellement en sodium. Il sera tenu compte du titre hydrotimétrique total (TH), du titre alcalimétrique complet (TAC) et du rapport des bases ($r \text{ Na}/r \text{ Ca} + r \text{ Mg}$).

Dans la *zone d'alimentation de la nappe aquifère de la craie*, les eaux ont une composition chimique bien connue mais que je rappellerai pourtant, afin de permettre les comparaisons nécessaires. Comme type d'eau, je choisirai le cas d'un captage nettement éloigné des régions habitées ou occupées par des industries dont les eaux usées, infiltrées ou rejetées partiellement dans le sous-sol, finissent par modifier très sensiblement les caractères chimiques

normaux. Le forage de Blendecques (Pas-de-Calais) me paraît bien répondre à cette condition. L'eau de la craie, en nappe libre, présente les caractéristiques suivantes :

T H = 29°	anions		cations	
	r	mg/l	r	mg/l
T A C = 25°	CO ³ = 5,00	150	Ca = 4,41	88
T A C < T H	SO ⁴ = 0,37	18	Mg = 0,27	3
r Na/r Ca + r Mg = 0,31	Cl = 0,62	22	Na = 1,45	33
résidu sec : 342 mg/litre	NO ³ = 0,14	9		
	6,13		6,13	

Elle est dure, bicarbonatée calcaïque et tout à fait comparable à celle du réseau aquifère du calcaire carbonifère; elle est nettement plus riche en éléments alcalino-terreux qu'en alcalins.

Si nous considérons la *nappe aquifère de la craie*, mise en captivité sous le bassin tertiaire d'Orchies, nous pouvons faire d'intéressantes remarques tant au point de vue de la capacité de débit de la roche, pourtant soustraite aux infiltrations directes d'eaux météoriques, qu'au point de vue du chimisme de l'eau. Mon propos étant d'examiner ce second point, je passerai très rapidement sur le premier; je remarquerai simplement que le forage d'Auchy-les-Orchies, par exemple, situé à 9 km de la mise en captivité de l'eau (à une telle distance, les forages connaissent ordinairement des insuccès), a rencontré la craie entre les cotes — 21 et — 61, sous un recouvrement de 59 m de terrains tertiaires; malgré ces conditions de gisement, habituellement mauvaises pour le rendement des captages, le débit dépasse 50 m³/h avec une faible dénivellation du plan d'eau, légèrement supérieure à 3 mètres. Or, il ne s'agit pas d'un cas isolé dans le bassin d'Orchies où plusieurs autres ouvrages, situés à 6 ou 7 km des affleurements, ont des débits de l'ordre de 100 m³/h, le sommet de la craie étant nettement plus bas que le niveau de la mer (on sait que les zones riches en eau se

tiennent souvent au-dessus de ce niveau : J. Gosselet, 1904 et 1911 ; E. Leroux, J. Ricour et G. Waterlot, 1958).

Dans ce bassin d'Orchies, on assiste à une variation bien caractérisée de la composition chimique des eaux de la craie, avec l'éloignement de la mise en captivité. A Thumeries, pour un forage situé à 6.800 m des affleurements, la craie étant traversée entre les cotes — 7 et — 56, l'eau présente les caractéristiques suivantes :

T H = 22°	anions		cations	
	r	mg/l	r	mg/l
T A C = 31°	CO ³ = 6,20	186	Ca = 2,22	44
T A C > T H	SO ⁴ = 1,49	72	Mg = 2,15	26
r Na/r Ca + r Mg = 1,03	Cl = 1,18	42	Na = 4,50	104
résidu sec : 500 mg/litre		8,87		8,87

On constate ici une diminution légère de la concentration en éléments alcalino-terreux qui a pour effet de faire baisser le titre hydrotimétrique. En compensation, la teneur en ions alcalins augmente et devient aussi importante que celle en ions alcalino-terreux. Des échanges de bases ont commencé à se produire, accompagnés d'une augmentation des quantités en réaction (r) ; de ce fait, le rapport des bases augmente et atteint l'unité (valeur qui marque le début de la zone des échanges de bases). La teneur en sulfates et chlorures progresse. L'eau est bien encore du type bicarbonaté calcique et magnésien ; toutefois, elle contient également du bicarbonate de sodium, ce qui est nettement indiqué par le titre alcalimétrique supérieur au titre hydrotimétrique. On peut considérer cette eau comme provenant d'une région se trouvant juste à *la limite* des deux zones que j'ai appelées *zone proximale de captivité* et *zone des échanges de bases*. (G. Waterlot, 1950, p. 89-97 ; 1955, p. 175-177). Par comparaison avec ce qui se passe dans le réseau aquifère du Calcaire carbonifère, où cette limite se tient à 15 km de la mise en captivité de l'eau, on peut constater que, dans

le cas présent, les distances raccourcissent environ de moitié.

A Orchies, les forages de la ville se placent à 10,500 m de la mise en captivité des eaux profondes de la craie, la roche crayeuse aquifère étant rencontrée entre les cotes — 22 et — 71. L'eau présente les caractères suivants :

T H = 8°1	anions		cations	
	r	mg/1	r	mg/1
T A C = 31°				
T A C > T H				
r Na/r Ca + r Mg = 4,60	CO ³ = 6,20	186	Ca = 0,93	19
résidu sec : 540 mg/litre	SO ⁴ = 1,63	78	Mg = 0,70	9
	Cl = 1,30	46	Na = 7,50	173
	9,13		9,13	

La teneur en ions alcalino-terreux a ici fortement diminué et, par conséquent, le titre hydrotimétrique a considérablement baissé. Par suite des échanges de bases, la valeur des ions alcalins est devenue plus importante que celle des alcalino-terreux, ce qui se traduit par un rapport des bases de beaucoup supérieur à l'unité. L'eau est devenue alcaline avec un titre alcalimétrique très supérieur au titre hydrotimétrique ; elle est très nettement du type bicarbonaté sodique. Elle provient de la *zone des échanges de bases*. Comme précédemment, on peut remarquer que cette zone se tient à une distance moitié moindre de la limite de mise en captivité que dans le cas du Calcaire carbonifère.

Pour un éloignement supérieur de cette limite, on assisterait à une variation encore plus accentuée du chimisme. En ce qui concerne les eaux captives de la craie sous le bassin tertiaire de la Flandre, on constate que, à 12 km environ des affleurements de la craie, l'eau est devenue douce, alcaline, chlorurée et sulfatée sodique (avec environ 650 mg en Na Cl et près de 600 mg en SO⁴ Na² par litre d'eau) ainsi que légèrement bicarbonatée sodique ; les teneurs en sels ne rendent toutefois pas encore l'eau inutilisable, bien que le résidu sec soit en

forte progression et dépasse nettement le gramme par litre d'eau. C'est déjà la *zone éloignée de captivité* atteinte, comme les précédentes, à une distance moitié moindre de la limite du bassin d'alimentation que dans le cas du réseau aquifère du calcaire dinantien de Lille-Roubaix et Tourcoing.

Le rapprochement des diverses zones de la nappe captive de la craie par rapport à la bordure du recouvrement tertiaire imperméable peut être dû à la vitesse de circulation de l'eau souterraine moins rapide dans le cas de la craie située sous le bassin d'Orchies et celui de la Flandre que dans celui du Calcaire carbonifère ; de ce fait, et pour un même parcours, l'eau est plus longtemps en contact avec la roche crayeuse et les échanges de base en sont favorisés.

On ne peut pourtant pas généraliser cette conclusion qui pourrait ne pas s'appliquer, dans les mêmes conditions de rapidité, au cas des eaux captives de la craie sous le bassin de Paris. A Barisis (Aisne), un forage (J. Dollé, 1950) se situe à 9.500 m des affleurements de craie ; sous un recouvrement de 76 m de terrains tertiaires, il a rencontré la roche crayeuse entre les altitudes de + 8 et - 85. L'eau est normalement dure, bicarbonatée calcaïque et sa composition chimique, rappelée ci-dessous, est tout à fait comparable à celle des eaux de la nappe libre de la craie :

T H = 29°2	anions		cations	
	r	mg/l	r	mg/l
T A C = 28°	CO ³ = 5,60	168	Ca = 3,64	73
T A C < T H	SO ⁴ = 1,36	65	Mg = 2,20	27
r Na/r Ca + r Mg = 0,24	Cl = 0,28	10	Na = 1,40	32
résidu sec : 428 mg/litre	7,24		7,24	

Il est vraisemblable que la vitesse de circulation des eaux souterraine soit assez rapide dans le cas présent

car il n'y a guère de signes annonçant que l'échange de bases ait commencé à se produire.

Par contre, dans le cas du bassin parisien où les terrains tertiaires surmontant la craie contiennent fréquemment des argiles à lignites pyriteux, il est nécessaire d'apporter la plus grande attention aux possibilités de pollution chimique de la nappe de la craie pouvant se produire par introduction d'eau en provenance des nappes plus superficielles. Par exemple, le forage de Faillouel, à Frières (Aisne) se situe à 1.500 m seulement de la mise en captivité des eaux souterraines de la craie. Sous un recouvrement de 33 m de terrains tertiaires, constitués par les sables de Bracheux, les argiles à lignites et les sables de Cuise, le forage a traversé la craie entre les cotes + 72 et - 152 (J. Dollé, 1950, p. 99). Etant donnée la situation de ce forage, très près de la mise en captivité des eaux souterraines, les caractéristiques de l'eau devraient être semblables à celles de la nappe libre. Or, l'analyse a donné les résultats suivants :

T H = 84° T A C = 41° T A C < T H $r Na/r Ca + r Mg = 0,07$ résidu sec : 1.348 mg/litres	anions		cations	
	r	mg/l	r	mg/l
	CO ³ = 8,20	246	Ca = 15,43	309
	SO ⁴ = 9,92	476	Mg = 4,00	49
	Cl = 2,48	88	Na = 1,42	33
	NO ³ = 0,25	15	—	—
	—	20,85	—	20,85

Une telle minéralisation est accidentelle ; il y a manifestement là une introduction d'eau en provenance des argiles à lignites pyriteux, occasionnant l'importante sulfatation calcique constatée. De tels accidents ne peuvent que compliquer la recherche de l'évolution normale du chimisme des eaux souterraines.

