

SÉANCE MENSUELLE DU MARDI 18 FÉVRIER 1936

Présidence de M. C. CAMERMAN, membre du Conseil.

Le procès-verbal de la séance du 21 janvier est lu et approuvé.

Le Président fait excuser son absence.

M. Dumon adresse ses remerciements à la Société pour son élection comme membre du Conseil.

M. Masui remercie la Société de l'avoir accepté comme membre effectif.

Dons et envois reçus :

1° de la part des auteurs :

- 8915 *Asselberghs, E.* Notice sur la carte géologique de l'Angola au 2.000.000^e par F. Mouta et H. O'Donnell (Replublica Portuguesa. Ministerio das Colonias, Colonia, de Angola, 1933). Louvain, 1934, 3 pages.
- 8916 *Asselberghs, E.* et *Henke, W.* Contribution à la tectonique du Hunsrück et du Soonwald. Bruxelles, 1935, 8 pages.
- 8917 *Asselberghs, E.* et *Henke, W.* Le Siegenien et le Gedinien du Hunsrück et du Taunus. Bruxelles, 1935, 18 pages.
- 8918 *Bilibine, V.* Les méthodes de calcul des réserves de pétrole souterraines. Leningrad, 1936, 27 pages et 3 figures.
- 8919 *Delhaye, F.* Quelques remarques au sujet de la communication de M. de Magnée sur la région des Marungu (Katanga). Liège, 1934, 6 pages.
- 8920 *Delhaye, F.* Étude critique des essais de corrélation entre le Congo occidental et le Katanga. Liège, 1935, 34 pages et 5 figures.
- 8921 *Grosjean, A.* Indices de sollicitation tectonique horizontale dans le bassin houiller de la Campine belge. Bruxelles, 1935, 8 pages et 4 figures.
- 8922 *Grosjean, A.* Les traits essentiels du terrain houiller de la Campine. Bruxelles, 1936, 9 pages.
- 8923 *Jamotte, A.* Note sur quelques roches éruptives tourmalinifères de la région stannifère du Katanga. Bruxelles, 1935, 7 pages et 5 figures.
- 8924 *Loewinson-Lessing, F.* A contribution to the mechanics of intrusion. Washington, 1935, 14 pages et 1 figure.

- 8925 *Loewinson-Lessing, F.* Statistische charakteristik des chemismus der trachyte. Leningrad, 1933, 10 pages et 5 figures.
- 8926 *Loewinson-Lessing, F.* Sur deux relations entre les nombres atomiques et les poids atomiques des éléments chimiques. Leningrad, 1934, 10 pages.
- 8927 *Loewinson-Lessing, F.* Étude statistique du caractère chimique des basanites. Leningrad, 1935, 8 pages.
- 8928 *Loewinson-Lessing, F.* On a peculiar type of differentiation represented by the variolites of Yalguba in Karelia. Leningrad, 1935, 7 pages.

2° Périodiques nouveaux :

- 8929 *Bucarest.* Bulletin de la Société roumaine de Géologie. Vol. I (1932), vol. II (1935).
- 8930 *Ljubljana.* Glasnik. Muzejskega društva za Slovenijo. Letnik I-X. B: Prirodoslovni del. (1919-1929). Prirodoslovne razprave (pp. 1 à 339). (1933-1935).

Communications des membres :

E. DARTEVELLE. — *Évolution des Oursins de la tribu des Rotulidae* (Afrique occidentale) ⁽¹⁾.

Note sur l'« Arkose métamorphique » du Franc-Bois de Willerzie,

par F. CORIN, Ingénieur au Corps des Mines,
Géologue au Service géologique de Belgique.

(Pl. I.)

A un peu plus de 3 kilomètres au Sud de Willerzie, à l'Ouest de la route qui, partant de cette localité, se dirige dans la direction des Hauts-Butteaux et de Monthermé, débordant en partie sur cette route, se présente, en affleurement, une roche grossière, verdâtre, feuilletée, qui est l'« Arkose métamorphique du Franc-Bois de Willerzie ».

Sur la carte géologique au 1/40.000^e, feuille n° 201 Willerzie-Gedinne, dressée par J. GOSSELET, cette masse est considérée comme un appendice aux niveaux conglomératiques du Dévo-

⁽¹⁾ Un résumé de cette communication sera publié ultérieurement (note du Secrétariat).

nien inférieur qui borde le massif de Rocroi; elle barre ce massif à une faible distance de sa terminaison orientale.

L'aspect de la roche et ses cristaux bipyramidés de quartz avaient suscité des controverses, d'aucuns considérant qu'il s'agissait d'un porphyre laminé, tandis que d'autres n'y voyaient qu'une arkose métamorphique. Gosselet était partisan de l'origine métamorphique, origine qu'il admettait également pour une formation analogue, l'arkose de la place des archers, à Lammersdorf.

Nous donnerons une brève description pétrographique de l'arkose du Franc-Bois de Willerzie.

Cette roche est, dans la plus grande partie de sa masse, une mylonite dans laquelle la recristallisation et le laminage ont effacé la plupart des structures originaires. Le quartz y est en individus ou en agrégats de 1/2 à 2 millimètres de diamètre, empâtés dans une matrice sériciteuse et chloriteuse.

On y trouve, emballés, des fragments assez volumineux d'une roche moins laminée, qui est d'un autre caractère : la pâte de fond est largement chloriteuse, mêlée de séricite et, par places, de quartz finement granulé, qui lui donne un aspect felsitique; des plages de quartz et d'albite, incluant poecilitiquement des écailles de chlorite, y dessinent une structure qui est, typiquement, celle d'une prasinite (fig. 2).

Cette pâte englobe des individus de quartz limpide d'assez grandes dimensions, dont un grand nombre sont des cristaux presque parfaits, parfois fissurés en tous sens et recimentés par de la matière chloriteuse, presque toujours corrodés, avec large pénétration des échancrures; il en est d'autres de forme arrondie par une corrosion plus sévère (fig. 1 à 3).

Ces cristaux sont primaires, vierges d'inclusions de la pâte et, presque toujours, frangés d'auréoles d'accroissement qui présentent les caractères du quartz de la pâte et, notamment, ses inclusions (fig. 1 et 2).

La nature de la masse, semblable à une prasinite, et les caractéristiques des phénocristaux de quartz, identiques à ceux des porphyres, permettent d'affirmer que la roche du Franc-Bois de Willerzie est bien d'origine éruptive. C'est une mylonite provenant d'un microgranite ou d'une microdiorite, intercalée dans le massif de Rocroi, et correspondant vraisemblablement à une zone de glissement.

La roche en question rentre dans ces formations métamorphiques auxquelles j'ai fait allusion dès 1931; un autre exemple, assez analogue, est celui des roches vertes de Séviscourt.

Les niveaux conglomérés du Gedinnien inférieur du massif de Rocroy renferment, localement, des intercalations de roches verdâtres qui pourraient avoir également une origine éruptive ou mixte; la question est pourtant délicate et il faudrait éviter de conclure du particulier au général. On se souviendra que j'ai classé parmi les tuffites les arkoses de la chapelle Notre-Dame-de-Lorette, à Remagne, d'âge gedinnien, et celles de Lembecq et de Clabecq, dans le Brabant, qui, elles, sont dans le Cambrien. Il s'y mêle une forte proportion de matériel sédimentaire.

-
1. BARROIS, CH., Sur l'analogie des roches du Franc-Bois avec certaines porphyroïdes. (*Ann. Soc. géol. du Nord*, t. X, p. 205. Lille, 1883.)
 2. — Sur l'analogie des roches du Franc-Bois avec certaines porphyroïdes, celles des Buttés, celles de la Passée-Colmar, etc. (*Bull. Soc. géol. de France*, 3^e sér., t. XI, p. 666, 1883.)
 3. GOSSELET, J., Compte rendu de l'excursion de la Société géologique de France au Franc-Bois... (*Ibid.*, p. 659.)
 4. — Note sur l'arkose de Haybes et du Franc-Bois de Willerzie. (*Ann. Soc. géol. du Nord*, t. X, p. 194. Lille, 1883.)
 5. — Note sur le Bassin de l'Ardenne et sur les Arkoses métamorphiques. (*Bull. Soc. géol. de France*, 3^e sér., t. XI, p. 662, 1883.)
 6. — *L'Ardenne*, 1888.
 7. CORIN, F., Session extraordinaire de la Société belge de Géologie et de la Société géologique, à Libramont, septembre 1931. (*Bull. Soc. belge de Géol.*, t. 41, p. 340. Bruxelles, 1932, et *Ann. Soc. géol. de Belgique*, p. 414. Liège, 1932.)

EXPLICATION DE LA PLANCHE I

- FIG. 1. — Arkose du Franc-Bois de Willerzie. Quartz bipyramidé et largement corrodé, avec auréole de quartz secondaire. Lumière polarisée. ×66.
- FIG. 2. — Arkose du Franc-Bois. Pâte de fond, aspect de prasinite et phénocristal de quartz corrodé (la corrosion apparaît par une perforation dans le cristal). Lumière ordinaire. ×23.
- FIG. 3. — Arkose du Franc-Bois. Même roche, en lumière polarisée.
-

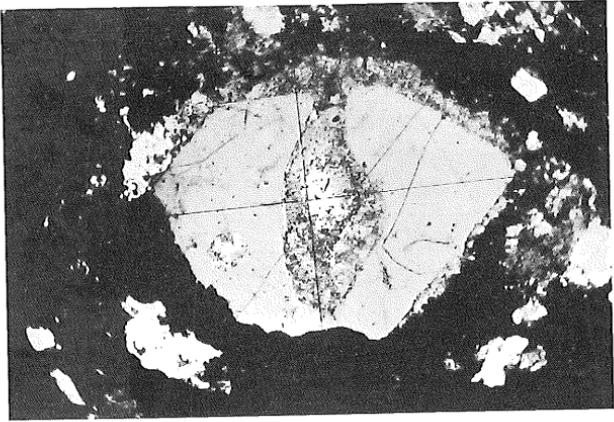


FIG. 1

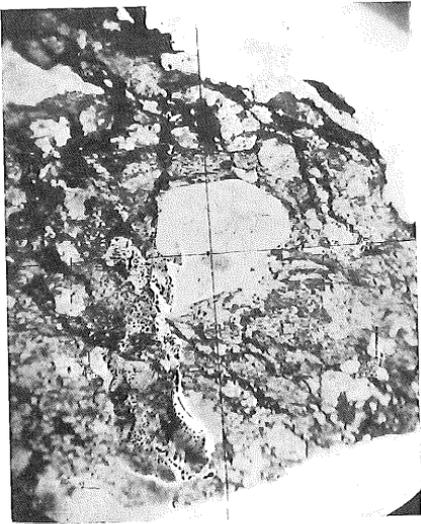


FIG. 2

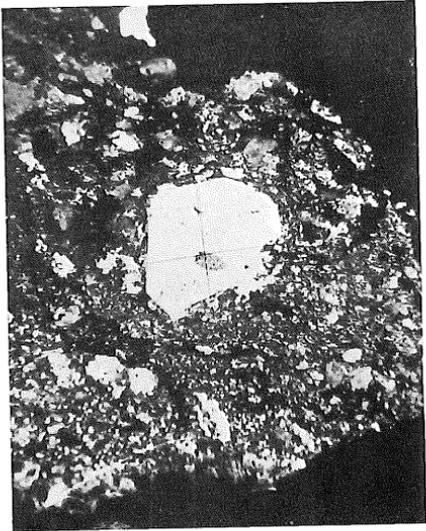


FIG. 3

F. CORIN. — « ARKOSE MÉTAMORPHIQUE » DE WILLERZIE.

Présentation de Trochilisques nord-américains,

par ARMAND HACQUAERT.

Dans une note parue en 1932, nous avons signalé l'existence des genres *Sycidium* et *Trochiliscus* dans le « Mississippian » (Dinantien) de l'État de Missouri (États-Unis) ⁽¹⁾. Nous nous basions sur des spécimens qu'il nous avait été donné d'examiner dans les collections du Prof^r J. Pia, au Naturhistorisches Museum de Vienne. Nous ignorions à ce moment que ces fossiles avaient été envoyés au Musée par le D^r Raymond E. Peck, de l'Université de Missouri, à Columbia, Mo. Ce n'est qu'en 1935 que M. Peck nous communiqua ce détail.