En ce qui concerne le cas de la nappe aquifère captive de la craie dans le Nord de la France, il n'est pas exclu

que des infiltrations d'eau venant de la nappe des sables landéniens puissent se produire et modifier la composition chimique des eaux de la craie captées par les forages. Toutefois, de telles infiltrations n'ont qu'une importance restreinte étant donné que les sables landéniens ne fournissent que très peu d'eau, alors que les débits des forages à la craie sont souvent considérables vis-à-vis des introductions possibles d'eau de ces sables landéniens ; en outre, celle-ci est d'une sulfatation normale. De plus, on évite au maximum les possibilités de mélange des eaux du fait que le passage de l'eau des sables landéniens dans les forages à la craie entraîne toujours une introduction de grains très fins de sable qui finissent par perturber les pompages. C'est pourquoi il serait possible de procéder à des études du genre des quelques observations présentées ici, en vue de l'établissement, au point de vue chimique, des limites de possibilités d'exploitation de l'eau captivé de la craie.

REFERENCES

- DOLLÉ J. (1950). — Etude géologique du massif tertiaire de Saint-Gobain. Thèse d'Université. Lille.
- GILLET G. (1912). — Composition des eaux du Crétacé de Hesbaye et de Campine. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. 39, p. B 209-212.
- GOSSELET J. (1904). — Les assises crétaciques et tertiaires dans les fosses et les sondages du Nord de la France, fasc. 1, région de Douai. *Gîtes minéraux de la France*, Paris, p. 129-141.
- GOSSELET J. (1911). — Ibid., fasc. 3, région de Béthune, p. 169-174.
- LEPERSONNE J. (1934). — Les eaux alcalines de la nappe de la craie dans le bassin de Londres. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. 58, p. 38-63.
- LEROUX E., RICOUR J. et WATERLOT G. (1958). — Variation du niveau des nappes aquifères du Nord de la France. *Bull. Soc. Géol. France*, 6^e sér., t. 8, p. 191-206.
- LOHEST M. (1911). — A propos de la composition chimique des eaux du Crétacé. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. 38, p. B 246-268.
- WATERLOT G. (1950). — L'évolution du chimisme des eaux du calcaire carbonifère de Lille-Roubaix-Tourcoing et régions limitrophes. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. 70, p. 79-109.

- WATERLOT G. (1955). — Remarque sur les phénomènes accompagnant les échanges de bases... *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. 75, p. 173-181.
- WATERLOT G. (1957). — Les ressources hydrogéologiques du Nord de la France. *Le Monde Industriel*, Lille, 83^e année, n^o 532, p. 5-27.
- WATERLOT G. (1958). — Observations sur les nappes aquifères de la craie du Nord de la France. Congrès d'Hydrogéologie, Liège (dépôt effectué en vue de l'impression).

**Mérostomates du Dévonien inférieur et moyen
de Sibérie (1)
par N.I. Novojilov**

(Pl. XII et XIII, 6 fig.)

SOMMAIRE. — Description des Xiphosures-Eurypterida, trouvés dans 5 gisements. - 1) Dans l'horizon supérieur du Dévonien inférieur situé dans la partie sud-ouest de la presqu'île de Taïmyr près de la ville de Norilsk : le genre nouveau *Borchgrevinkium*, rattaché à la famille des *Mycteropidae* ; une espèce nouvelle : *Stylonurus menneri* ; un fragment de pince du *Pterygotus (Acutiramus)* et une nouvelle espèce (?) *Eurypterus störmeri*. - 2) Deux exemplaires de prosoma d'une espèce indéterminée de *Hughmilleria*, trouvés dans la partie inférieure du Givétien de la Tuva, sur le versant sud du Tannu-Ola, au Nord-Ouest du lac Ubsa-Nur ; *Stylonurus ruedemanni* ? Störmer des dépôts d'âge supposé dévonien inférieur en Khakassie, près du lac Shunet ; *Hughmilleria lata* ? Störmer des dépôts d'âge supposé dévonien inférieur sur l'Iénisseï, au Nord de la ville de Krasnojarsk.

INTRODUCTION

Les Mérostomates décrits dans cette notice ont été trouvés dans 5 gisements : un situé dans la partie sud-ouest de la presqu'île de Taïmyr sur la rivière Imaïgda ; deux gisements de la Tuva, sur le versant sud du mont Tannu-Ola ; un sur l'Iénisseï, au Nord de Krasnojarsk, et un en Khakassie, près du lac Shunet.

1. - *Gisement d'Imaïgda*. — Echantillon de marne gris foncé, dolomitique, gypsifère provenant du sondage IM-15 près de Norilsk. Situation stratigraphique des échantil-

(1) Trad. L. Biraud.

lons : 60 m en dessous de la limite Dévonien inférieur-moyen. Dans ce matériel, se trouvent 2 petits exemplaires plus ou moins complets, mal conservés, appartenant aux familles *Stylonuridae* et ? *Mycteropidae*, un fragment de pince de *Pterygotus (Acutiramus)*. C'est V.V. Menner junior (Institut du Pétrole de l'Acad. Sci. U.R.S.S.) qui m'a remis ce matériel pour que je l'étudie. Il fait partie de la collection de l'Institut de Paléontologie, n° 1271.

De ce même gisement et apparemment du même horizon, dans de la marne gris foncé, on a également trouvé un petit Xiphosure sans les appendices, ni les deux derniers segments et le telson. Dans ce même gisement, nous avons trouvé un échantillon avec des parties détachées de quelques exemplaires de Xiphosures que j'ai considérés comme des larves d'un genre qui a une certaine ressemblance avec *Beckwithia* Resser, 1931. Je les décrirai comme genre et espèces nouveaux lorsqu'un matériel plus complet aura été découvert. Le matériel m'a été remis par A.G. Maslov (Institut de Géologie de l'Acad. des Sc. de l'U.R.S.S.). Collection de l'Institut de Paléontologie de l'Ac. des Sc. de l'U.R.S.S., n° 1138.

2. - *Gisement de la Gorka Pogranichnaja* (du petit mont frontalier). — Situé sur le versant sud du Tannu-Ola occidental dans la Tuva, au Nord-Est du lac Ubsa-Nur, et à l'Est des mines de sel, sur le « monticule frontalier » près de la frontière mongole. Dans l'horizon inférieur du Givétien, un fragment de métastoma a été trouvé par l'étudiant Ia. P. Malovickij dans du grès compact gris-clair : Collection de l'Institut de Paléontologie de l'Académie des Sciences de l'U.R.S.S., n° 979. Dans ce même horizon, ont été trouvés des plaques de *Ctenaenigma tuvaense* Novojilov et des Conchostraca : *Pseudestheria (Sphaeropsis) plicata* (Lutkevitch), *Ulugkemia (Ulugkemia) obrutchevi* Novoj., U. (*Tjulbaria*) *barykensis* Novoj.

3. - *Gisement d'Ikhe-Dushiin-Gol*. — Sur le versant sud du Tannu-Ola, sur la rive droite de la rivière Ikhe-Dushiin-Gol, dans un schiste argileux gris-clair, l'auteur

a trouvé un petit prosoma d'*Hughmilleria* dans une couche à *Otenaenigma tuvaense* Novojilov. Cet horizon est situé plus bas que celui de Gorka Pogranichnaja. Collection de l'Institut de Paléontologie de l'Ac. des Sc. de l'U.R.S.S., n° 972.

4. - *Gisement de Shunet*. — En Khakassie, près du lac Shunet, dans un grès calcaireux gris foncé, S.M. Doroshko (Institut du Pétrole de l'Ac. des Sc. de l'U.R.S.S.) a trouvé des fragments de plusieurs individus de l'espèce *Stylonurus ruedemanni* ? Störmer. L'âge des dépôts est supposé du Dévonien inférieur. Collection de l'Institut de Paléontologie de l'Ac. des Sc. de l'U.R.S.S., n° 1220.

Dans ce même gisement, N.A. Osipova (VNIGRI) a recueilli des fragments identiques que Pirozhnikov (1958) a décrits comme étant 2 nouvelles espèces, et il les a, à tort, rattachés au genre *Rhenopterus* Störmer (1936). En réalité, ce sont des *Stylonurus* et *Hughmilleria*.

5. - *Gisement de Torgashino*. — Sur la rive droite de l'Ienisseï, au Nord de la ville de Krasnojarsk, à 1 km à l'Est du bourg de Torgashino, dans une carrière de pierres abandonnée, un exemplaire presque complet et des fragments de la même espèce ont été trouvés dans du grès jaune. Dans les mêmes couches, ont été trouvés des restes de plantes décrits par A.R. Ananiev (1957) : *Jenisseïphyton lebedevii* An., *J. rudnevae* (Peresvetov), *Angarolaminariopsis zinovae* (nov. gen. et sp.), *Zosterophyllum myretonianum* Penh., *Protobarinophyton obrutschevii* (An.), *Pectinophyton bipectinatum* nov. sp., *Psilophyton goldschmidtii* Halle, *Psilophytites rectissimum* Hægg., *Loganiella* cf. *canadensis* Stolley, *Protohyenia janovii* (nov. gen. et sp.).

L'âge des dépôts est douteux : d'après la flore, Ananiev l'a déterminé comme Dévonien inférieur et certains géologues, comme Givétien inférieur. Auparavant, d'après cette même flore, A.N. Krishtofovitch l'avait attribué au Dévonien supérieur. Le matériel a été recueilli par A.V. Ananiev. Collection de l'Institut de Paléontologie de l'Ac. des Sc. de l'U.R.S.S., n° 1139.

Le professeur L. Störmer, auquel j'ai envoyé de Taïmyr à Oslo des photographies et des croquis des échantillons, m'a très aimablement communiqué son opinion concernant ce matériel, ce qui m'a permis de corriger et de compléter 2 croquis et d'éviter quelques erreurs de diagnose. Je le remercie sincèrement de sa bonté et de son amabilité.

Je remercie aussi l'artiste dessinateur V.I. Dorofeev pour ses dessins.

DESCRIPTION

Classe MEROSTOMATA Dana

Sous-classe *EURYPTEROIDEA* BURMEISTER.

Ordre *EURYPTERIA* BURMEISTER.

Super-famille *STYLONURIDEA* (DIENER), 1924.

Nom. transl. STÖRMER, 1951 (*STYLONURIDAE* DIENER, 1924).

Famille *MYCTEROPIDAE* STÖRMER, 1951

Genre *BORCHGREVINKIUM* NOVOJILOV (gen. nov.) (1)

Type du genre : *Borchgrevinkium taimyrensis* NOVOJILOV (gen. et sp. nov.)

Petit Mérostomate, avec prosoma oblong, parabolique, formant plus d'1/3 de la longueur de l'animal ; opisthosoma avec 12 segments dont le premier, un macrosegment, forme près d'un tiers de la longueur du prosoma. Le dernier segment a un appendice dorsal bifide. Telson eunéiforme. Sur les segments 3-10, sont développés des plis latéraux qui partagent cette portion de l'opisthosoma en parties dorsale et latérales longitudinales. Les bords latéraux des tergites ont des lobes distaux. L'appendice génital est long, il atteint le bord inférieur du 2^e segment de l'opisthosoma. L'ornementation des segments est écaillé

(1) Le genre a été appelé ainsi en souvenir de Karsten Egeberg Borchgrevink, l'un des premiers chercheurs norvégiens de l'Antarctique.

leuse. Les appendices sont courts, homonomes. La forme et la position des yeux sont inconnues.

L'opisthosoma triangulaire, large, des *Borchgrevinkium* avec 2 rangées radiales de plis sur les tergites, ressemble beaucoup à celui de *Weinbergina opitzi* Ruedemann et Richter, et moi aussi j'ai supposé que *Borchgrevinkium* était un Xiphosura. Le professeur L. Störmer a attiré mon attention sur le macrosegment dont j'avais pris le bord antérieur pour une fissure accidentelle. En réexaminant l'échantillon après l'avoir nettoyé des cristaux de gypse, j'ai constaté la présence d'un macrosegment et sur l'endroit nettoyé du prosoma, j'ai découvert des segments avec les griffes de pattes gauches. Apparemment, ces pattes se sont retournées sous le prosoma lors de l'ensevelissement (fig. 2). La présence d'un macrosegment chez *Borchgrevinkium* indique clairement la position taxonomique de ce genre parmi les Eurypterida, dans la famille des Mycteropidae.

D'après la comparaison de *Borchgrevinkium* avec des espèces de la famille des *Mycteropidae*, *Mycterops* ? *scabrosus* (M. Woodward) et *Glaucodes mathieui* Pruvost, on constate qu'il n'y a de ressemblance que dans la configuration du prosoma chez *M. scabrosus*. Quatre tergites conservés également avec appendices latéraux, au moins chez les deux premiers tergites, n'ont pas de traces de plis et le bord droit des tergites et du prosoma est d'aspect plumeux, formée de petites « plumes » ou « écailles » rares, droites et allongées. Les pattes sont nettement beaucoup plus longues et apparemment elles ont un plus petit nombre de crochets. Chez *G. mathieui*, le prosoma est trapézoïdal. L'ornementation est d'un type tout à fait différent ; elle est formée de cellules plus ou moins grosses, irrégulières, de formes et de grandeur différentes, réparties en rangées longitudinales dans la partie centrale.

Borchgrevinkium laimyrensis NOVOJILOV (sp. nov.)

pl. XII, fig. 1 ; fig. 1, 2 du texte.

Holotype. Exemplaire déformé, n° 1271/1 ; collection de l'Institut de Paléontologie de Moscou.

Le prosoma est oblong, parabolique ; avec le macrosegment, il forme la moitié de toute la longueur du corps, non compris le telson. La partie centrale et celle située à droite en avant du prosoma ont été détériorées lors du morcellement de la carotte ; en cet endroit, près du bord gauche de la cassure, on voit les articles extrêmes retournés des appendices homonomes gauches, tels qu'ils sont représentés sur la fig. 2. La forme et la situation des yeux n'ont pu être déterminées.

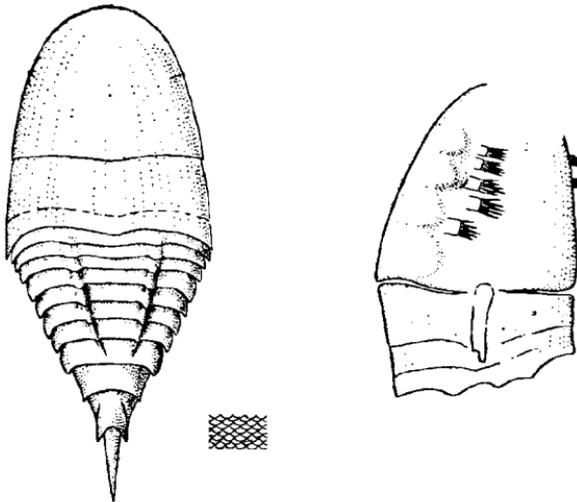


FIG. 1 et 2. — *Borchgrevinkium taimyrensis* NOVOJILOV
(nov. gen. et sp.)

Opisthosoma de 12 segments. Le premier — le macrosegment — et le 2^e segment, forment comme une prolongation du prosoma et les 10 segments suivants composent un triangle avec le telson au sommet. Presque parallèlement aux bords de l'opisthosoma, sur les tergites, sont développés des plis qui commencent, mais pas très nettement, sur le 3^e tergite et qui, se rétrécissant progressivement, se terminent en coin dans la partie centrale du 10^e tergite. Les bords latéraux des tergites 2-10 ont des appen-

dices. Les bords du 11^e tergite sont légèrement incurvés et le 12^e tergite a un appendice dorsal bifide. Le telson est cunéiforme, court et étroit. Sur les tergites de l'opisthosoma, est développée une ornementation squameuse (fig. 1 a) que l'on observe aussi sur le prosoma. Les petites « écailles » sont courtes, à bords largement arrondis.

Dimensions. Prosoma : longueur à partir du bord supérieur de la cassure : 13,5 mm, largeur du bord supérieur : 12,2 mm. Opisthosoma : longueur 12,3 mm ; longueur du macrosegment suivant la ligne médiane : 2,5 mm ; du bord gauche : 4,5 mm. Longueur du telson : 4,5 mm.

Taimyr sud-ouest, rivière Imaïgda, près de Norilsk, horizon supérieur du Dévonien inférieur.

Famille *STYLONURIDAE* DIENER, 1924

Genre *STYLONURUS* PAGE, 1856

Stylonurus menneri NOVOJLOV (sp. nov.) (1)

pl. XII, fig. 2 ; fig. 3 du texte.

Holotype. Larve presque complète, n° 1271/2. Collection de l'Institut de Paléontologie de Moscou.

Prosoma presque quadrangulo-arrondi ; sa longueur est un peu plus petite que sa largeur, yeux latéraux, ovales, disposés à un niveau légèrement au-dessus du milieu de la largeur. Les prolongements des axes longitudinaux des yeux se recoupent avant le bord antérieur du prosoma. Ocelles médians arrondis, dans une cavité arrondie dont le bord supérieur touche le centre du prosoma. Le bord supérieur du prosoma se termine par un ourlet. Quatre appendices sont conservés à droite, dont la patte natatoire de la 6^e paire, avec larges palmes et 3 pattes antérieures ambulatoires (La segmentation imprécise de la patte natatoire est indiquée sur le dessin par un pointillé). Chez les *Stylonuridae*, la patte natatoire est consi-

(1) L'espèce a été dédiée à V.V. Menner (Junior).

dérée comme une modification secondaire de la patte ambulatoire et est connue chez le genre *Dolichopterus*, dans la famille des Dolichopteridae.

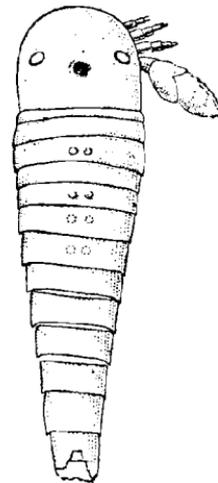


FIG. 3. — *Stylonurus menneri* NOVOJILOV (nov. sp.).

L'opisthosoma est formé de 12 segments qui se rétrécissent en coin. Sur les 2^e, 4^e, 5^e, 6^e tergites médians, près de la ligne médiane, sont disposées des lamelles rondes plates, telles que celles connues chez les Stylonuridés (chez *Drepanopterus abonensis* Simpson, 1951) et les Eurypteridés (chez *Tyropterella boylii* (Whiteaves), 1884). Le telson n'est pas conservé.

Dimensions. Prosoma : longueur : 5,2 mm ; largeur au niveau des ocelles : 6,1 mm. Opisthosoma : longueur : 19 mm.