Dès 1932, nous attirions l'attention sur la distribution des Trochilisques dans l'échelle stratigraphique et nous déclarions que, même si l'on trouvait *Sycidium* dans une roche, cela ne suffisait pas à prouver l'âge dévonien de la formation ⁽²⁾. Cette conclusion a été confirmée en 1934 par la publication d'un mémoire de M. Peck ⁽³⁾, que nous avons l'honneur d'offrir à la bibliothèque de la Société, de la part de l'auteur ⁽⁴⁾.

Comme le problème de l'âge des Trochilisques, spécialement du genre *Sycidium*, a une certaine importance pour les géologues du Congo ⁽⁵⁾, — quoique l'on ait montré à plusieurs reprises l'inexactitude de certaines déterminations —, je crois bien faire en donnant ici les principaux résultats du travail de M. Peck.

1. Le genre *Sycidium*, jusqu'ici inconnu en Amérique, y est représenté par deux espèces nouvelles.

(1) A. L. HACQUAERT, Notes sur les genres *Sycidium* et *Trochiliscus*. (*Bull. du Mus. roy. d'Hist. natur. de Belgique*, t. VIII, n° 30, 22 pp., 10 fig. Bruxelles, 1932, pp. 16 et 17 [note].)

(2) A. L. HACQUAERT, A propos d'une note de M. B. Choubert sur des fossiles du Calcaire rose (système du Kundelungu) au Katanga. (*Bull. de la Soc. belge de Géologie*, t. 42, pp. 59-62. Bruxelles, 1932, p. 61.) — IDEM, A propos des fossiles découverts dans les roches du système du Kundelungu au Katanga (Congo belge). (*Acad. roy. de Belgique, Bull. de la Cl. des Sc.*, 5^e sér., t. 18, pp. 256-268. Bruxelles, 1932, p. 262.)

(3) R. E. PECK, The North American Trochiliscids, Paleozoic Charophyta. (*Journal of Paleontology*, vol. 8, pp. 83-119. pl. 9-13, 1934.)

(4) Bibliothèque de la Société belge de Géologie, n° 8935.

(5) Voir notamment de : Compte rendu de la réunion des Géologues du Bas-Congo. Paris, 22 avril 1933. (*Chronique des Mines coloniales*, 2^e année, n° 15, pp. 300-308. Paris, 1933, pp. 303-305.)

2. *Sycidium* et *Trochiliscus* ont été trouvés, dans l'État de Missouri, à un niveau bien supérieur à celui où ces fossiles avaient été signalés jusqu'ici.

3. Les Trochilisques reconnus jusqu'ici aux États-Unis se répartissent dans les différentes formations du Dévonien moyen, du Dévonien supérieur et du Mississippien inférieur. Le graphique ci-joint (fig. 1), établi par Peck, donne un aperçu de cette

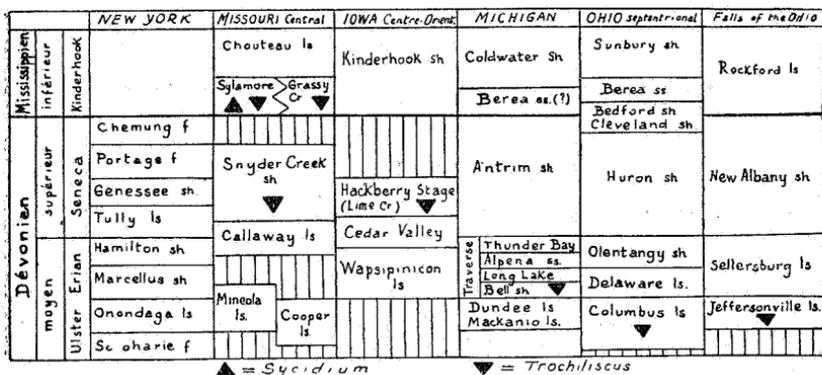


FIG. 1.

répartition : *Trochiliscus* est connu depuis le Dévonien moyen inférieur (*Columbus limestone* de l'Ohio septentrional) jusqu'au Sylamore (Mississippien inférieur du Missouri central). *Sycidium* n'a encore été trouvé que dans cette dernière formation.

4. Les exemplaires de Trochilisques examinés sont silicifiés. Les spécimens de *Trochiliscus* montrent en certains cas, outre les cellules spiralées bien connues, les cellules de la coronula et la membrane de l'oosphère. Aussi, Peck n'hésite-t-il pas à assimiler le genre *Trochiliscus* aux oogones de Charophytes, malgré le nombre, variable d'après les espèces, des cellules spiralées, malgré leur enroulement se faisant vers la droite (et non vers la gauche, comme chez les Characées) et malgré leur présence dans des formations marines. Le rattachement des Sycidiacées aux Charophytes reste plus problématique.

5. Au total, Peck signale 16 espèces, dont 14 (11 nouvelles) se rapportent au genre *Trochiliscus* et 2 (nouvelles) au genre *Sycidium*.

*
**

Nous avons le plaisir de présenter aux membres de la Société une centaine de spécimens de Trochilisques, que le D^r Peck a bien voulu nous donner lors d'un séjour que nous fîmes à Columbia en 1935. Nous avons d'ailleurs pu récolter nous-même, sous la bienveillante conduite de notre collègue américain, des échantillons de schistes tendres renfermant ces fossiles.

Gand, Université de l'Etat.
Laboratoire de Géologie.

Revision de la coupe en Houiller du sondage de Buvrinnes-Station,

par ARMAND RENIER.

Le Secrétariat des *Annales des Mines de Belgique* s'est, dès 1912, efforcé de divulguer les résultats fournis par « Les sondages et travaux de recherche (exécutés) dans la partie méridionale du bassin houiller du Hainaut » ⁽¹⁾. Malheureusement, et tout comme il en avait été, une dizaine d'années auparavant, à l'occasion des forages exécutés en Campine pour la recherche de la houille, nombreuses ont, une fois de plus, été les descriptions rédigées de façon sommaire, même à propos du Houiller. Plus encore qu'en Campine, où les complications tectoniques sont relativement peu nombreuses, les documents de cette sorte, souvent simples copies des journaux de sondage, sont, dans le cas du Hainaut, réellement fallacieux. Aussi les études basées sur semblables données s'avèrent-elles finalement inexactes. Ainsi en a-t-il été surtout avant 1914. Dans la suite, ce furent le plus souvent les descriptions établies au cours de l'examen approfondi des échantillons qui furent publiées, sinon intégralement, tout au moins de façon suffisamment complète; certaines sont d'ailleurs accompagnées d'une note où est esquissée l'interprétation probable proposée par l'auteur de la description. Pour rendre complète et plus homogène la documentation disponible, il resterait à reprendre le cas des sondages dont il n'a été publié qu'une coupe sommaire.

En ce qui concerne le sondage n° 15 ou de Buvrinnes-Station,

(1) Cf. *Annales des Mines de Belgique*, t. XVII, pp. 445, 685, 1137; t. XVIII, pp. 253, 597, 935, 1219; t. XIX, pp. 238, 507, 803; t. XX, p. 1434; t. XXI, pp. 77, 763, 1111, 1501; t. XXII, pp. 185, 605, 923, 1197; t. XXIII, pp. 123, 493, 1003; t. XXIV, p. 1049; t. XXV, pp. 197, 639; t. XXVI, p. 95.

foré pour le compte de la Société anonyme hennuyère de Recherches et d'Exploitations minières ⁽¹⁾, M. X. Stainier a, dès 1912, publié ici même ⁽²⁾, d'après les échantillons conservés dans les collections du Service géologique de Belgique, une description complémentaire de la traversée « du massif du Midi ». Quant à la partie essentielle de la coupe, celle de la recoupe en Houiller, on a dû, jusqu'ici, s'en référer, pour la description des terrains traversés sur 181^m20 de hauteur, au texte en 38 lignes inséré aux *Annales des Mines*. La collection des échantillons remis au Service géologique étant relativement complète, je crois utile d'en donner ici un aperçu, puisqu'aussi bien il ne semble plus exister d'autre source d'information.

Déjà M. Stainier avait eu l'occasion de rectifier la description publiée dans les *Annales des Mines de Belgique* en ce qui concerne la recoupe de la faille du Midi; elle a eu lieu, non pas à la profondeur de 500^m50, mais à celle de 495^m60, soit vers la cote —309. La collection d'échantillons se poursuit, non pas seulement jusqu'à la profondeur de 676^m80 mentionnée aux *Annales des Mines de Belgique*, mais jusqu'à celle de 810 mètres. Le sondage n'a donc été abandonné que vers la cote —623; c'est là, comme on le constatera, un fait de grande importance.

Ainsi que M. X. Stainier l'a déjà signalé, le sondage de Buvrinnes-Station a été foré par rodage à l'aide d'une machine Sullivan. En conséquence, le diamètre des carottes est assez faible. Il semble que la réduction du diamètre ait même nécessité un élargissement de la profondeur de 631^m35 à celle de 650 mètres. Néanmoins, à la reprise le carottage n'a été poursuivi qu'au diamètre de 50 millimètres. Le trou aurait été abandonné par accident, un bris de tiges, et la sonde serait restée au fond du trou.

Au surplus, le Service géologique de Belgique a reçu, non pas la collection complète des témoins, mais seulement des fragments de carottes prélevés de distance en distance, au total une petite centaine. La coupe reste donc fragmentaire. Néanmoins, faute de mieux, le détail des observations présente un intérêt certain.

(1) Cf. *Annales des Mines de Belgique*. Bruxelles, 1912, t. XVII, pp. 738-740.

(2) *Bulletin de la Société belge de Géologie*. Bruxelles, 1912, t. XXVI, proc.-verb., pp. 237-242.

Diamètre des carottes : 65 mm.

N ^{os}	Profondeur.	
113	493.20	Grès quartzite gris verdâtre, pyriteux, terminé par un joint glissé, vert poireau, incliné à 25°.

Faille du Midi.

114	495.60	Schiste gris, glissé et légèrement gaufré. Inclinaison 40°.
115	500.50	Schiste gris noirâtre, compact, glissé et disloqué.
116	504.00	Schiste noir, broyé dans la masse.
117	512.05	Schiste gris, miroirs de glissement rapprochés, inclinés à 20°.
118	513.25	Schiste gris à nodules carbonatés plats, glissé et disloqué.
119	518.05	Schiste gris, compact; débris de végétaux hachés comme paille. Inclinaison 28°. Clivage 45°.
120	523.05	Schiste gris, glissé et clivé.
121	527.05	Schiste gris foncé, compact, finement micacé. Inclinaison 36°.
122	532.05	Schiste gris foncé, compact. Inclinaison 28°. Joints glissés. Clivage.
123	537.10	Schiste gris avec mince passée de grès gris fissuré. Allure dérangée.
124	542.00	Schiste gris, compact, dérangé. Inclinaison 45° (?).
125	551.30	Schiste gris, tout plissoté. Inclinaison d'ensemble 58°.
126	558.40	Schiste gris foncé, disloqué. Petits miroirs de glissement.
127	560.50	Schiste gréseux, gris foncé, plissoté.
128	562.50	Grès gris brunâtre clair, compact, avec macules charbonneuses.
129	564.55	Même grès grossier.
130	566.05	Schiste gris, froissé dans la masse. Inclinaison 25°.
131	567.05	Schiste gris passant à un schiste psammitique. Inclinaison 28°. Glissements disloqués en stratification.
132	567.95	Houille (le Service géologique n'a jamais reçu d'échantillon).
133	568.55	Schiste gris, gaufré et glissé, profondément disloqué.
134	569.55	Schiste gris avec nodules carbonatés, fissuré.

Diamètre des carottes : 50 mm.

135	573.75	Grès gris grossier.
136	575.85	Schiste psammitique. Inclinaison sensiblement nulle.
137	580.95	Schiste psammitique, grossièrement zonaire. Inclinaison 30°.
138	583.25	Schiste gris foncé, compact. Petits nodules carbonatés. Radicelles de <i>mur</i> .

Nos	Profondeur.	
139	585.50	Schiste gris foncé, avec bancs carbonatés, fissurés. Glissements.
140	586.70	Schiste gris, compact, avec nodules carbonatés. Clivage.
141	588.25	Schiste compact, gris, légèrement zonaire. Glissements presque horizontaux.
142	592.40	Schiste gris noirâtre, à nodules carbonatés. Roche scailleuse.
143	594.10	Schiste gris, gaufré par clivages très rapprochés. Bandes carbonatées. Allure subhorizontale.
144	596.65	Schiste gris, glissé. Clivages rapprochés inclinés à 55°. Aspect gaufré.
145	601.35	Schiste gris. Miroirs de glissement subhorizontaux. Clivages.
146	603.90	Schiste gris, disloqué.
147	606.90	Schiste gris, psammitique, disloqué.
148	610.00	Schiste gris, compact, finement clivé. Rares radicules de <i>mur</i> .
149	612.30	Schiste gris foncé, compact, disloqué.
150	615.15	Schiste gris foncé, compact. Radicules de <i>mur</i> . Inclinaison probable : 30°.
151	618.45	Schiste gris foncé, disloqué. Glissement incliné à 55°.
152	621.20	Schiste gris compact. Débris de feuille aciculaire.
153	624.20	Schiste gris compact. Inclinaison 28°. Traces de clivages.
154	626.90	Schiste disloqué, glissé et froissé.

Diamètre des carottes : 35 mm.

155	631.35	Schiste gris, compact, finement micacé, débris de feuilles aciculaires.
156	632.60	Schiste gris, compact. Nodules carbonatés. Glissements.
157	635.60	Schiste gris, finement micacé. <i>Sinusites</i> . Inclinaison 25°.
158	636.30	Schiste gris, compact. Mince passée carbonatée. Inclinaison 15°.
159	638.55	Schiste gris foncé à nodules carbonatés, capricieux. Radicules de <i>mur</i> .
160	639.85	Schiste gris, compact.
161	642.25	Schiste gris, compact, micacé, à joints noirs. Inclinaison 35°.
162	643.95	Schiste gris, compact, disloqué.
163	644.95	Schiste gris, compact, glissé en stratification et clivé. Inclinaison 22°.
164	647.25	Schiste gris légèrement bistre. Radicules de <i>mur</i> . Petits nodules carbonatés. Glissé et froissé dans la masse.
165	648.75	Même roche. Nodules carbonatés. Radicules de <i>mur</i> .

Nos Profondeur.

166 649.85 Schiste gris compact. Petits nodules carbonatés. Radicelles de *mur*. Inclinaison probable : 35°. Miroirs de glissement très redressés.

Diamètre des carottes : 60 mm.

167 650.00 Schiste gris, dense, légèrement bistre. Radicelles de *mur*.

168 652.50 Schiste gris foncé, compact, glissé en stratification. Inclinaison 32°. Amorce de clivage.

Diamètre des carottes : 50 mm.

169 654.60 Schiste gris, compact, carbonaté, tout disloqué par courts glissements dirigés en tous sens dans la masse. Radicelles de *mur* ?

170 660.10 Schiste gris, quelques radicelles de *mur*. Très disloqué.

171 665.00 Schiste gris, compact, psammitique, à joints noirs. Inclinaison 35°.

172 667.10 Schiste gris, glissé, tout plissé dans la masse. Traces de radicelles de *mur*.

173 670.70 Schiste gris, nodules carbonatés.

174-177 Pas d'échantillons.

178 676.80 Grès gris, carbonaté.

179 681.09 Schiste carbonaté avec quelques radicelles de *mur*.

180 683.80 Schiste gris avec nodules carbonatés, intensément clivé.

181 686.40 Schiste gris, compact. Glissements en stratification. Clivages redressés. Inclinaison 50°.

182 690.85 Schiste gris, compact. Radicelles de *mur*. Glissements divers. Clivage.

183 693.90 Schiste gris, clivé, plus ou moins gaufré, très disloqué.

184 695.65 Schiste gris, compact, doux, bouleversé dans sa masse.

185 700.55 Schiste dense, clivé, gaufré par clivages serrés. Tout disloqué. Inclinaison probable (miroirs de glissement) : 20°.

186 705.30 Schiste gris, compact. Radicelles de *mur*.

187 709.10 Schiste gris, compact, légèrement carbonaté. Paille hachée.

188 711.24 Schiste gris, compact.

Diamètre des carottes : 35 mm.

189 713.55 Schiste gris, compact, finement micacé.

190 714.25 Schiste gris, avec nodules carbonatés.

191 715.85 Schiste gris, compact, assez gréseux.

192 722.10 Schiste gris à nodules carbonatés.

193 725.60 Schiste gris, très clivé, plus ou moins gaufré.

Nos	Profondeur.	
194	730.65	Même roche.
195	733.80	Schiste gris, compact, zonaire. Inclinaison 45°.
196	735.25	Schiste gris, glissé et clivé, très disloqué.
197	739.18	Schiste gris, micacé, compact. Glissement ondulé incliné à 50°.
198	749.33	Schiste gris, finement zonaire. Inclinaison 30°. Joint glissé. Clivage à 50°.
199	753.99	Schiste gris, compact, disloqué par glissements.
200	756.94	Schiste gris, compact.
201	760.49	Schiste gris, compact, glissements en stratification. Inclinaison 40°. Clivage.
202	765.04	Schiste gris, radicelles de <i>mur</i> . Assez disloqué.
203	767.01	Schiste gris, compact.
204	770.39	Schiste gris foncé, compact, Glissements.
205	774.81	Schiste gris, compact. Rares radicelles de <i>mur</i> .
206	777.51	Schiste gris foncé, compact, dérangé.
207	781.80	Schiste gris foncé, dérangé.
208	785.91	Schiste gris foncé, compact. Inclinaison très faible. Clivage peu développé. Roche assez saine.
209	788.86	Schiste gris, compact, fin. Radicelles de <i>mur</i> .
210	791.16	Schiste gris. Glissements. Clivage peu développé.
211	794.86	Schiste gris, compact. Petits nodules carbonatés. Miroirs de glissement.
212	798.41	Schiste gris, compact, à nodules carbonatés. Glissements en stratification inclinés à 55°.

Arrêté à 810^m00.

Faute d'échantillons, il n'est pas possible de préciser la qualité des houilles rencontrées. D'après une donnée consignée dans les archives de l'Administration des Mines, la veine, sans mur, ni au-dessus, ni au-dessous, traversée entre les profondeurs de 567^m95 et 568^m55, titrait 10 % de matières volatiles; mais la teneur en cendres n'est pas précisée. Cette donnée peut néanmoins être tenue pour preuve que, dans sa partie supérieure, le sondage a traversé des assises namuriennes (*vulgo* du « Houiller inférieur »). Quant à une interprétation plus poussée de cette coupe, seule une étude d'ensemble pourrait la justifier. Il reste en tous cas acquis que, contrairement à certaine opinion ⁽¹⁾, le sondage n° 15 a bien, au-dessous « du massif du Midi », recoupé du Houiller et non du Dévonien supérieur.

(1) Cf. *Ann. des Mines de Belgique*, 1920, t. XXI, p. 920.

Y A-T-IL ENCORE DES BASSINS HOULLERS INCONNUS DANS LE NORD-OUEST DE L'EUROPE ?

par X. STAINIER,

Professeur émérite à l'Université de Gand.

(Pl. II.)

Il y a un événement géologique qui ne manque jamais de faire sensation, non seulement dans le monde des intéressés, mais encore dans le grand public : c'est la découverte d'un nouveau bassin houiller ou celle d'une extension importante et inattendue d'un bassin déjà connu.

Les conséquences capitales et de tous genres, qui résultent de pareille découverte, sautent aux yeux de tous, car il n'est plus personne qui ignore le rôle de premier plan que le charbon joue dans notre civilisation.

En pareille circonstance, il est rare que les gens du métier ne s'entendent pas poser les questions suivantes : Comment a-t-on fait pour découvrir ce nouveau bassin ? Ou bien : Y a-t-il encore d'autres bassins à découvrir ? Le présent travail a pour but, précisément, de répondre à ces deux questions.

On peut se demander s'il y a urgence ou même simple opportunité à répondre à ces demandes. De l'urgence, il n'y en a certes pas. Le temps n'est plus où l'on pouvait agiter, même dans les assemblées parlementaires, le spectre de l'épuisement prochain des bassins houillers et profiter du petit frisson que cette perspective ne manque pas de produire, pour amener ces assemblées à émettre les votes les plus déconcertants.

Les découvertes, tout particulièrement dans le Nord-Ouest de l'Europe, ont été si importantes, que nous pouvons nous tranquilliser. Ni nous, ni nos descendants immédiats, nous ne verrons la fin de nos gisements actuels, étant donné, aussi, que la consommation du combustible solide, la houille, est en continue décroissance, par suite de l'apparition de concurrents puissants. Aussi nous sommes manifestement en période de crise charbonnière et la première conséquence de cette crise c'est d'avoir suspendu, partout, à peu près toute recherche et découverte de gisements nouveaux. Dans cet ordre d'idées, c'est partout le calme plat.

J'estime que c'est le moment le plus favorable pour étudier, dans les meilleures conditions, les problèmes délicats que soulèvent les réponses à faire aux questions susdites. Il est irrationnel de faire ce que l'on a fait jusqu'à présent, c'est-à-dire

de soulever ces problèmes dans les périodes de nervosité et de fièvre qui caractérisent les courtes phases de grande prospérité industrielle et financière. On ne jouit pas, alors, du calme et de la sérénité d'esprit indispensables pour trouver les meilleures solutions. On est trop enclin à pencher vers des solutions hâtives. Et, si hâtives qu'elles soient, ces solutions arrivent encore trop tard, tant les périodes de prospérité sont courtes. Aussi il me semble bien plus logique de placer sur le métier ces questions quand personne ne demande la réponse, ce qui les débarrassera de toutes les contingences nuisibles. Les solutions, beaucoup plus mûries, seront alors à la disposition des techniciens et de leurs auxiliaires indispensables, les financiers, lors de la prochaine reprise, si besoin en est.

Je compte diviser ce travail en deux parties correspondant aux deux questions ci-dessus, et l'ordre logique à suivre se devine aisément.

PREMIÈRE PARTIE.

COMMENT DÉCOUVRE-T-ON UN NOUVEAU BASSIN HOULLER ?

Un corps de connaissances humaines spéciales cesse d'être un art et peut aspirer au titre de science le jour où, grâce à ces connaissances, on peut prévoir l'avenir ou découvrir ce qui est encore inconnu.

A cet égard, la Géologie a déjà à son actif un nombre suffisant de découvertes dont elle peut se glorifier, car ces découvertes ne se bornent pas aux bassins houillers, mais concernent aussi toutes les autres substances utiles contenues dans la croûte terrestre. Je ne m'occuperai ici, naturellement, que des bassins houillers. Leur découverte, cela se devine facilement, doit, avec le temps, devenir de plus en plus difficile, car on a successivement trouvé d'abord les plus accessibles et les moins cachés. Mais heureusement, avec le temps, la science progresse et met dans la main de l'inventeur un instrument de plus en plus perfectionné, et c'est de cette perfection que dépend le succès de l'entreprise.

Si maintenant, au point de vue historique, nous recherchons, dans les découvertes déjà faites, par quels enseignements de la Géologie on a été guidé, nous constatons qu'on a eu recours à trois grands principes, comme nous allons le montrer.

§ 1. Principe de la continuité des bassins en direction.

Ce que l'on appelle, assez inexactement, découverte d'un nouveau bassin n'est le plus souvent que la reconnaissance de l'extension, encore inconnue, d'un bassin bien connu et exploité. Ce fut le cas, notamment, dans le Nord de la France, en Campine, dans le Limbourg hollandais, en Rhénanie, en Westphalie, dans le Yorkshire. Il y a cependant de véritables trouvailles de bassins bien distincts et nouveaux, celui de Douvres, par exemple.

L'emploi du principe que nous venons de citer est basé sur les faits suivants : Il y a très peu de gisements houillers, d'âge westphalien, les plus importants donc, qui n'aient pas été affectés, et même très fortement, par la formation de chaînes de montagne. La conséquence en a été la formation de plissements d'origine unilatérale et qui ont profondément modifié la forme et l'étendue des gisements originels. Les bassins ont généralement pris la forme d'un canot très allongé et très étroit, sillonné de plis secondaires allongés dans le sens de la direction générale du bassin et grossièrement parallèles.