Taïmyr sud-ouest, rivière Imaïgda, près de Noril'sk. Horizon supérieur du Dévonien inférieur.

S. menneri est essentiellement apparenté à l'espèce *S. knoxae* Lamont, 1955, de la formation supérieure Gala-Tarannon d'Ecosse.

Stylonurus ruedemanni ? STÖRMER, 1933

pl. XIII, fig. 1-5 ; fig. 4 dans le texte.

Stylonurus ruedemanni : STÖRMER, 1933, pl. XIII, fig. 1.

Rhenopterus schiroensis : ПИРОЖНИКОВ, 1958. Pl., fig. 3-4.

Dimensions	L	l	L/l
n° 1220/1	12,0	—	—
n° 1220/3	16,5	17,0	0,97
n° 1220/5	13,5	—	—

Chez les exemplaires norvégiens $L/l = 0,91$ à $1,1$.

Prosoma plus ou moins semi-ovale. La longueur n'est qu'un peu plus petite que la largeur. Les bords latéraux du prosoma à partir du bord postérieur jusqu'au niveau des yeux sont presque parallèles, et ne convergent qu'en avant d'eux en formant un bord antérieur arrondi. Les yeux latéraux sont réniformes, grands et situés dans la moitié antérieure du prosoma ; le bord postérieur des yeux atteint le milieu de la longueur du prosoma. Des ocelles médians sont situés au niveau des bords postérieurs des yeux.

Opisthosomâ. Sont conservés 5 segments déformés avec le prosoma et 3 segments d'un autre exemplaire. Bords latéraux des tergites plus ou moins droits. Ornementation squameuse, « écailles » larges, courtes. Longueur de 5 tergites 16,5 mm, longueur de 3 tergites 8,5 mm, largeur 20mm. Apparemment, le segment génital (fig. 4) appartient à cette espèce. Les bords latéraux sont arrondis à

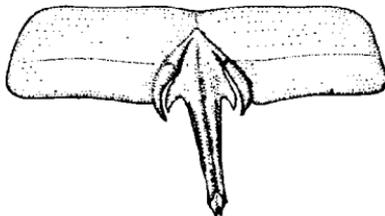


FIG. 4. — *Stylonurus ruedemanni* ? STÖRMER, 1933.

l'avant. Appendice génital long avec large base lancéolée, au bord de laquelle sont développés d'étroits appendices couplés, recourbés, avec extrémités distales aiguës, faisant saillie au bord du segment. Le long de l'appendice médian s'étend un sillon longitudinal. Segment terminal de l'appendice terminal bifide. Longueur de l'appendice génital 10,5 mm ; largeur du segment : 21 mm.

Le prosoma et les segments de l'opisthosoma ont une grande ressemblance avec ceux de *Stylonurus ruedemanni* du Downtonien de Norvège, avec les grands yeux latéraux réniformes répartis de la même façon. Je ne crois pas possible de trouver des caractères qui distingueraient le matériel de la Sibérie méridionale de celui provenant de Ringerike. Cependant, il ne faut pas oublier que l'âge des dépôts à *S. ruedemanni* (?) près du lac Shunet dans la Sibérie occidentale est apparemment plus jeune que celui des dépôts à *S. ruedemanni* de Ringerike que l'on suppose être du Dévonien inférieur.

Super-famille *EURYPTERACEA* (BURMEISTER)

Nom. transl. Störmer, 1951
(ex *EURYPTERIDAE* BURMEISTER, 1845)

Famille *PTERYGOTIDAE* CLARKE et RUEDEMANN, 1912

Genre *PTERYGOTUS* AGASSIZ, 1839

Pterygotus (Acutiramus) RUEDEMANN, 1935.

Pterygotus (Acutiramus) sp. indet.

pl. XII, fig. 3.

Fragment de branche fixe de chélicère avec 2 grandes dents. Longueur du fragment 20,3 mm, longueur de la partie dentelée 11,3 mm, largeur maximum 5,1 mm. 1^{re} dent : longueur 2 mm, largeur à la base 6,7 mm ; 2^e dent : longueur 3,2 mm, largeur à la base 1,0 mm.

Les dents et la pince sont légèrement plus grandes que chez *P. (Acutiramus) floweri* Kjellesvig-Waering et Carter, 1955.

Collection de l'Institut de Paléontologie de l'Académie des Sciences de l'U.R.S.S. n° 1271/3. Taïmyr sud-ouest,

rivière Imaïgda. Horizon supérieur du Dévonien inférieur.

Famille ? *EURYPTERIDAE* BURMEISTER, 1845

Genre *EURYPTERUS* DE KAY, 1825

? *Eurypterus störneri* NOVOJILOV (sp. nov.) (1)

pl. XII, fig. 4, 4 ; fig. 5 dans le texte.

Holotype. Exemple avec empreinte, sans extrémités, ni dernier segment de l'opisthosoma, ni telson, n° 1138/1. Collection de l'Institut de Paléontologie à Moscou.

Prosoma presque quadrangulo-arrondi. Sa longueur est un peu plus petite que sa largeur. Yeux latéraux peu distincts, mais visiblement gros, ovales et disposés au centre du prosoma. Longueur du prosoma 6 mm, largeur près du bord postérieur 7,5 mm, $l/1 = 0,82$.

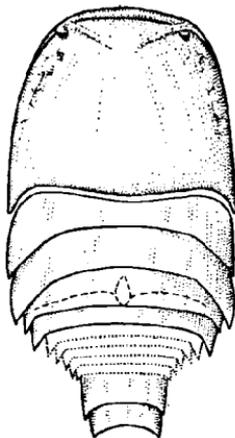


FIG. 5. — *Eurypterus störneri* ? NOVOJILOV (nov. sp.).

Les 3 premiers segments de l'opisthosoma sont plus larges que les suivants qui, selon toute vraisemblance, sont télescopés. Les bords des tergites sont à angle aigu.

(1) Nom donné à l'espèce en l'honneur du professeur Leif Störmer.

Les bords des 10^e et 11^e segments sont étroits. L'ornementation, sur les tergites et le prosoma, n'est pas nette ; on voit un fin réseau irrégulier, avec petits monticules aux croisements. Longueur des segments conservés de l'opisthosoma 8,2 mm.

Taïmyr sud-ouest, rivière Imaïgda près de Norilsk.
Horizon supérieur du Dévonien inférieur.

Famille *HUGHMILLERIADAE* KJELLESVIG-WAERING,
1951

Genre *HUGHMILLERIA* SARLE, 1952.

Hughmilleria sp. indet

pl. XII, fig. 6, 7 ; fig. 5 dans le texte.

Prosoma semi-ovale, ses bords latéraux commencent à se rapprocher à partir du bord postérieur même. Les grands yeux latéraux ovales du plus petit exemplaire sont disposés près du bord dans la moitié antérieure du prosoma. Les prolongements des axes longitudinaux des yeux se coupent loin en arrière du bord antérieur du prosoma. Sous un angle de 40°, sur le grand exemplaire dont la surface de la partie centrale du prosoma est détériorée, on voit les bords dentelés du métastoma. Deux appendices gauches se sont conservés ; le premier avec épines et 3 segments du 4^e appendice. Les yeux latéraux, détruits lors du morcellement du grès sont grands ; ils semblent être ovales et sont placés comme chez le plus petit exemplaire.

Dimensions (en mm.)	L	l	L/l
n° 972/50	7,6	8,8	0,86
n° 979/85	48,0	52,0	0,92



FIG. 6. — *Hughmilleria* sp. indet.

Le prosoma d'*Hughmilleria* de la partie inférieure du Givétien de la Tuva a la même configuration que *H. norvegica* (Kiaer), 1911, mais les yeux latéraux ont une forme ovale et sont disposés plus loin du bord antérieur. Chez *H. norvegica*, $L_1/1 = 0,75$ à $0,83$.

Tuva, versants du Tannu-Ola, au Nord-Est et Nord-Ouest du lac Ubsa-Nur.

Hughmilleria lata STÖRMER, 1933

pl. XIII, fig. 6, 7.

Hughmilleria () *lata* : STÖRMER, 1933, pl. 9, fig. 2, 4. Pl. XIII, fig. 2.

Rhenopterus matarakensis : PIROJNIKOV, 1958, planche, fig. 1, 2.

Rhenopterus sp. : PIROJNIKOV, 1958. Idem, fig. 5, 6.

Prosoma court, semi-ovale, s'élargissant nettement d'avant en arrière. Sa longueur est environ les $2/3$ de sa largeur. Yeux latéraux petits, réniformes, situés au $1/3$ de la longueur en partant du bord inférieur du prosoma. Chez l'exemplaire de Torgaschino (n° 1139/1), on voit les segments des 2°, 3° et 4° appendices droits et la 5° paire d'appendices natatoires. Longueur du prosoma 32 mm, largeur 44 mm ; $L_1/1 = 0,72$. Chez les exemplaires norvégiens, $L_1/1 = 0,71$ à $0,73$.

L'opisthosoma est formé d'un préabdomen et d'un postabdomen plus étroit, dont 3 segments chez l'exemplaire le mieux conservé étaient retournés (pl. II, fig. 7). Le dernier segment est plus long que les précédents. Sur les segments, l'ornementation est fine, squameuse, les « écailles » sont à bords largement arrondis. Longueur du préabdomen = 64 mm, largeur 46 mm ; longueur du postabdomen : 65 mm, Telson étroit, cunéiforme.

Gisement : Sibérie orientale, Ienisseï, près de Krasnojarsk et de Khakassija, près du lac Shunet. Age supposé : Dévonien inférieur.