Il arrive fréquemment que des parties importantes d'un bassin n'affleurent pas et soient recouvertes par un manteau plus ou moins épais de sédiments qui font obstacle à la connaissance du bassin. Si, à la limite des régions connues de ce bassin, on n'observe aucun des indices indiquant qu'on approche de la limite fatale de ce bassin, alors on a les plus grandes chances de retrouver son extension, en la recherchant dans le prolongement de la direction générale du bassin. Voilà en quoi consiste le principe de la continuité en direction.

Le recouvrement du terrain houiller d'un bassin peut provenir de deux phénomènes bien différents que nous allons examiner.

Premier cas. — Le Houiller est masqué par des sédiments d'âge plus récent, stériles et que, pour cette raison, les mineurs belges appellent les morts-terrains. Ces morts-terrains sont dus à des sédimentations, marines ou continentales, d'âge post-houiller. C'est le cas dans le bassin houiller du Hainaut. A partir de son origine, dans la vallée du Samson, il s'étend, vers l'Ouest, en affleurement continu jusqu'à Charleroi. Plus à l'Ouest, l'affleurement devient discontinu, à cause de la présence de massifs de recouvrement, plus ou moins étendus, de

morts-terrains. Les mineurs de la région ont pu aisément acquérir la notion importante que la présence de ces lambeaux n'interrompait pas la continuité du Houiller qui s'étendait au-dessous et pouvait y être exploité. C'est grâce à cette notion et en appliquant, pour la première fois, le principe de la continuité, en direction, qu'un illustre de mes concitoyens, le baron Jacques Desandrouins et son chef-ouvrier, J. Mathieu, respectivement seigneur et bailli de Lodelinsart lez-Charleroi, découvrirent, en 1720, le bassin houiller de Valenciennes, prolongement de celui du Hainaut. En son temps, cette découverte fit une sensation bien justifiée.

Dans le beau travail où il a minutieusement consigné l'histoire de cette découverte, Ed. Grar (52) (1), qui d'ailleurs n'était pas géologue, ne fait aucune allusion aux considérations sur lesquelles J. Mathieu s'appuya pour situer, en 1716 (cf. *op. cit.*, t. II, p. 25) l'endroit où devait se faire, à Fresnes, la première fosse de recherche. Le principe de la continuité en direction n'était alors ni codifié, ni publié, mais, comme quantité d'autres principes de géologie, il était bien connu des mineurs belges. Les emplacements des nombreuses fosses de recherche pratiquées par la société dirigée par J. Desandrouins, de 1716 à 1735, l'indiquent suffisamment, car elles furent toutes placées dans le prolongement de la direction générale du bassin du Hainaut. J'ai d'ailleurs montré (87) qu'en 1777, quand on voulut rechercher la houille à Aniche, on fit encore appel à un mineur de Charleroi, et les opérations que celui-ci pratiqua pour se guider indiquent manifestement qu'il s'appuyait sur le principe de la continuité en direction.

Les découvertes successives qui ont fait connaître l'extension du bassin de la Sarre, vers le Sud-Ouest, sous les morts-terrains, procèdent évidemment de l'application du même principe. Il en est de même, nous le montrerons plus loin, pour la découverte, en 1891, du bassin de Douvres ou du Kent. Quant au bassin de la Campine, sa découverte, au point de vue scientifique, découle partiellement du principe que nous étudions, mais est surtout due à l'application du deuxième principe que nous étudierons.

L'extension des bassins du Yorkshire et de Westphalie s'est faite tout naturellement. On n'a eu qu'à suivre le terrain houiller sous des épaisseurs croissantes de morts-terrains.

(1) Les chiffres en caractères gras, entre parenthèses, renvoient à la bibliographie à la fin du travail.

Second cas. — Des bassins tout entiers ou des extensions de bassins peuvent être voilés par des recouvrements de terrains plus anciens que le Houiller. Ce fait est dû à l'action de puissantes failles de refoulement ou de chevauchement.

Les plus beaux exemples que l'on connaisse de ce cas s'observent sur la bordure Sud du grand bassin s'étendant de la Westphalie jusqu'en Irlande. Nous en citerons quelques-uns pour mémoire.

Le branle-bas des découvertes a été donné par le bassin du Pas-de-Calais. On n'a pas oublié les résultats des recherches du charbonnage de Liévin, qui ont amené plusieurs extensions notables de concession vers le Sud. Par après, le même résultat a été obtenu, à l'autre bout du bassin, à la Clarence et à Gouy-Servins.

Dans ces découvertes, la part de l'invention est faible. On poursuit le Houiller connu aussi loin que les conditions d'exploitabilité restent suffisantes et, d'ailleurs, les trouvailles ne peuvent pas être portées au compte du principe de continuité en direction, vu que les recherches se font dans une direction perpendiculaire à la direction générale du bassin.

Mais il peut se présenter des cas, bien plus difficiles, dans lesquels on doit, pour se guider dans les recherches, faire appel à des études géologiques autrement compliquées. Alors le principe de la continuité peut avoir à intervenir utilement, comme nous allons le montrer.

Et encore, pour pouvoir utiliser la donnée de la direction générale du bassin, faut-il connaître exactement cette donnée. Ce n'est pas toujours aussi facile que cela le paraît, de déterminer cette direction. La vraie direction générale d'un bassin est donnée par la direction des grands plis longitudinaux qui ont affecté le bassin, au début des phénomènes de la formation de la chaîne de montagne. C'est en effet par l'étude de ces grands plis qu'on peut savoir où se trouvent les portions les plus riches d'un bassin, les synclinaux avec leur remplissage épais de terrains supérieurs productifs, par opposition avec les anticlinaux, plus minces et généralement constitués par des zones inférieures pauvres. Les grands charriages, qui se sont effectués après, lors de la phase maximum du ridement, n'ont pas modifié sensiblement la direction primitive de ces grands plis, mais ils l'ont plutôt accentuée, en serrant les plis. Mais la poussée qui a déterminé ces grands charriages n'est que localement perpendiculaire à la direction des grands plis primitifs. Je conçois que cette poussée détermine un mouvement

de translation ondulatoire, comme tous les mouvements de la nature, par suite de l'existence de résistances au mouvement.

Empruntant l'image bien connue figurant la translation du son, je dirais qu'au fond des ventres et des nœuds, il y a parallélisme entre la direction des plis et celle des failles et des massifs chevauchés, tandis que sur les flancs il y a discordance. On comprend donc qu'il peut y avoir difficulté à déterminer la direction générale d'un bassin et que l'on se tromperait à coup sûr en identifiant cette direction avec l'axe de figure du tracé, en plan horizontal, des limites du bassin. Un schéma fera mieux saisir ma pensée (fig. 1).

L'axe de figure A-B de ce schéma fait un angle très prononcé avec la véritable direction générale du bassin, celle qu'il est

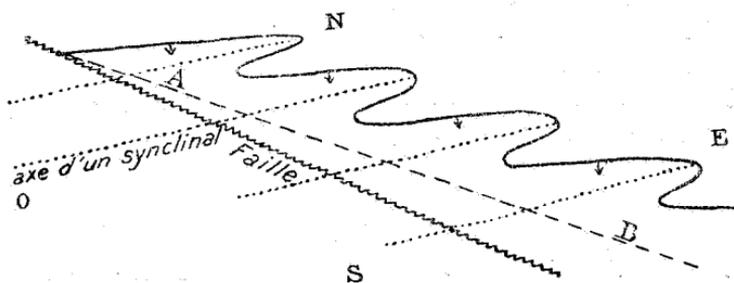


FIG. 1.

utile de connaître pour pouvoir appliquer le principe de la continuité en direction. Dans ce schéma cette direction est fournie par l'axe des grands synclinaux du bassin.

J'espère pouvoir montrer, plus loin, que ce schéma explique comment on s'est mépris sur la direction utile de la partie Ouest du bassin du Pas-de-Calais. J'ai fourni un exemple non plus schématique, mais réel, en montrant, dans une description du bassin de la Basse-Sambre, que l'axe de figure de son extrémité orientale ne coïncide pas avec sa direction vraie, pour les mêmes raisons (92, p. 496 et pl. I). Je citerai encore les remarquables études grâce auxquelles M. P. Fourmarier a interprété la signification du curieux massif de Theux. On sait que ces études, confirmées d'ailleurs par des sondages, ont conduit à montrer une forte extension du bassin de Liège vers le Sud. Parmi les nombreux travaux de M. Fourmarier consacrés à ce problème, voyez le plus complet (42). Dans ces études, l'auteur s'est appuyé, en partie, pour établir ses prévisions, sur la continuité des bassins en direction. Depuis Andenné

jusqu'à Verviers, il y a en effet plusieurs points où l'on voit des plis du Houiller s'enfoncer vers l'Est, biseautés par des failles de chevauchement qui les masquent par leurs massifs charriés (faille eifélienne et congénères).

C'est par un raisonnement semblable que j'ai été conduit à supposer l'extension du Houiller productif, au Sud du bassin du Hainaut, sous la faille du Midi. Le massif houiller, dit du Carabinier, a été largement exploité à l'Est de Charleroi, mais à la suite de certaines constatations de M. Smeysters, on pouvait supposer qu'il ne se prolongeait pas à l'Ouest de cette ville. Des sondages, entrepris, à partir de 1906, par les charbonnages de Forte-Taille et de Fontaine-l'Évêque et dont l'étude m'avait été confiée, m'avaient montré qu'ils avaient rencontré, bien à l'Ouest de Charleroi, le prolongement des dressants qui appartiennent à la grande voûte caractéristique du massif du Carabinier. L'étude du charbonnage du Bois-du-Cazier, à l'Est de Charleroi, m'avait aussi convaincu qu'il exploitait les plateures méridionales de cette voûte. La direction de ces plateures les conduisait, vers l'Ouest, à près de 2 kilomètres au Sud de la limite connue du bassin, limite formée là par l'affleurement de la faille de refoulement du Midi. Ayant communiqué le résultat de ces travaux au Charbonnage de Fontaine-l'Évêque, son directeur, M. Lagage, n'hésita pas à tenter de retrouver ces plateures sous le massif refoulé, malgré le grand aléa que présentait l'incertitude où l'on était sur l'épaisseur du massif refoulé. Dès 1911, le succès du sondage d'Aulne montrait le bien-fondé de l'hypothèse et était le point de départ d'une active campagne de sondages que la guerre est venue interrompre.

POSSIBILITÉS ET LIMITATIONS DU PRINCIPE DE CONTINUITÉ.

Nous venons de voir à quoi peut servir le principe. Est-ce à dire que son emploi soit infaillible et toujours aisé? Évidemment, non. La première difficulté provient du fait qu'il n'est pas toujours aisé de déterminer la véritable direction générale d'un bassin. Nous l'avons dit, plus haut, pour le bassin du Pas-de-Calais. Des bouleversements, tectoniques surtout, viennent souvent modifier la direction d'un bassin. On en a eu la preuve quand on a voulu rechercher, au delà de la Scarpe, le prolongement occidental du bassin de Valenciennes. L'emploi du principe ayant fait ses preuves, lors des découvertes du bassin, on voulut encore l'utiliser et l'on rechercha, en vain,

pendant des années, son prolongement en suivant sa direction générale. La découverte du Houiller, en 1846, montra, avec les recherches qui suivirent, que tout le bassin avait été reporté vers le Nord.

Mais cependant le principe n'est pas en défaut, on le sait maintenant. Le Houiller exploité à l'Ouest de la Scarpe n'est pas le prolongement du Houiller connu à l'Est de cette rivière. Ce n'est pas, comme on le disait jadis, ce prolongement qui aurait été transporté vers le Nord par un grand accident transversal. En réalité le Houiller de l'Est de la Scarpe se prolonge, probablement en ligne droite, vers l'Ouest, mais là ce prolongement est masqué par un puissant massif charrié dont l'épaisseur est telle que les recherches anciennes, trop peu profondes, ne pouvaient le percer. C'est l'invasion de ce massif charrié qui a déterminé la formation, à l'Ouest de la Scarpe, d'un synclinal transversal grâce auquel les portions septentrionales du bassin, enfouies plus profondément, ont échappé à l'érosion qui a enlevé le prolongement oriental de ces portions du Nord du bassin.

Dans les bassins très fortement plissés, la direction générale des plis est toujours aisée à déterminer. Il n'en est pas de même dans les bassins simplement ondulés ou légèrement plissés. C'est le cas pour les bassins de Silésie, des Midlands d'Angleterre, de la vallée du Mississipi. On peut alors se tromper et prendre pour la direction générale des directions locales dues, par exemple, à des plis transversaux. Voyons un cas de ce genre : Les affleurements du bassin du Yorkshire dessinent une bande longue et étroite dirigée Nord-Sud. Lorsqu'ils ont voulu, en 1902, représenter le tracé du bassin houiller caché qui réunit ce bassin à celui de la Campine, MM. Forir et Lohest (40) ont été induits en erreur par cette fausse direction Nord-Sud. Cela les a conduits (*op. cit.*, pl. I) à donner au prolongement du bassin du Yorkshire une direction qui le ferait passer dans une région où des affleurements (Mt Sorel, Charnwood forest, etc.) et des sondages n'ont montré que du Cambrien et des terrains plus anciens. Une étude générale des Midlands et des faits connus alors pouvait montrer que la direction Nord-Sud était due à un pli transversal, celui qui a donné naissance à la chaîne Pennine, et la véritable direction originelle du bassin était en fait presque Est-Ouest. C'est dans cette direction que des recherches postérieures ont montré que le bassin s'étendait, et les sondages pratiqués en Campine et en Zélande ont montré

l'exactitude, dans les grandes lignes, du tracé que j'ai fait, en 1902 (33), du raccordement du bassin du Yorkshire avec celui de la Campine.

Enfin il y a un obstacle grave à l'emploi du principe : c'est l'existence de plis transversaux assez importants pour interrompre la continuité d'un bassin. Cet obstacle est assez sérieux pour justifier la définition d'un troisième principe géologique à utiliser lors de la recherche d'un bassin houiller. Nous l'étudierons plus loin.

§ 2. Principe du parallélisme des plissements longitudinaux.

Au chapitre précédent, quand nous avons dit sur quoi était basé le principe de la continuité des bassins, nous avons aussi montré que les plis des bassins étaient grossièrement parallèles. Ce parallélisme est très précieux comme indication. En effet, on sait qu'après avoir été plissés, tous les bassins ont été érodés, et naturellement l'érosion a surtout affecté les anticlinaux, au point que parfois leur couverture de Houiller a été complètement enlevée et n'a subsisté que dans le fond des synclinaux. C'est donc la position de ceux-ci qu'il faut déterminer avant tout. Divers synclinaux peuvent être très inégalement masqués par des sédiments post-houillers. Dans ce cas, au moyen de la direction d'un synclinal bien connu, on peut, grâce au parallélisme, connaître la direction des autres synclinaux voisins et même, si l'on connaît un point de ces autres synclinaux, on peut les tracer.

Le mérite d'avoir, le premier, montré qu'il connaissait le principe du parallélisme et l'application qu'on pouvait en faire revient à Guillaume Castiau. C'est ce qui ressort à l'évidence de mémoires qu'il a écrits et que J. Dejaer (33) a exhumés des cartons de l'Administration des Mines. Or ces mémoires datent du début même du siècle dernier, c'est-à-dire d'une époque où la tectonique n'était pas née, car elle n'a fait son apparition que bien des années après sa mort. Comment Castiau a-t-il eu connaissance du principe? C'est que, comme beaucoup de ses contemporains, il avait été à bonne école, car c'était un charbonnier et, dans les gisements houillers belges, tourmentés à l'extrême, tous les jours on doit faire appel à la tectonique pour la conduite rationnelle des travaux. C'est pour la même raison que notre illustre géologue André Dumont a pu, le premier, créer la tectonique scientifique belge. En accompagnant son père, géomètre de mines, dans ses descentes de charbonnages, il avait appris à débrouiller les mystères des plis et des failles.

G. Castiau était, non pas un Liégeois, comme on l'a dit, mais un Borain : son nom l'indique suffisamment. C'est lui qui, en agglomérant de nombreux petits charbonnages, fut le promoteur de la formation, en 1790, du charbonnage de Bellevue-Baisieux. Il en prit la direction, qu'il abandonna bientôt, à la suite de dissentiments avec son Conseil d'administration. J'espère pouvoir un jour faire la biographie de cet homme remarquable et montrer l'activité qu'il déploya ensuite dans des carrières, des mines métalliques et surtout en promouvant des recherches de nouveaux gisements houillers, en se basant sur le principe qu'il avait découvert. Les archives publiques et privées sont pleines de traces des efforts qu'il déploya, dans de nombreuses localités du Brabant et des Flandres, pour essayer d'obtenir des capitaux, de gros propriétaires terriens, de seigneurs ou de riches négociants. Il y réussit et put entreprendre, à Meylegem, près d'Audenarde, un puits qu'il poussa au delà de 100 mètres, on devine avec quelles difficultés et dépenses. Il était arrivé à la plate-forme rocheuse qui, par un hasard malencontreux, — un sondage récent, au même village, l'a montré, — est formée de phyllade noir, graphiteux, cambrien, facile à confondre avec du Houiller. Il se croyait donc arrivé au but, mais ses fonds étaient épuisés et, malgré ses efforts, malgré les demandes de capitaux qu'il fit insérer dans les journaux gantois, il échoua et dut abandonner ses travaux.

Si le principe du parallélisme est vrai, donc utile, pourquoi Castiau a-t-il échoué? C'est qu'il est bien rare que l'homme arrive du premier coup à la connaissance complète d'une vérité scientifique. Celle-ci doit passer par de nombreux avatars. Le principe est vrai, mais il ne l'est pas dans les limites étroites et précises où Castiau croyait pouvoir l'appliquer.

Il existe un parallélisme, mais il est grossier. Lui croyait qu'il était parfait et, connaissant un point du nouveau bassin qu'il soupçonnait, il en partait, en traçant ce nouveau bassin parallèle à l'ancien et le menait donc, à travers le centre de la Belgique, vers l'Ouest. Or, de longues étapes de recherches nous l'ont appris, il y a bien un nouveau bassin, mais alors que l'ancien décrit une grande courbe concave vers le Nord, le nouveau décrit une courbe concave vers le Sud et, comme je l'ai montré (86, p. 5), ces deux bassins, en se réunissant aux deux extrémités, dessinent les bords d'une sorte de fuseau, séparés par l'anticlinal stérile Galles-Brabant.

Dans l'application du principe il faut donc se garder d'y attacher une précision qu'il ne comporte pas. On peut mitiger

l'imprécision du deuxième principe en le combinant avec l'application du principe de la continuité.

En effet, si l'on connaît un point d'un nouveau bassin, il est évident que la direction des couches ou des plis de ce point donne une indication précieuse sur les directions dans lesquelles on peut espérer retrouver une extension de ce point. Ainsi, dès l'origine des recherches du nouveau bassin de la Campine, en 1905, les découvertes indiquaient que la direction du nouveau bassin était, non pas Est-Ouest, comme le croyait Castiau, mais Ouest-Nord-Ouest.

La lecture des travaux publiés, à l'occasion des recherches, dans le Limbourg hollandais, par G. Lambert d'abord (56), puis par son élève, André Dumont fils (38), montre que ces savants connaissaient un autre moyen encore de corriger l'imprécision du principe de parallélisme. Une ligne qui n'est jalonnée que par un seul point est toujours imprécise. Il n'en est pas ainsi si elle peut s'appuyer sur deux points. Ayant constaté que le nouveau bassin reconnu en 1876 devait se rattacher aux bassins des Midlands, ils avaient établi le tracé du nouveau bassin en réunissant les deux points extrêmes. C'était la bonne méthode, on l'a bien vu plus tard, quand, après un quart de siècle d'arrêt, on reprit les recherches en Belgique.

Deux chercheurs entrèrent en lice : J. Urban, le premier en date, ensuite André Dumont. Ils choisirent des emplacements différents, et pour pouvoir apprécier la valeur des méthodes de recherche, il nous faut entrer dans certain détail. En 1876 on n'avait encore fait que des sondages incapables de donner la vraie direction des couches. Aussi, trompé par certaines suppositions, A. Dumont croyait que la direction des couches du nouveau bassin du Limbourg hollandais était du Nord-Est au Sud-Ouest (*op cit.*, p. 18). C'est sans doute en se basant sur cette donnée erronée ou bien par prudence excessive que J. Urban plaça son premier sondage à Lanaeken, où il ne rencontra que quelques mètres de Houiller stérile. Mais en 1898, les travaux qui avaient été pratiqués dans les concessions accordées depuis 1876, en Limbourg hollandais, avaient permis de voir que les couches étaient dirigées à l'Ouest-Nord-Ouest. Aussi c'est avec raison que peu après, A. Dumont alla planter son sondage, hardiment, à 20 kilomètres plus au Nord, à Eelen, où certainement passe le Houiller productif de Campine, et qui est beaucoup plus exactement sur le trajet de la ligne réunissant le bassin du Limbourg hollandais au Yorkshire et réunit ainsi deux conditions favorables.

§ 3. Principe des plis transversaux.

On sait depuis longtemps que les plis de l'écorce terrestre, quoique dus à des poussées unilatérales, le plus souvent, sont d'allure très différente de celle des plis que l'homme produit mécaniquement et cependant aussi par des pressions unilatérales. Les plis terrestres ne sont que grossièrement parallèles; ils ne se poursuivent pas indéfiniment et surtout ils montrent des plissements transversaux, souvent à angle droit avec les plis longitudinaux. Ils ne sont jamais ni si accusés ni si longs que ces derniers, mais, néanmoins, leur influence peut être telle qu'ils interrompent, et pour longtemps, la continuité d'un bassin, ou qu'ils en rejettent les couches tout à fait en dehors de la direction générale du bassin. Ce genre de rebroussements de couches, qu'on a appelés plis sigmoïdes, rend illusoire, localement, l'emploi du principe de continuité, en direction. Prenons un exemple concret pour montrer l'influence des plis transversaux et de leurs congénères, les plis sigmoïdes.

Le grand bassin qui s'étend, par nos anciens bassins, de Westphalie en Irlande, est maintenant assez bien connu, grâce surtout à ses nombreux affleurements. Supposons qu'au lieu d'affleurer il soit resté masqué, comme il l'a certes été, par un épais manteau de terrains plus récents ou plus anciens. Supposons encore que, par une voie quelconque, nous ayons réussi à connaître le tracé souterrain de ce bassin et que nous y pratiquions des recherches sur l'axe du bassin, endroit le plus favorable. Les sondages seraient placés, par exemple, à Mons, à Charleroi et à Samson, près de Namur. Malgré la situation identique, au point de vue de la tectonique longitudinale, de ces trois sondages, ils donneraient des résultats très différents. Le dernier ne rencontrerait même pas de Houiller, étant placé sur un bombement transversal du Dinantien, tandis que celui de Charleroi devrait aller jusque vers 2.000 mètres et celui de Mons vers 3.000 mètres, pour atteindre le même Dinantien, sous le fond du bassin. On voit donc quel intérêt capital il y a à savoir d'avance où se trouvent ces anticlinaux transversaux, pour les éviter dans les recherches, alors que les synclinaux de ce genre sont au contraire à désirer, comme étant les régions les plus favorables, car c'est là que le Houiller doit présenter son épaisseur maximum.

L'état de nos connaissances sur les plissements de l'écorce terrestre nous permet-il, à l'heure actuelle, d'indiquer où doivent se trouver, dans un bassin inconnu, les anticlinaux et

les synclinaux, tant longitudinaux que transversaux? On ne peut malheureusement répondre que par la négative. L'étude des plis, à ce point de vue, est encore à faire. Ce n'est pas cependant que les champs d'étude fassent défaut. L'Ardenne (*lato sensu*), le Jura et la chaîne des Appalaches fournissent d'admirables exemples de régions plissées. Mais quand on les examine et que l'on voit la distribution capricieuse, dirait-on, des anticlinaux et des synclinaux, on se convainc que l'étude ne sera pas aisée. Ce qui saute aux yeux, c'est que, aussi bien longitudinalement que transversalement, les deux genres de plis sont distribués en quinconce, de façon à se compenser et à donner aux bassins des limites régulières. Théoriquement, c'est l'allure que l'on pouvait logiquement attendre.