Les Eurypteridés décrits par Pirojnikov comme *Rhenopterus matarakensis*, appartiennent au genre *Hughmilleria*. Chez *Rhenopterus*, les bords latéraux du prosoma

à partir du bord postérieur jusqu'au niveau des yeux sont presque parallèles et seule la partie antérieure est arrondie ; cependant, chez l'espèce qu'il a décrite, les bords se rétrécissent depuis le bord extrême du prosoma, comme on l'observe chez *H. lata*. A mon avis, il s'agit d'une seule et même espèce, c'est-à-dire *H. lata*.

Le passage d'espèces dans des niveaux géologiques voisins est un phénomène naturel et peut être une indication du caractère conventionnel des limites stratigraphiques. Ce serait une erreur de penser que toutes les espèces existant à une époque quelconque ont disparu simultanément. En outre, le monde végétal était certainement plus conservateur à toutes les époques et beaucoup d'espèces de plantes vivaient apparemment plus longtemps. Cependant, dans la pratique de l'étude des restes paléontologiques, on cherche souvent à démontrer que les espèces se cantonnent dans des horizons stratigraphiques déterminés. Les non spécialistes, qui étudient le matériel sans avoir une préparation suffisante, montrent particulièrement ce défaut. L'étude sélective du matériel est aussi une grave erreur : on n'étudie que les échantillons bien conservés et on rejette celui formé de fragments. Par exemple, l'excellente description morphologique de la flore dévonienne dans les travaux d'Ananev (1957) aurait beaucoup plus de prix si l'auteur avait aussi étudié le matériel fragmenté se trouvant dans les coupes classiques du Dévonien moyen et supérieur de la Tuva.

BIBLIOGRAPHIE

- ANANEV A.R. (1957). — Les nouvelles plantes fossiles des dépôts du Dévonien inférieur, situées près du bourg de Tor-gashino, au Sud-Est de la Sibérie occidentale. *Botanicheskij Zhurnal*, t. 42, n° 5, p. 691-702. *Akad. nauk. S.S.S.R.*
- KJELLESVIG-WAERING E.N. and CASTER K.E. (1955). — The Pterygotidae of the Silurian Vernon shales of New-York. *Jour. Paleontology*, vol. 29, n° 6, p. 1040-1047.
- KJELLESVIG-WAERING E.N. (1934). — Note on a new Eurypterid from the Moscow shales of New-York. *Amer. Jour. Sci.*, vol. 27, p. 386.

- (1952). — A lower Devonian Pterygotus from Wyoming. *Jour. Paleontol.*, vol 26, n° 6, p. 997-998.
- KJELLESVIG-WAERING E.N. and STÖRMER L. (1952). — The Dolichopterus-Strobilopterus group in the Eurypteridae. *Jour. Paleontol.*, vol. 26, n° 6, p. 659-661.
- LAMONT A. (1955). — Scottish Silurian Chelicerata. *Trans. Edin. Geol. Soc.*, vol. 16, Pt II, p. 200-216.
- PRUVOST P. (1923). — Un Eurypteride nouveau du terrain houiller de Charleroi. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. 48, p. 143.
- (1930). — La faune continentale du terrain houiller de la Belgique. *Mém. Mus. royal Hist. Natur. Belgique*, t. 44, p. 191-196.
- RUEDEMANN R. (1934). — Eurypterida from the Lower Devonian of Beartooth Butte. *Wyoming. Proc. Amer. Philos. Soc.*, vol. 13, p. 163-167.
- (1935 a). — The Euryptids of Beartooth Butte Wyoming. *Proc. Amer. Philad. Soc.*, vol. 75, n° 2, p. 129-141.
- (1935 b). — A review of the Eurypterid rami of the genus Pterygotus with descriptions of two new Devonian species. *Carnegie Mus. Ann.*, vol 24, ser. 164, art. 6, p. 69-72.
- SIMPSON S. (1951). — A new Eurypterid from the Upper Old Red sandstone of Portishead. *Ann. and Magaz. Nat. Hist.*, vol. 4, ser. 12, n° 45, p. 849-861.
- STÖRMER L. (1934). — Merostamata from the Downtonian sandstone of Ringerike, Norway. *Skrif. Vid. Akad. Oslo*, I. M.-N. Kl. 1933, n° 10, p. 11-125.
- (1936). — Eurypteriden aus dem rheinischen Unterdevon. *Abh. Preuss. Geol. Landesanst.* N.F. H. 175, p. 1-14.
- (1951). — A new Eurypterid from the Ordovician of Montgemeryshire, Wales. *Geol. Mag.*, vol. 88, p. 409-422.
- (1955). — Chelicerata. Treatise on Invertebrate Paleontology. Pt P, Arthropoda 2, p. P1-P44. *Geol. Soc. Amer.*
- WATERLOT G. (1953). — Classe des Mérostomes (Merostomata Woodward 1866). *Traité de Paléontologie*, t. III, Paris, p. 529-554.
- PIROZHNIKOV L.P. (1958). — Restes de Gigantotraccés de la série de Mataraks (Dévonien de la dépression Nord-Minusinsk). *Ann. Soc. Paleont. U.R.S.S.*, t. 16, p. 207-213.

EXPLICATION DES PLANCHES

PLANCHE XII

- Fig. 1. — *Borchgrevinkium taimyrensis* NOVOJILOV (nov. gen. et sp.). Coll. n° 1271/1 ($\times 3$).
- Fig. 2. — *Stylonurus menneri* NOVOJILOV (nov. sp.). Coll. n° 1271/2 ($\times 3$).

Fig. 3. — *Pterygotus (Acutiramus)* sp. indeter. Coll. n° 1271/3 (X 3).

Fig. 4 et 5. — *Eurypterus störmeri* NOVOJILOV (nov. sp.). Coll. n° 1138/1 a et b (X 3).

Fig. 6 et 7. — *Hughmilleria* sp. indet. Coll. n° 979/85 et 972/50. (1/1 et X 3).

PLANCHE XIII

Fig. 1-5. — *Stylonurus ruedemanni* ? STÖRMER, 1933. Coll. n° 1220/1, 1220/5, 1220/3, 1220/9 et 1220/7. (X 2).

Fig. 6-7 — *Hughmilleria luta* ? STÖRMER, 1933. Coll. n° 1139/1. (1/1).

Sur un Vascoceras du Turonien du Blanc-Nez

(Pas-de-Calais) (1)

par J.-P. Destombes et J. Sornay

(Pl. XIV)

La craie noduleuse du Blanc-Nez nous a fourni une Ammonite rare, qui n'avait pas été citée à notre connaissance jusqu'ici dans le Boulonnais. Malgré qu'elle ait été trouvée dans un bloc, au pied de la falaise du Cap Blanc-Nez même, il n'y a aucune ambiguïté, étant donné le faciès noduleux de la craie dont elle est formée, sur son appartenance au Turonien moyen à *I. labiatus*, niveau qui a livré par ailleurs, comme on le sait, les Ammonites plus ou moins volumineuses qui figurent dans les collections régionales du Turonien du Boulonnais (*A. peramplus*, *lewisiensis*, *nodosoides*).

Il s'agit d'un très grand échantillon, déformé et corrodé, dont les dimensions approximatives sont les suivantes :

hauteur totale :	25 cm
diam. ombilical :	11 cm
haut. dernier tour :	7 cm
larg. dernier tour :	17 cm

(1) Note présentée à la séance du 16 avril 1958.

Cette forme est caractérisée par sa section très surbaissée, trapézoïdale. Le tour montre une région externe très large, sans côtes ni tubercules, faiblement bombée, se raccordant avec les flancs de façon très brusque. Le bord externe des flancs est orné de gros tubercules, au nombre d'une quinzaine sur le dernier tour. Les flancs forment une muraille ombilicale oblique, à peine incurvée, ornée seulement de quelques stries, et dessinent un ombilic en entonnoir évasé, assez large.

Notre échantillon rappelle *Plesioascoceras catinum* Mantell (1). Mais bien que la comparaison soit assez difficile avec l'espèce de Mantell figurée de trois-quarts, il est certain que l'ombilic de l'espèce anglaise est sensiblement plus grand que celui de la forme du Blanc-Nez, tandis que la région externe du tour est bien moins large.

Les affinités paraissent plus grandes avec *Plesioascoceras stantoni* Reeside (2). La section du tour est très voisine, un peu plus basse et large chez la forme française. Mais il y a cependant deux différences importantes : l'ombilic est nettement plus infundibuliforme chez notre espèce qui, surtout, ne montre déjà plus de côtes à une taille où *P. stantoni* en présente encore.

La ressemblance est plus faible avec *Pachyascoceras bernoise* Faraud (3) du Turonien du Gard dont la section est moins basse, la région externe plus bombée, les tubercules un peu moins nombreux et l'ombilic plus étroit. *Paramammites furoni* Faraud (4) du même niveau du Gard, bien que plus voisin de la forme du Blanc-Nez, s'en distingue nettement par la présence d'une double file de tubercules de part et d'autre du siphon.

La cloison est très voisine de celle de *P. stantoni* pour autant qu'on puisse en juger sur un échantillon aussi abîmé.

En conclusion, l'échantillon recueilli dans le Turonien du cap Blanc-Nez représente probablement une espèce nouvelle de *Plesioascoceras*, mais sa conservation est

trop insuffisante pour nous permettre de l'affirmer et nous nous contentons d'insister ici sur ses ressemblances avec *P. stantoni* Rees. du Turonien américain.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) MANTELL G. — Fossils of the South Downs. Londres 1822, p. 198, pl. 22, fig. 10.
- (2) REESIDE J.B. — A new fauna from the Colorado group of southern Montana. *U.S. geol. Surv. prof. Paper* 1923, n° 132 B, pl. 19, pl. 20, fig. 1-3, pl. 21.
- (3) FARAUD M. — Le genre *Vascoceras* dans le Turonien du Gard. *Bull. Soc. Etude Sci. nat. Vaucluse* 1940, t. II, p. 15, pl. 7, fig. 1, pl. 9, fig. 3.
- (4) FARAUD M. — *Ibidem.* p. 17, pl. 7, fig. 4, pl. 9, fig. 4.