Nous avons parlé plus haut des rebroussements sigmoïdes. Leur influence sur le succès des recherches est comparable à celle des grands accidents transversaux, auxquels ils s'apparentent d'ailleurs étroitement.

Mais les plis sigmoïdes sont des accidents fort rares et, de même qu'un autre dérangement, le décrochement horizontal, qui provient d'ailleurs souvent de la rupture du pli sigmoïde, ils peuvent facilement induire en erreur sur leur véritable nature. On a souvent reconnu que ce qu'on avait pris pour des plis sigmoïdes étaient simplement le résultat de grands effondrements. Le plus bel exemple de cette confusion nous est fourni par un cas jadis cité comme classique, celui du Bassin houiller rhénan à sa traversée de la vallée du Rhin. De part et d'autre du Rhin, on trouvait des bassins si nettement dans le prolongement l'un de l'autre, que personne ne doutait de leur continuité. Cependant, sur une distance de près de 50 kilomètres, le Houiller était disparu et remplacé, dans l'alignement des deux bassins, par un relèvement de terrains plus anciens. On croyait que ce relèvement avait forcé le Houiller à se plier vers le Nord, en forme d'« U » renversé, comme dans les plis sigmoïdes. C'est encore ainsi que les choses sont représentées sur la carte de Wachholder (102), en 1901. Depuis lors, les nombreux travaux pratiqués dans la région et surtout au voisinage, en Hollande, par le Service de Recherches minières, ont montré que la curieuse région appelée par nos collègues allemands le *niederrheinische Bucht* doit sa structure non pas à des plis, mais à des effondrements, combinés là avec un curieux mouvement de bascule des massifs qui, pendant qu'ils s'effondraient d'un côté, se relevaient de l'autre. (Voir la carte de Wunstorff, 104, p. 780.)

§ 4. Principe de la récurrence des mouvements de l'écorce terrestre.

L'étude que nous avons faite des principes précédents nous a montré que leur application est loin d'être toujours facile et sûre. Il y a d'ailleurs bien des cas où les faits font défaut pour les appliquer. Cela a conduit des géologues à rechercher si d'autres critères ne pouvaient pas servir à guider les recherches. En 1856, Godwin-Austen posa un principe nouveau, qu'il énonça comme suit : « La loi générale semble être que lorsqu'une bande de l'écorce terrestre a été énergiquement plissée et fracturée, les mouvements postérieurs suivent exactement les mêmes lignes, et cela simplement parce que ces lignes sont des lignes de moindre résistance » (49). D'après cela l'étude des allures des terrains superficiels pourrait nous renseigner sur les allures des terrains anciens sous-jacents et notamment du Houiller. Ce serait un fil conducteur merveilleux. Le principe, auquel son nom est resté attaché, demeura longtemps dans l'ombre, jusqu'au jour où, en 1893, Marcel Bertrand fit, pour Godwin-Austen, ce qu'il fit pour Suess.

Il sut découvrir dans le travail de 1856, nébuleux, désordonné, fourmillant d'inexactitudes, les quelques perles qui s'y trouvent et il en fit un exposé enthousiaste, clair et concis. Il en fit la critique avec indulgence, apporta tout un faisceau de faits nouveaux à l'appui et il essaya d'appliquer le principe au problème, toujours vivace, en France, du raccordement des bassins du Nord-Ouest de la France avec les bassins anglais (13). On a porté à l'actif du principe la rencontre, à faible profondeur, des terrains primaires, sous Londres, la découverte du bassin de Douvres, le succès du premier sondage (à Eply) pour la recherche du prolongement, en France, du bassin de la Sarre et des constatations de coïncidence d'allure entre des terrains discordants, et cela dans divers pays (Hainaut, par exemple). Cela suffit pour montrer que nous ne pouvons nous dispenser d'examiner à froid et à la lueur des faits nouveaux et nombreux recueillis depuis 1893, si le principe de Godwin-Austen a tenu ses promesses et jusqu'à quel point il les a tenues. L'importance du sujet justifie un examen détaillé que nous présenterons sous forme d'observations successives, sur lesquelles nous nous baserons, pour conclure, en finale.

PREMIÈRE OBSERVATION. — Il est tout indiqué de commencer par voir la valeur des arguments sur lesquels le père du prin-

cipe a fondé ses déductions. Tout qui lira le mémoire de 1856 sera convaincu, comme moi, que si le principe est vrai, c'est un miracle qu'il ait pu sortir d'un pareil amoncellement de faits, le plus souvent, ou bien mal présentés, ou bien sans pertinence avec le sujet, ou même absolument inexacts. Le traducteur (49) avait déjà indiqué, en notes infrapaginales, quelques erreurs concernant la Belgique. Signaler toutes ces erreurs serait long et oiseux. Nous nous bornerons à examiner celles qui touchent aux points où l'on a cru voir un succès de son principe. A côté de tout cela, il y a d'excellentes choses qui ne sont pas de lui comme invention, mais qu'il a appliquées parfois avec méthode et persévérance. On ne peut qu'approuver la persévérance avec laquelle il a étudié les variations latérales des terrains au point de vue de leur lithologie et de leur puissance, données d'où l'on pouvait déduire la distance des côtes et des anciens reliefs montagneux. Il fait fréquemment appel aux principes de continuité des plis et de leur parallélisme. Tout cela est mélangé sans ordre, ce qui fait qu'on a souvent, en bloc, attribué au principe dit de Godwin-Austen ce qui revient, en réalité, à des principes tout différents. On le verra aisément par la critique que je vais faire des deux succès attribués à sa théorie.

Premier cas. — Quand on regarde une carte géologique de l'Angleterre, on pourrait croire que Londres est, comme Paris, juste au centre d'un immense synclinal et que, partant, pour atteindre le soubassement primaire, il faudrait y traverser l'énorme série de terrains tertiaires et secondaires qu'on voit affleurer sur les bords du bassin de Londres. Godwin-Austen a eu le grand mérite, surtout évalué à sa juste valeur, dans son pays, de montrer que tel n'était pas le cas. En suivant, de proche en proche, certains terrains du sous-sol du bassin, le Crétacique inférieur notamment, il a montré que ces terrains devenaient de plus en plus minces et à caractère littoral de plus en plus prononcé, au fur et à mesure qu'on s'avancait vers Londres. Il en a déduit, avec raison, la proximité d'une ancienne ride montagneuse, sous la ville, au-dessus de quoi il n'y aurait qu'une couverture post-primaire fort amincie. De son temps, le sondage de Kentish Town lui avait déjà donné raison et de nombreux sondages, depuis lors, ont mis le fait hors de doute. Mais cette prévision n'est pas due au principe que nous étudions. En effet, les couches qui viennent s'appuyer sur le relief paléozoïque du sous-sol de Londres pendent bien en sens divers, en forme de

voûte, de part et d'autre de ce relief. Mais les nombreux sondages qui l'ont touché ont montré que ce relief n'est pas du tout formé par une voûte. C'est une « Cuesta », un gigantesque témoin d'érosion. Il n'y a donc pas superposition de deux allures tectoniques semblables, donc pas d'application possible du principe dit de Godwin-Austen.

Deuxième cas. — C'est évidemment le plus instructif et au premier abord le plus démonstratif, puisqu'on a trouvé, en 1891, la houille à Douvres, là où il en avait prédit l'existence, dès 1855. Pour un succès, en voilà un, semble-t-il. Mais défions-nous des apparences et examinons les choses de près. La meilleure partie du travail de Godwin-Austen est celle où il étudie l'axe de l'Artois et où il montre l'usage que l'on peut faire des données fournies par l'étude de cet axe dans la recherche des gisements houillers voisins. Il y a là beaucoup de bonnes observations, assez clairement exposées pour quelqu'un qui connaît bien le sujet. Il a été le premier à montrer que cet axe était le prolongement, vers l'Ouest, de l'axe du bord Nord de l'Ardenne. Il a montré ses relations avec les accidents et les grandes dislocations qui l'avoisinent, au Nord. Le premier, je pense, il a montré que ces grandes dislocations étaient continues sur le bord Sud du bassin franco-belge. Avec raison il en tire la conclusion, très juste, qu'en poursuivant, dans une région inconnue, un de ces trois traits : axe de l'Artois, zone de dislocations, synclinal houiller, on pouvait retrouver les deux autres. Il a aussi bien reconnu que les plis de l'Ardenne se poursuivent, vers l'Ouest, sous le Crétacique. Dans tout cet énoncé il est sur terrain solide, car il fait appel, cela saute aux yeux, uniquement aux principes de continuité et de parallélisme. Mais aussitôt qu'il veut faire intervenir son nouveau principe, il déraile. M. Bertrand, d'abord (*op. cit.*, p. 13), Gosselet ensuite ont fait de son exposé sur ce dernier point une critique fort indulgente. Il importe de la préciser, car, nous le verrons, on peut alors saisir la cause de l'erreur fondamentale de Godwin-Austen. Il était tellement suggestionné par l'idée de l'importance de l'étude des allures superficielles, que, même dans les cas les plus graves, il a raisonné, non en géologue, mais en géographe, prenant des détails du relief, impressionnants à la surface, mais sans racines profondes, pour des traits tectoniques de premier ordre. Aussi, nous le montrerons, son axe de l'Artois est jalonné par des données hétéroclites. C'est lui le premier qui a créé la confusion, malheureusement continuée après lui,

d'appliquer le nom d'axe de l'Artois à deux choses différentes. En effet, tel qu'il le définit d'abord, il envisage certainement l'axe de l'Artois, ligne des hauteurs, crête de partage. Son tracé de l'axe, sur sa carte, le prouve assez. Ensuite il applique ce nom aux grandes dislocations dont il a reconnu l'importance et la continuité. Ses arguments, au point de vue de son principe, très discutables d'ailleurs, il les tire de l'axe hypsométrique, puis il les applique à l'axe tectonique. Or ils ne sont contigus et parallèles, ces deux axes, que sur une petite distance. Vers le Sud-Est ils divergent nettement (voir sa carte) ⁽¹⁾. Mais voici qui est plus grave et dénote chez son auteur une méconnaissance de la géologie de son propre pays, au moins étrange.

Il va appliquer son principe à la recherche du tracé du bassin houiller qui doit réunir les bassins de Bristol et du Pas-de-Calais. Il prend comme guide l'anticlinal de l'axe de l'Artois, ce qui est la bonne méthode. Il prolonge l'axe anticlinal de l'Artois par la chaîne des North-Downs et des Hants. Cette chaîne devrait donc être aussi de nature anticlinale, ou bien son raccordement est fautif. Il ne le dit pas, mais les développements qui suivent le laissent entendre. M. Bertrand, qui l'eût cru (13, p. 11), appelle carrément les North-Downs, une ligne anticlinale. Or s'il est une chose facile à savoir et connue depuis longtemps, c'est que les North-Downs n'ont absolument rien d'un anticlinal. Sur le terrain la face Sud de cette chaîne est un escarpement abrupt, impressionnant, qu'un géographe pourra prendre pour le flanc d'une montagne anticlinale. Mais jamais un géologue ne s'y trompera et il appellera cet escarpement la face terminale d'un plateau érodé. Cette face impressionnante n'a aucune répercussion dans les couches sous-jacentes; ce n'est donc pas même une faille, comme on peut le voir sur la falaise, au Nord de Folkestone. Les North-Downs, comme d'ailleurs leur homologue parfait, les South-Downs, sont de simples accidents de relief, sur les deux flancs d'un

(1) Dans la divergence, au Sud-Est, de l'axe crétacique de l'Artois et de l'axe des soulèvements limitant, au Sud, la cuvette houillère, Godwin-Austen, sur sa carte, figure le tracé d'un bassin houiller hypothétique qui, par Le Quesnoy, le Cateau, Stenay et Verdun, irait rejoindre le bassin de la Sarre. Jamais personne n'a vu trace de ce bassin, et comme il coupe presque à angle droit tous les plis anciens de la Thiérache et de l'Ardenne, s'il existait, ce serait la condamnation absolue du principe de l'auteur. On n'a jamais félicité l'auteur de cette belle prévision ni du cas qu'il faisait lui-même de son principe.

anticlinal énorme, un des plus classiques qui existent, le bombement du Weald, dont l'axe n'est pas étroit, comme celui de l'Artois, et passe à bien des kilomètres au Sud du point où Godwin-Austen faisait passer le prolongement de l'axe crétacique, anticlinal, de l'Artois. On peut montrer d'ailleurs avec quelle imprécision ont été faits les raccordements de l'auteur du principe. Entre les North-Downs et l'anticlinal des Mendips, il mène la zone de dislocations, qui, dit-il, est l'axe ancien de l'Artois, du Nord-Ouest de la dénudation du Weald (?), à la vallée de Devizes. En effet, cet alignement est jalonné par des pointements du Crétacique inférieur, au travers de la Craie, et à Devizes il aboutit à l'anticlinal le plus long et le mieux marqué du bord oriental du bassin de Bristol. Mais Godwin-Austen n'a pas vu que cet anticlinal de Devizes, au lieu de prolonger les Mendips, prolonge, par Wick et Bristol, un anticlinal transversal Est-Ouest, coupant en deux le bassin de Bristol, et distant, d'axe en axe, de près de 20 kilomètres au Nord des Mendips. Cet axe des Mendips, si important, a un ennoyage à l'Est tellement fort qu'il disparaît immédiatement sous un synclinal transversal de la Craie. Si l'anticlinal se prolonge dans le Primaire, il y a donc là un synclinal transversal superposé à un anticlinal longitudinal. Le bombement du Weald, on le sait maintenant, présente un autre exemple encore bien plus frappant d'une exception complète au principe de Godwin-Austen. En effet, la clef de voûte de ce bombement a été creusée par les érosions récentes en une énorme vallée longitudinale et l'anticlinal est lui-même surimposé à un synclinal du Kimmeridgien, au-dessous duquel je pense qu'il y a un ou plusieurs anticlinaux primaires.

La plate-forme primaire du Centre et du Sud de l'Angleterre a été l'objet de la part de l'éminent géologue Sir Aubrey Strahan (99) d'une étude qui n'a rien de commun avec l'exposé vague et imprécis de Godwin-Austen. Mettant à profit de nombreuses données accumulées, il a d'abord tracé deux cartes figurant, par des courbes de niveau, l'une la plate-forme actuelle du Primaire, l'autre la base du Gault. En combinant les données des deux cartes, il a pu, par cette idée ingénieuse, montrer l'effet de mouvements récents, surtout oligocènes. Ces mouvements ont produit des dénivellations de plus de 1.500 pieds. Les déductions de l'auteur sont en opposition complète avec celles de Godwin-Austen. Aux exemples que je viens de citer il en ajouté encore un autre. Le synclinal, où est logée l'argile de Londres (Yprésien), est superposé à la paléocolline paléo-

zoïque, déjà signalée ci-dessus sous la région de Londres. La forme de cette colline n'a rien à voir avec les allures de l'axe de l'Artois, et si celui-ci passait où le veut Godwin-Austen, il serait sur la pente Sud, très raide, de cette paléocolline.

Évidemment, on ne peut reprocher à Godwin-Austen de ne pas avoir utilisé des faits découverts après lui. Mais on ne peut pas non plus lui en faire un mérite, pas plus que d'avoir basé une théorie sur des faits inexacts ou incomplets.

On me demandera si son principe était si inexact, comment il a pu cependant amener la découverte du bassin de Douvres. Dans toute recherche il y a toujours de l'aléa et de la chance, car on ne connaît pas tout. Le sondage de Douvres a eu la chance de tomber dans un nouveau petit bassin dont rien ne permettait alors de soupçonner la présence. Il est placé dans un synclinal très différent de celui que Godwin-Austen étudie. Il est limité au point que si le sondage avait été placé à Canterbury, bien près de Douvres donc, ou dans n'importe quel autre point, plus à l'Ouest, sur le tracé du bassin supposé par l'auteur, il n'aurait rencontré que des terrains plus anciens que le Houiller, à moins qu'il n'y ait encore d'autres petits bassins isolés, comme celui de Douvres. Sous Londres et aux alentours immédiats, contrairement aux espérances de l'auteur, il n'y a pas de Houiller.

DEUXIÈME OBSERVATION. — La théorie que nous venons d'examiner a été, nous l'avons dit, fortement épaulée par M. Bertrand dans le travail précité, sur lequel il est d'ailleurs revenu pour additions ou corrections. L'examen de ce travail montre qu'on peut y distinguer deux parties.

Première partie. — L'auteur cherche à y montrer que le principe de Godwin-Austen est fondé. Dans sa démonstration, je vois aussi deux divisions.

A. — Dans la seconde division (*op. cit.*, pp. 21 à 35), il essaie de nous montrer, et, je pense, il y réussit, que les plis tertiaires emboîtent les plis crétaciques de la Picardie et que les plis crétaciques du Boulonnais emboîtent les plis jurassiques du Boulonnais. Sa démonstration est d'ailleurs appuyée sur des faits nombreux, rendus plus saisissables par 4 cartes. On doit en conclure que pour ces deux régions et pour ces trois terrains, le principe est fondé. A priori cette conclusion n'a rien d'étonnant. L'auteur le dit : les mouvements qui ont affecté ces

terrains ont été faibles et lents, capables de produire, non de vrais plis, mais de simples ondulations. Ces terrains n'étant pas métamorphiques, ni hétérogènes, mais meubles et homogènes sur de vastes étendues, les transgressions marines ont eu facile d'y déterminer de grandes surfaces de pénéplaines. Et du moment où ces surfaces, presque parallèles s'ondulent, on ne voit pas pourquoi les ondulations, une fois commencées, ne s'emboîteraient pas.

B. — Dans la première partie, il essaie de montrer que les plissements des trois terrains précités emboîtent les plissements des terrains primaires sous-jacents ou voisins. C'est évidemment là le problème capital pour la recherche du Houiller. Le précédent importe peu. Cependant, l'auteur ne lui consacre que trois pages (17-20). Sa démonstration repose sur trois faits. Le premier, c'est la carte des plis crétaciques du bassin de Paris, que venait de publier M. Dollfus. Ces plis, d'âge tertiaire, ont, dit-il page 18, tout le long de leur parcours, les directions qu'on aurait été amené à donner aux lignes de raccordement des plis paléozoïques. Mais il cite lui-même des divergences. En cherchant à les expliquer, M. Bertrand a perdu de vue le principe qu'il défend, car son argumentation s'appuie entièrement sur le principe du parallélisme des plis, qui n'est pas en cause. Le principe de Godwin-Austen ne vise pas le parallélisme de plis d'âges différents, mais leur superposition. Or, que fait-il pour expliquer les divergences? Il ne cite aucune coïncidence en superposition; il montre que les allures divergentes *sont parallèles* d'un côté au pli du bassin houiller du Nord de la France et de l'autre aux plis de la Vendée et de l'Ouest du Plateau central. Même au point de vue du parallélisme, son argumentation n'est pas pertinente. Le pli du Houiller est à 40 kilomètres des plis de Picardie qu'il étudie. Le pli du pays de Bray est à plus de 350 kilomètres des plis de la Vendée. Avec une pareille marge de distance on trouverait, bien plus près, des plis à angle droit avec ceux qu'il étudie. De plus, ces plis, personne n'en a jamais douté, sont en plein dans le bassin de Dinant, tandis que le pli houiller est dans le bassin de Namur; les plis vendéens sont séparés des plis de Picardie et de Bray par le puissant anticlinal armoricain, bien plus rapproché donc, et dont les couches, il le constate, ont une direction différente. Quant à la démonstration de la coïncidence, en superposition, du plissement tertiaire de Picardie avec le plissement primaire du Bassin de Dinant, sous-jacent,

on ne pouvait la tenter à l'époque où Bertrand écrivait, faute de sondages. Nous sommes un peu mieux documentés maintenant; aussi, quand je parlerai, dans la seconde partie, des recherches de Houiller, en Picardie, je pourrai montrer que cette superposition n'existe pas dans le sens que Godwin-Austen lui attribuait.

Il fait encore appel au fait (p. 20) que M. Lecornu a reconnu que le pli tertiaire de Merlerault, dans la Sarthe, prolonge rigoureusement un pli ancien. Certes, s'il y a une région où le principe de Godwin-Austen peut être, à priori, supposé exact, c'est au voisinage immédiat, dans la bordure, d'un massif fortement plissé. Nous avons dit plus haut que le bord oriental du bassin de Bristol est ainsi festonné par des plis du secondaire, prolongeant, vers l'Est, les plis primaires, mais nous avons aussi montré que ces plis disparaissent rapidement, pour faire place à des allures contraires; les anticlinaux deviennent des synclinaux, et alors à quoi sert d'appliquer le principe de Godwin-Austen?

Enfin, le troisième argument de M. Bertrand consiste à dire (p. 21) que si, dans les bassins de Londres et de Paris, les plis secondaires et tertiaires se sont constamment reproduits aux mêmes places, la part de l'hypothèse reste bien faible pour étendre la même conclusion à la formation des plis paléozoïques. Inutile de dire que cet argument est sans valeur, car il se borne, à supposer résolu, sans autre preuve qu'une simple comparaison, le problème qui fait le fond des recherches. Comparaison n'est pas raison.

Parce que tous les terrains, du Gedinnien au Houiller, sont concordants, dans le Bassin de Dinant, je ne suis pas autorisé à croire qu'il doive en être de même pour le Silurien et le Cambrien. La preuve c'est que cette supposition serait fausse. Seuls des faits connus doivent entrer en ligne de compte pour trancher la question.

C. — Dans sa deuxième partie, évidemment la plus importante, M. Bertrand, après avoir essayé de démontrer le bien-fondé du principe, a cherché à l'appliquer aux bassins du Nord de la France et de Douvres. Il a, naturellement, dû prendre comme un des termes de la connexion la structure de ces bassins telle qu'elle était connue de son temps. Mais depuis quarante ans nos connaissances sur cette structure, comme sur celle de leur prolongement belge, ont fait d'énormes progrès, d'ailleurs résultant de l'impulsion donnée par les travaux de

M. Bertrand lui-même. Si, à l'époque où il a écrit, il a réussi à démontrer une connexion étroite entre les allures des terrains primaires de cette région et celles des terrains qui les recouvrent (principe de Godwin-Austen) et si on reconnaît maintenant que la structure du soubassement primaire est très différente, à moins de plier les faits pour les adapter aux variations des théories, cela prouve que le principe n'est pas vrai pour cette région. Comme l'étude des allures du Primaire du Nord-Ouest de la France fera plus loin l'objet d'un exposé très détaillé, je me dispenserai d'en parler ici. Je dirai seulement que tout n'est pas inexact dans les connexions qu'il a voulu démontrer, et je pense que son travail, sur ce point, est une merveille à beaucoup d'égards et que sa démonstration porte et frappe juste. Il y a des points où, grâce à des connexions, il est parvenu à établir des allures et des raccordements inconnus avant lui et que nous savons être maintenant exacts. C'est ce qu'il y a de troublant dans l'application du principe de Godwin-Austen, notre conclusion finale le montrera, et c'est ce qui en rend l'application si scabreuse. Tantôt le principe se montre inexact, inapplicable, tantôt c'est le contraire. Et nous ne savons pas encore la cause de cette différence et, partant, nous ne pouvons encore dire quand il faut suivre le principe ou le laisser de côté, comme pouvant nous égarer dans les recherches.

On peut voir que j'ai fait l'examen critique du travail de M. Bertrand, absolument comme si, un an après, il n'avait pas publié un mémoire sur le même sujet (partiel), mémoire dans lequel il modifie considérablement les conclusions du travail précédent. Voici ce qui m'a déterminé, comme aussi pourquoi je me dispense d'examiner, ici, ce nouveau travail (14). L'auteur dit qu'il a été amené à faire ce nouveau travail, parce que au lieu des matériaux anciens de la carte de Potier, il avait pu établir une carte du socle primaire sur des données récentes et bien plus complètes de M. Parent. Or, chose extraordinaire, quand on compare les résultats obtenus au moyen de sa nouvelle carte, on constate qu'ils sont beaucoup moins bons que les résultats du premier travail. Il abandonne à peu près tout ce qu'il avait de neuf et de vrai, pour reprendre des idées anciennes qui, nous le montrerons, ne peuvent plus être admises maintenant.