TABLE DES MATIERES

Activité de la Société

Election et composition du Bureau de la Société pour 1958, p. 1 et 61. — Rapport de M. Puibaraud, Trésorier, sur l'état des finances de la Société, p. 61. — Réunion extraordinaire de la Société, le 8 mai 1958 à Cuise, p. 124. — Election de nouveaux membres, p. 2, p. 99, p. 212. — Séances ordinaires de la Société : 8 janvier, p. 1 ; 5 février p. 57 ; 5 mars, p. 71 ; 16 avril, p. 99 ; 4 juin, p. 127 ; 5 novembre, p. 183 ; 3 décembre, p. 212.

Excursions de la Société

Compte rendu de l'excursion du 8 mai dans la région de Cuise sous la présidence de M. R. Leroux, p. 124.

Distinctions honorifiques

M. G. Waterlot, Vice-Président de la Société Géologique de France, p. 2. — M. J. Danzé, Prix Paul Bertrand, p. 61. — M. J. Polvêche, Prix Gosselet, p. 61. — Madame

Morand et M. I. Godfriaux, Médaille Gosselet, p. 62. — M. P. Corsin, Membre Correspondant de l'Académie des Sciences (section Botanique), p. 183.

Présentation d'ouvrage

Mme S. Defretin prépare son mémoire de thèse intitulé « Contribution à l'étude des spongiaires siliceux du Crétacé du Nord de la France », p. 212.

Discours

M. le Chanoine G. Depape, p. 57. — M. R. Leroux, Président, p. 58 et p. 124.

Exposés de travaux

M. G. Waterlot a présenté une communication intitulée « Abaissement du niveau des nappes aquifères du Nord de la France depuis le début du siècle », par E. Leroux, J. Ricour et G. Waterlot, p. 62.

Stratigraphie

Brèches crayeuses à ciment de travertin, par R. Petit, p. 2. — La pipe de Naux et son site géologique, par A. Beugnies, p. 45. — Sur l'extension verticale de *Leaia tricarinata* Meek et Worthen, forme *minima* Pruvost, dans le houiller du Nord de la France, par A. Bouroz, p. 62. — Les formations de passage du Jurassique au Crétacé dans le Boulonnais, par A. Bonte et I. Godfriaux, p. 71. — Le quaternaire au puits 10 de Lens à Vendin-le-Vieil, par R. Petit et M. Buisine, p. 100. — La série stratigraphique et les tonstein du Westphalien C du Sud-Ouest de la concession de Nœux, par A. Bouroz, P. Dollé et G. Puibaraud, p. 108. — Gisement à goniatites « *Hudsonoceras*

proteum (Brown) » à la Fosse Sabatier dans la région de valenciennes, par J. Chalard, p. 127. — Les phtanites (quartzolithes) d'eau douce du Stéphanien cévenol et alpin, par J. Fabre, p. 198. — Le Jurassique du sondage de Saigneville, par A. Bonte, p. 229.

Pétrographie

Le Pipe de Naux et son site géologique, par A. Beugnies, p. 45. — Suite à une communication de Ch. Barrois du 15 décembre 1909 et Hypothèses sur la genèse de certains silex de la craie, par S. Defretin, p. 89. — La série stratigraphique et les tonstein du Westphalien C du Sud-Ouest de la concession de Nœux, par A. Bouroz, P. Dollé et G. Puibaraud, p. 108. — Les phtanites (quartzolithes) d'eau douce du Stéphanien cévenol et alpin, par J. Fabre, p. 198.

Paléozoologie

Sur l'extension verticale de *Leaia tricarinata* Meek et Worthen, forme *minima* Pruvost, dans le houiller du Nord de la France, par A. Bouroz, p. 62. — Gisement à goniatites « *Hudsonoceras proteum* (Brown) » de la fosse Sabatier de la région de Valenciennes, par J. Chalard, p. 127. — Mérostomates du Dévonien inférieur et moyen de Sibérie, par N.I. Novojilov, p. 243. — Sur un *Vasoceras* du Turonien du Blanc-Nez (Pas-de-Calais), par J.P. Destombes et J. Sornay, p. 258.

Tectonique

Le Pipe de Naux et son site géologique, par A. Beugnies, p. 45. — La structure du gisement de charbons gras du Pas-de-Calais et la notion de faille Reumaux, par A. Bouroz et M. Stiévenard, p. 146. — Une coupe à travers l'Ouarsenis oranais, par J. Polvêche, p. 172.

Puits et Sondages

La Fosse de recherche de Bouquemaison, par R. Petit, p. 136. — Le Jurassique du Sondage de Saigneville, par A. Bonte, p. 229.

Hydrogéologie

Sur divers aspects de la circulation des eaux souterraines. Application à la recherche de l'eau dans les calcaires, par A. Bonte, p. 183. — Les eaux profondes du Nord de la France et leur utilisation éventuelle, par A. Bonte, p. 212. — Remarques sur les variations du chimisme des eaux profondes de la craie, par G. Waterlot, p. 234.

Terrain primaire

Le Pipe de Naux et son site géologique, par A. Beugnies, p. 45. — Sur l'extension de *Leaia tricarinata* Meek et Worthen, forme *minima* Pruvost, dans le houiller du Nord de la France, par A. Bouroz, p. 62. — La série stratigraphique et les tonstein du Westphalien C du Sud-Ouest de la concession de Nœux, par A. Bouroz, P. Dollé et G. Puibaraud, p. 108. — Gisement à goniatites « *Hudsonoceras proteum* (Brown) » de la fosse Sabatier dans la région de Valenciennes, par J. Chalard, p. 127. — La structure du gisement du charbon gras du Pas-de-Calais à la notion de la faille Reumaux, par A. Bouroz et M. Stiévenard, p. 146. — Les phtanites (quartzolithes) d'eau douce du Stéphanien cévenol et alpin, par J. Fabre, p. 198. — Mérostomates du Dévonien inférieur et moyen de Sibérie, par N.I. Novojilov, p. 243.

Terrain secondaire

Les formations de passage du Jurassique au Crétacé dans le Boulonnais, par A. Bonte et I. Godfriaux, p. 71. — Turonien supérieur et Sénonien inférieur dans quelques puits des Concessions de Lens et de Liévin, par R. Petit et M. Buisine, p. 103. — Le Jurassique du Sondage de Saigneville, par A. Bonte, p. 229. — Remarques sur les variations du chimisme des eaux profondes de la craie, par G. Waterlot, p. 233. — Sur un *Vascoceras* du Turonien du Blanc-Nez (Pas-de-Calais), par J.P. Destombes et J. Sornay, p. 258.

Terrain quaternaire

Brèches crayeuses à ciment de travertin, par R. Petit, p. 2. — Nouvel affleurement de tangué sur la côte Ouest du Cotentin, par Y. Lemoigne, p. 30. — Le quaternaire du puits 10 de Lens à Vendin-le-Vieil, par R. Petit et M. Buisine, p. 100.



TABLE DES AUTEURS

BEUGNIES A. — Le Pipe de Naux et son site géologique	45
BONTE A. — Sur divers aspects de la circulation des eaux souterraines. Application à la recherche de l'eau dans les calcaires	183
BONTE A. — Les eaux profondes du Nord de la France et leur utilisation éventuelle	212
BONTE A. — Le Jurassique du Sondage de Saigneville	229
BONTE A. et GODFRIAUX I. — Les formations de passage du Jurassique au Crétacé dans le Boulonnais	71
BOUROZ A. — Sur l'extension verticale de <i>Levia tricarinata</i> Meek et Worthen, forme <i>minima</i> Pruvost, dans le houiller du Nord de la France	62
BOUROZ A., DOLLÉ P. et PUIBARAUD G. — La série stratigraphique et les tonstein du Westphalien C du Sud-Ouest de la concession de Nœux	108

BOUROZ A. et STIÉVENARD M. — La structure du gisement des charbons gras du Pas-de-Calais et la notion de la faille Reumaux	146
BUISINE M. et PETIT R. — Le Quaternaire au puits 10 de Lens à Vendin-le-Vieil	100
BUISINE M. et PETIT R. — Turonien supérieur et Sénonien inférieur dans quelques puits des concessions de Lens et de Liévin	103
CHALARD J. — Gisement à goniatites « <i>Hudsonoceras proteum</i> (Brown) » à la fosse Sabatier dans la région de Valenciennes	127
DESTOMBES J.P. et SORNAY J. — Sur un <i>Vascoceras</i> du Turonien du Blanc-Nez (Pas-de-Calais)	258
DEFRETIN S. — Suite à une communication de Ch. Barrois du 15 décembre 1909 et Hypothèses sur la genèse de certains silex de la craie	89
DOLLÉ P., BOUROZ A. et PUIBARAUD G. — La série stratigraphique et les tonstein du Westphalien C du Sud-Ouest de la concession de Nœux	108
FABRE J. — Les phtanites (quartzolithes) d'eau douce du Stéphaniens cévenol et alpin	198
GODFRIAUX I. et BONTE A. — Les formations de passage du Jurassique au Crétacé dans le Boulonnais	71
LEMOIGNE Y. — Nouvel affleurement de tangué sur la côte Ouest du Cotentin	30
NOVOJILOV N.I. — Mérostomates du Dévonien inférieur et moyen de Sibérie	243

PETIT R. — Brèches crayeuses à ciment de travertin	2
PETIT R. — La Fosse de recherche de Bouquemaison (1782-1786)	136
PETIT R. et BUISINE M. — Turonien supérieur et Sénonien inférieur dans quelques puits des con- cessions de Lens et de Liévin	103
POLVÊCHE J. — Une coupe à travers l'Ouarsenis oranais	172
PUIBARAUD G., BOUROZ A. et DOLLÉ P. — La série stratigraphique et les tonstein du Westphalien C du Sud-Ouest de la concession de Nœux	108
RICOUR J. — Observations à une note de M. Bonte	227
SORNAY J. et DESTOMBES J.P. — Sur un <i>Vascoceras</i> du Turonien du Blanc-Nez (Pas-de-Calais)	258
STIÉVENARD M. et BOUROZ A. — La structure du gisement des charbons gras du Pas-de-Calais et la notion de la faille Reumaux	146
WATERLOT G. — Remarques sur les variations du chimisme des eaux profondes de la craie	234

TABLE DES PLANCHES

- PLANCHE I. — Affleurement de tangué (note de M. Y. Lemoigne, p. 30).
- PLANCHE II. — Carte géologique des environs de Naux (note de M. A. Beugnies, p. 45).
- PLANCHE III. — Passage du Jurassique au Crétacé dans la tranchée de Wimille (note de MM. A. Bonte et I. Godfriaux, p. 71).
- PLANCHE IV. — Tonstein du Houiller du Pas-de-Calais et de la Ruhr (note de MM. A. Bouroz, P. Dollé et G. Puibaraud, p. 108).
- PLANCHE V. — *Hudsonoceras proteum* (Brown) (note de J. Chalard, p. 127).
- PLANCHE VI. — Fosse Sabatier. Voies au rocher couchant vers St-Georges à la sortie du puits naturel (note de MM. A. Bouroz et M. Stiévenard, p. 146).
- PLANCHE VII. — Structure du gisement des charbons gras du Pas-de-Calais (note de MM. A. Bouroz et M. Stiévenard, p. 146).

PLANCHE VIII. — Structure du gisement des charbons gras du Pas-de-Calais. Coupes verticales (note de MM. A. Bouroz et M. Stiévenard, p. 146).

PLANCHE IX. — Phtanite de Doulovy, bassin houiller des Cévennes. Stéphanien inférieur (note de M. J. Fabre, p. 198).

PLANCHE X. — Phtanite de Doulovy, lame parallèle à la stratification (note de M. J. Fabre, p. 198).

PLANCHE XI. — Phtanite de l'Assise de la Tarentaise (Stéphanien inférieur) (note de M. J. Fabre, p. 198).

PLANCHE XII. — Mérostomates du Dévonien inférieur et moyen (note de M. I. Novojilov, p. 243).

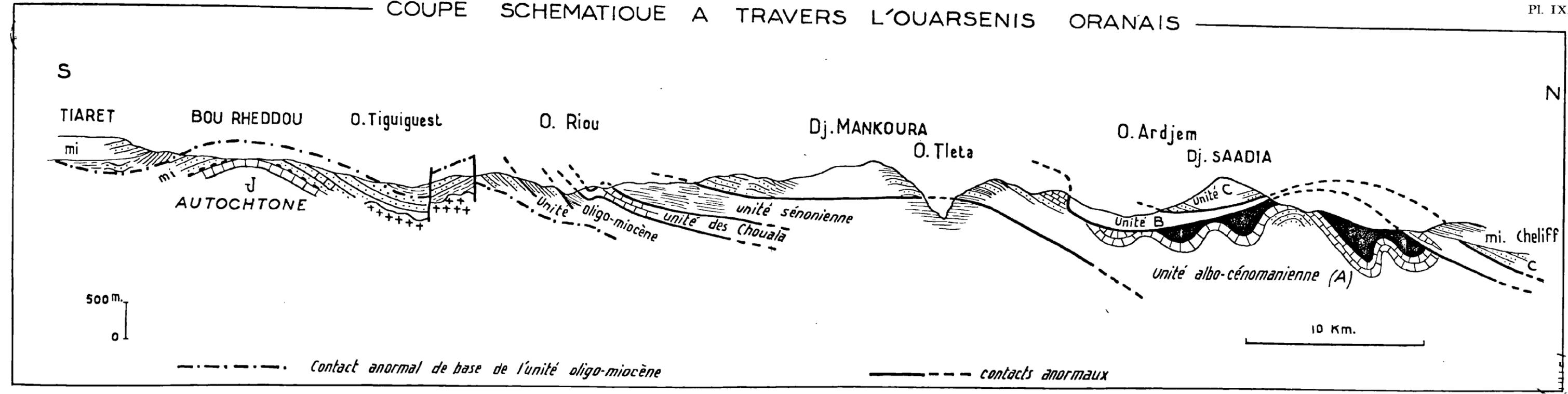
PLANCHE XIII. — Mérostomates du Dévonien inférieur et moyen (note de M. I. Novojilov, p. 243).

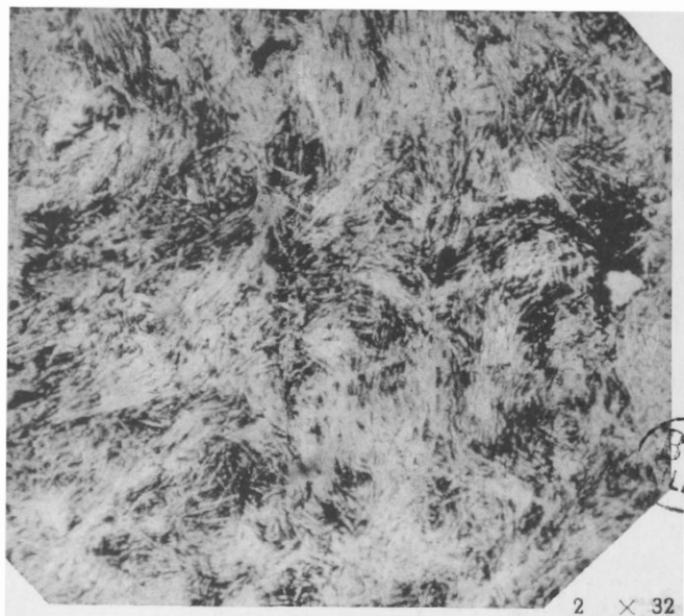
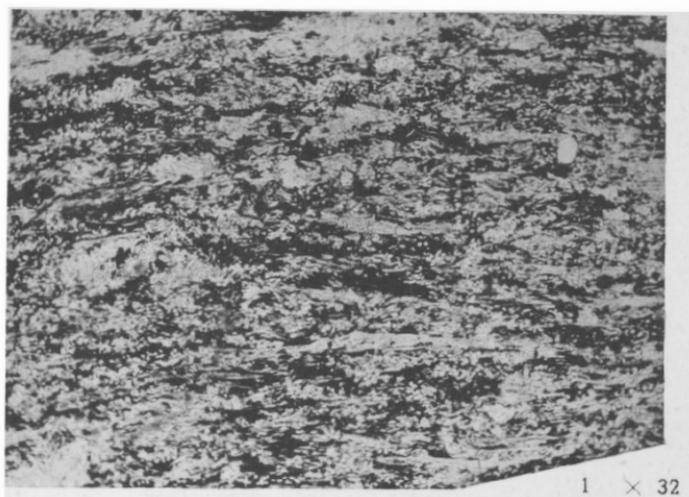
PLANCHE XIV. — *Plesiovascoceras catinum* Mantell (note de MM. J.-P. Destombes et J. Sornay, p. 258).

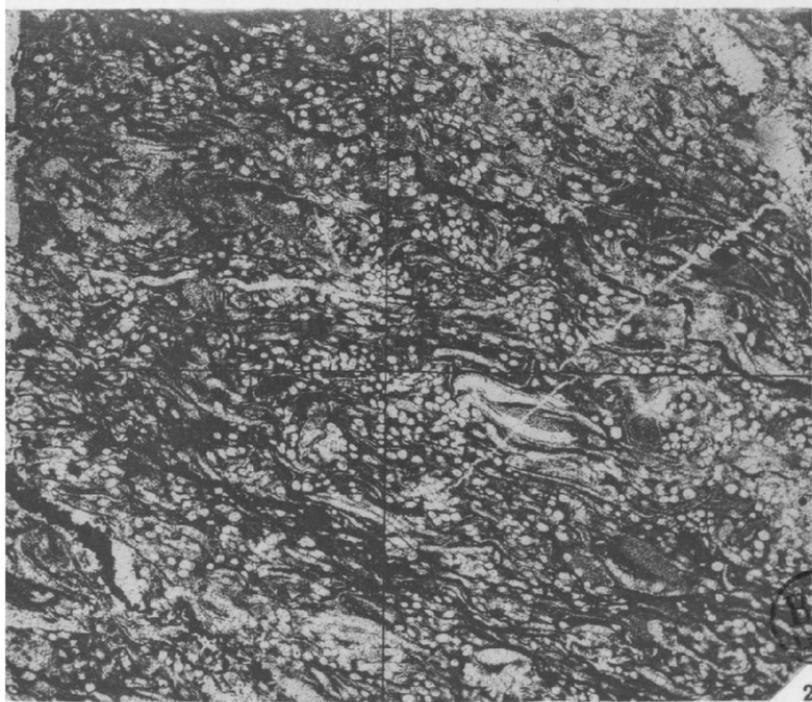
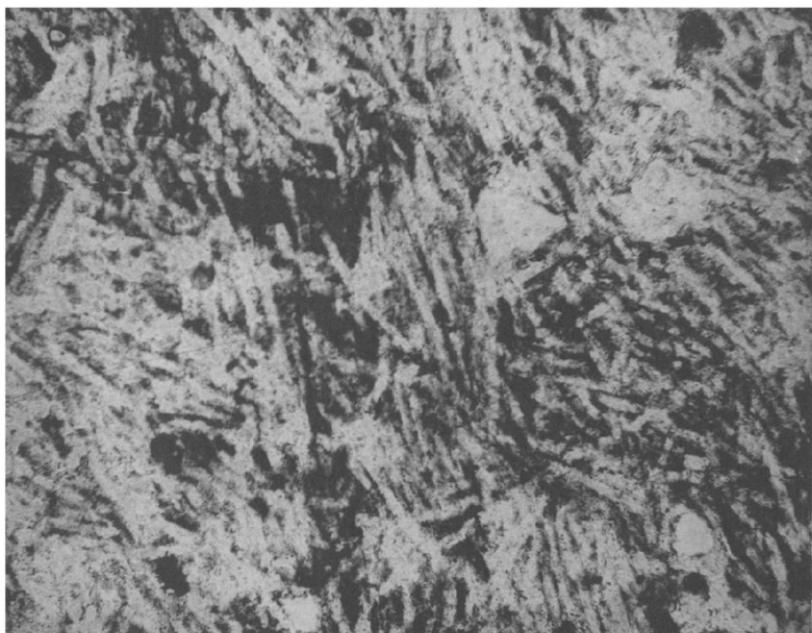


COUPE SCHEMATIQUE A TRAVERS L'OUARSENIS ORANAIS

Pl. IX.

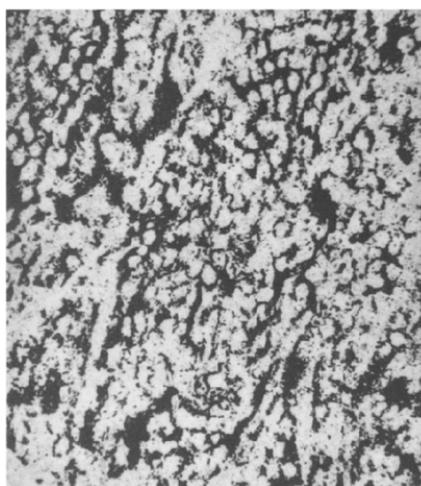








1



3



2



1



4



5



2



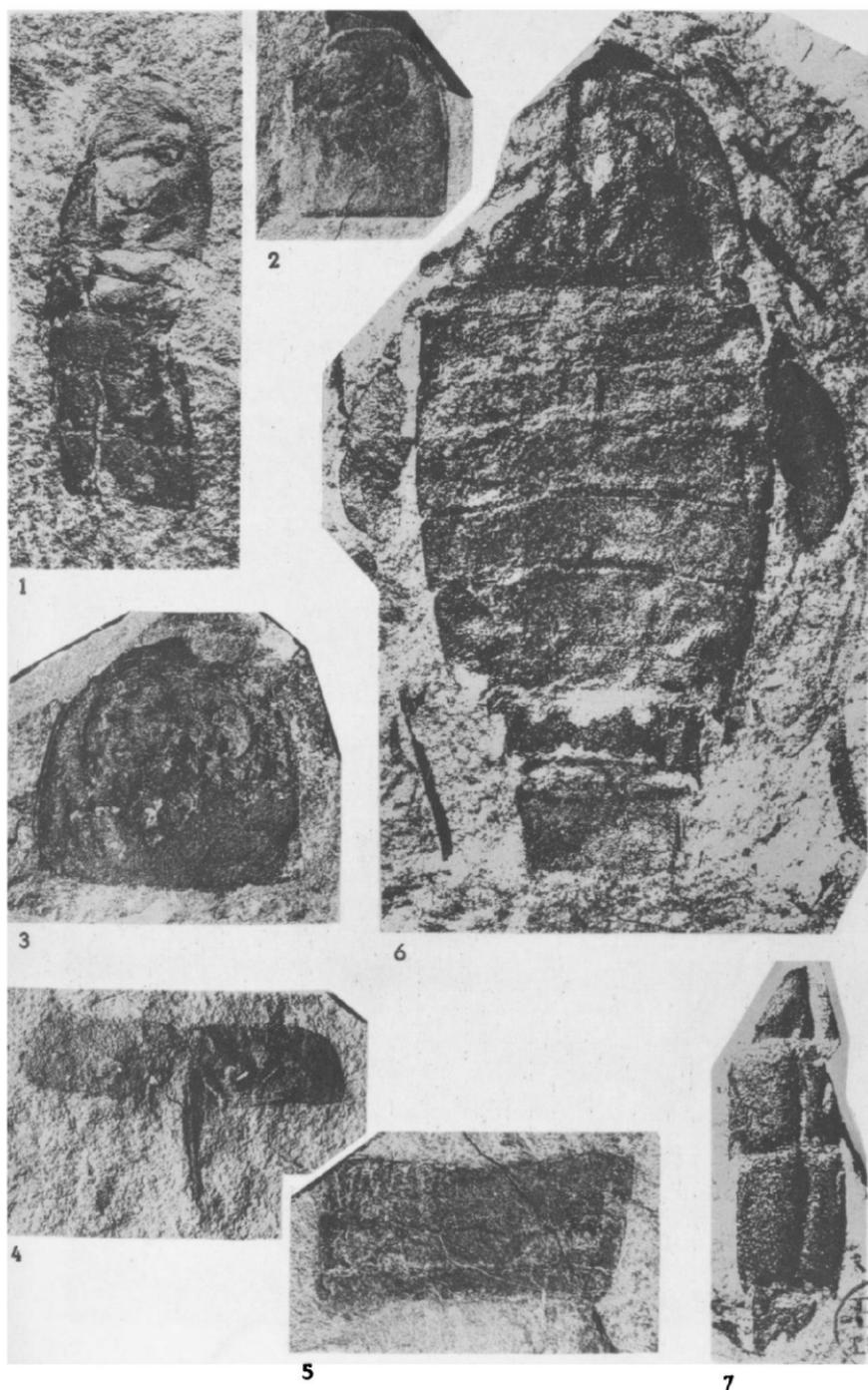
6

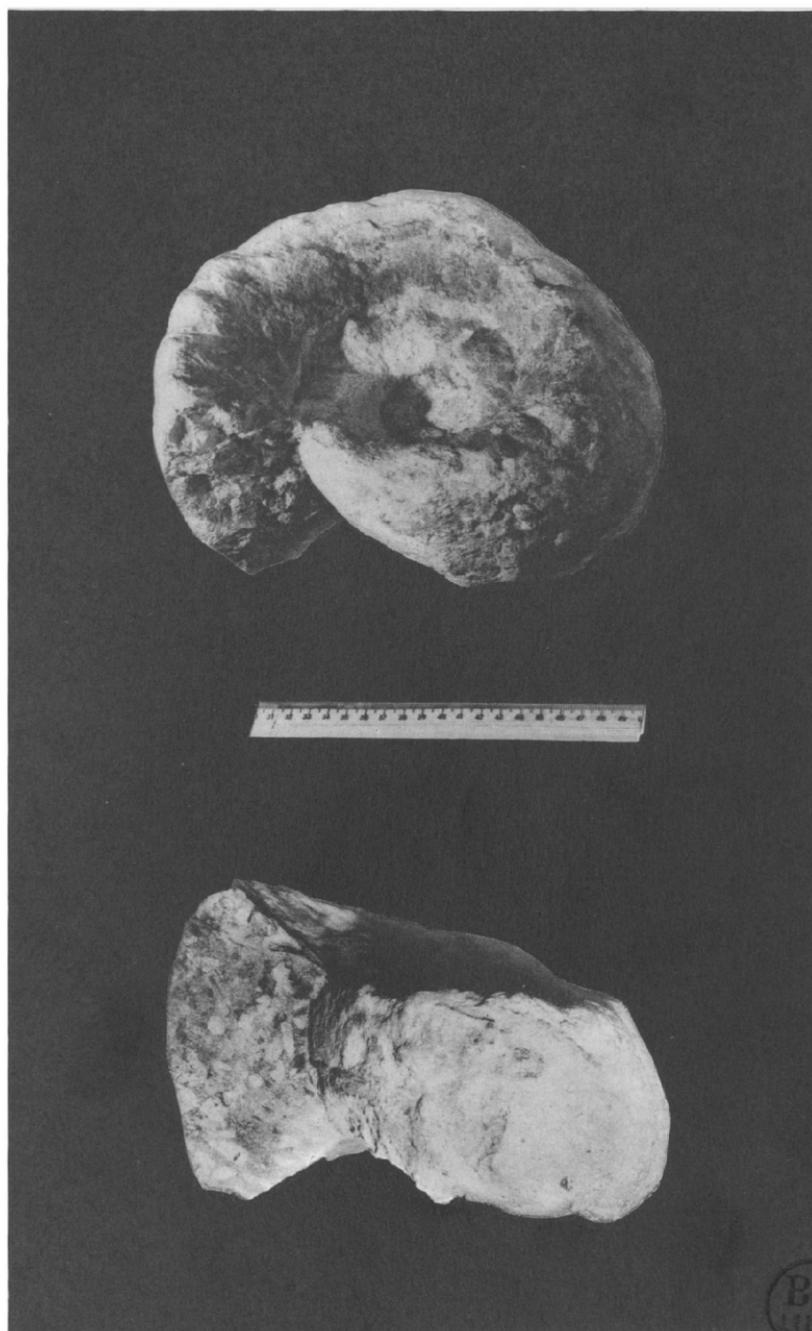


7



3





PLESIONASOCERAS sp. Cap Blanc Nez (Pas-de-Calais)