En faisant plus loin l'exposé des idées nouvelles sur la structure du Nord-Ouest de la France, on pourra voir combien le nouveau travail est inférieur à l'ancien. Comment expliquer cela? C'est pour moi la preuve évidente que, tant qu'on s'en

tient aux très grandes lignes, le principe de Godwin-Austen tient encore bon et peut donner des résultats. Mais le principe ne peut résister à un examen poussé jusqu'au détail et appuyé sur de nombreux faits.

TROISIÈME OBSERVATION. — Jusqu'à présent nous n'avons guère étudié que des cas négatifs, pour le principe. Voyons-en d'autres. Le plus frappant, certes, nous a été procuré par l'application que M. R. Nicklès en a faite, lors de la recherche, en France, du prolongement du bassin de la Sarre. Mais il importe tout d'abord de bien préciser les termes du problème qui se posait là. Il était inutile de faire appel au principe du géologue anglais pour savoir où passait le prolongement. Le principe de la continuité en direction était d'une application aisée et sûre dans ce cas. Vu la largeur du bassin de la Sarre, aux points extrêmes connus, on n'avait que l'embaras du choix pour placer un premier sondage. Mais il fallait bien choisir, car on était certain que si le Houiller se prolongeait il serait recouvert d'une forte épaisseur de Stéphanien, de Permien, de Triasique et de Jurassique, à traverser pour arriver au Westphalien productif. Après de longues études sur le terrain, M. Nicklès désigna comme point favorable, sous le rapport de l'épaisseur des morts-terrains, Eply, et la suite a prouvé qu'il avait raison. Jusqu'à quel point faut-il mettre ce succès sur le compte du principe de Godwin-Austen comme le succès des sondages de Londres?

Si la série de terrains recouvrant le Westphalien d'Eply (âge encore douteux) était absolument complète, sans lacune ni discordance, la prévision n'aurait rien eu de prophétique, car elle résulterait du principe capital de la tectonique, que des terrains concordants doivent être affectés de la même façon par les grands plissements de l'écorce terrestre. Mais, d'un côté, nous ne savons si le Houiller d'Eply a la même allure que les morts-terrains, et dans ceux-ci il y a quelques lacunes peu importantes et, vraisemblablement, de faibles discordances. Pour plus de détails sur ce point, je renvoie au bon résumé, tout récent (67), de M. P. Pruvost, de l'état de nos connaissances. Le principe anglais a donc eu une part dans la recherche, mais elle n'est pas exclusive.

QUATRIÈME OBSERVATION. — Les bassins houillers belges offrent un champ d'étude très favorable pour trancher la question du degré de valeur à attribuer au principe de Godwin-Austen. Le Houiller de ces bassins est très plissé, à allures bien

connues, et l'on sait maintenant que les morts-terrains recouvrants le sont aussi, à un degré beaucoup moindre cependant, comme M. Bertrand l'a montré dans son travail précité. C'est à J. Cornet que revient le mérite de nous avoir fait connaître l'ampleur et la nature de ces mouvements récents de l'écorce. De nombreux travaux sur ce sujet ont été couronnés par la publication, sous les auspices du Service géologique, d'une carte à grande échelle (26) représentant la plate-forme primaire du bassin de Mons. Grâce à ces travaux, on peut dire que la structure de ce bassin est une des mieux connues, et comme il en est de même du substratum ancien, on trouve là réunies toutes les meilleures conditions pour un examen critique de la valeur du principe de Godwin-Austen. Nous exposerons les observations que nous tirons de l'étude de la documentation existante.

1° En nous aidant de l'excellent résumé que Cornet a fait des mouvements qui ont affecté le Bassin (19), nous pouvons voir, sur la figure 1, que la position du Bassin ou Golfe de Mons n'est pas fortuite et que ses caractères le sont encore moins. Trois facteurs ont concouru pour donner au Bassin sa situation, ses allures et même ses irrégularités.

Ce sont évidemment des érosions continentales qui ont créé le sillon qui a servi de première ébauche au Bassin. Le sillon wealdien a, en effet, son maximum d'épaisseur connue, superposé aux roches houillères, c'est-à-dire les roches les moins résistantes de la région. Quand on examine la disposition de toutes les assises du secondaire sur le bord Sud de l'Ardenne, on voit les bandes des diverses assises se succéder, du Nord au Sud, affleurant par leur tranche, dans le méridien du Bas-Luxembourg. Mais en allant vers l'Ouest, ces tranches d'affleurement débordent de plus en plus et les couches de plus en plus jeunes recouvrent de plus en plus les couches précédentes. C'est la preuve que l'affaissement graduel de l'Ouest du massif ardennais a permis à la mer du Bassin de Paris d'avancer de plus en plus vers le Nord, au point que, à l'époque albienne, cette mer est arrivée en face de l'embouchure du sillon continental de Mons. La mer y a pénétré et l'a d'abord élargi.

A partir de ce moment l'érosion continentale est devenue tout à fait accessoire et c'est l'érosion marine combinée avec une puissante intervention de plissements du socle primaire qui ont réussi à faire du sillon une belle miniature de géosynclinal longitudinal.

Enfin, les irrégularités de forme du bassin sont évidemment le résultat de plis transverses. L'expansion d'Havay-Binche est le prolongement du synclinal transverse marqué par le rapprochement des cuves de Mons, de Saint-Symphorien et de Mauraage. Le cap de Blaugies est le prolongement de l'anticlinal du Flénu. Quand on voit le golfe s'ouvrir largement, à l'Ouest d'Hensies, tant vers Nord que vers Sud, c'est la conséquence de l'épanouissement du grand synclinal longitudinal qui se bifurque et s'élargit à l'Ouest de Saint-Ghislain. Dans ces grandes lignes donc, on peut dire que la structure géologique du Bassin de Mons est conforme au plan indiqué par le principe.

2° Même dans les détails, certaines régions du bassin montrent une coïncidence entre des allures bien connues du Houiller et celles des morts-terrains superposés. Les coïncidences les plus frappantes sont réalisées quand le fond du synclinal longitudinal est superposé au massif houiller superficiel dit du Borinage, là où ses allures sont en pente très faible ou nulle, décrivant des courbes très arrondies et étalées. Ce sont ces allures qui ont joué le rôle actif pour provoquer la coïncidence. En effet, à l'Ouest de Saint-Ghislain, ces allures abandonnent l'axe du synclinal houiller, pour se porter sur son bord Nord, vers Hensies et Bernissart et au delà de la frontière française. C'est dans cette direction que la coïncidence des plis houillers et post-houillers continue à se montrer. Au contraire, à l'autre bout du Bassin, au delà de l'anticlinal transverse de Péronnes, ces allures particulières, devenant de moins en moins marquées, la coïncidence disparaît et fait même place à une divergence. Au-dessus de la cuve de Mont-Sainte-Aldegonde, dans une coupe par Leval-Trahegnies, Cornet (20) nous montre des couches tertiaires bombées au-dessus d'un synclinal bien marqué des couches crétaciques. Comme dans le Weald et le Boulonnais, le sommet du bombement est crevé par une vallée d'érosion.

3° Sur le bord Sud du Bassin, au fur et à mesure qu'on s'écarte des allures étalées du centre, pour arriver sur les plis serrés, redressés ou renversés, la coïncidence entre les plis anciens et récents devient de plus en plus faible, et, finalement, on arrive, en dehors du bassin houiller, par exemple dans la vallée de l'Hogneau (Roisin), où toute coïncidence est disparue. C'est ce que montre bien une coupe de Cornet (21) où l'on voit le Turonien du bassin de Mons, en couches horizontales, reposant sur du Dévonien fortement plissé. Comme exemple de

discordance par superposition, cette coupe est aussi belle que celle des traités didactiques anglais, montrant du Jurassique horizontal recouvrant le Dinantien plissé du Bassin de Bristol.

4° On connaît depuis longtemps l'existence, dans les morts-terrains, d'un synclinal bien marqué qui prolonge, chez nous, la cuve de Saint-Aybert de Gosselet. Elle passe par Hensies et Elouges et vient finir à Dour. Il est borné, à l'Est, par un anticlinal qui traverse tout le grand synclinal, car, parti du bord Sud du bassin houiller, il traverse son centre, pour se prolonger, après une petite interruption transversale, jusqu'à la paléocolline des Sartis, sur son bord Nord. Le plissement qui a produit ces deux plis n'a absolument aucune relation avec les plissements du Houiller sous-jacent, car ce plissement secondaire traverse le grand pli houiller, très obliquement, tout du long. Il a probablement, à l'origine, procédé des érosions, car l'anticlinal coïncide avec la partie la plus en relief du massif charrié de Boussu, aux roches certainement plus résistantes que celles du Houiller. Le synclinal correspondrait à l'intervalle que je suppose exister entre le massif de Boussu et celui de Crespin.

5° Sur l'extrême bord Nord du Bassin houiller de Mons, la coïncidence entre les plis du Houiller et du Dinantien et ceux des morts-terrains n'existe certes pas. Il a dû y avoir, sur ce bord, un sillon précrétacique, d'origine externe, continentale, devenu plus tard un pli synclinal tectonique. Ce synclinal accessoire, voisin du grand synclinal, est très visible sur la coupe que donne Cornet (24) du synclinal du Thiriau (Thieu). Ce sillon, rempli d'abord de Wealdien, est effacé plus à l'Ouest. Toutes les coupes de Cornet montrent en effet les premières couches du Crétacique inférieur dans une position étrange, comme appliquées sur le flanc Nord du grand synclinal. Cette étrange disposition peut s'expliquer de deux façons. On voit sur la coupe précitée du Thiriau que le grand synclinal a rongé le flanc Sud du synclinal du Thiriau. S'il l'avait rongé davantage, au point de faire disparaître complètement ce flanc Sud, les couches du flanc Nord y auraient la même attitude étrange. L'existence, dans le grand synclinal, de lambeaux de Wealdien fait croire à Cornet que cette attitude est simplement le résultat de pareilles érosions. Enfin, il se peut que la disparition du flanc Sud du petit synclinal soit due au fait que le flanc Sud du petit synclinal a été rabattu et ainsi supprimé par la formation du grand synclinal. Peu importe pour notre thèse. Il y

a eu synclinal évident, parallèle ou oblique par rapport au Houiller sous-jacent, mais celui-ci ne montre aucune trace de ce synclinal.

6° La coupe précitée du Thiriau montre la première trace d'un phénomène sur lequel Cornet a appelé l'attention depuis longtemps. C'est qu'au cours des temps secondaires et tertiaires, l'axe du grand synclinal longitudinal qui constitue le Bassin de Mons s'est progressivement déplacé vers le Sud (25). Une coupe détaillée qu'il a dressée (23) permet de voir que le synclinal cénomanien et wealdien était au Nord de la Haine. Le synclinal turonien avait son axe sous la colline Saint-Lazarre. Le synclinal sénonien avait le sien sous la Trouille. L'axe du synclinal montien s'est reporté vers le Nord, sous le beffroi de Mons, pour revenir, durant le Tertiaire, sous la Trouille. Ce n'est qu'alors qu'il a coïncidé avec l'axe du synclinal houiller du massif du Borinage. C'est assez dire que durant les temps antérieurs, le principe de Godwin-Austen n'était pas fondé, non seulement dans la connexion entre les plis primaires et secondaires, mais même entre ces derniers et les plis tertiaires.

7° La coupe précédente a reçu, par un récent sondage, une confirmation et même une accentuation. M. Marlière a en effet montré (57) que le fond de la cuve secondaire de Mons est nettement sur les allures houillères du bord Nord du Bassin et non sur son centre. Sa coupe (fig. 2) montre aussi un report vers le Nord de l'axe du synclinal montien. Mais cette coupe montre, en plus que la précédente de Cornet, un fort transport vers le Sud, durant le Sénonien, à la base de la Craie de Spiennes.

On pourrait citer, dans le Bassin, de nombreux exemples de discordances locales entre les allures que suppose le principe et celles qui existent en réalité. Je me contenterai de citer les cas suivants :

Dans une coupe longitudinale à travers la cuve de Quaregnon, Cornet (22) nous montre un synclinal tertiaire superposé à un anticlinal crétacique. Une autre coupe (fig. 1), au Sud de la précédente, montre le Tertiaire, bien localisé cette fois au centre de la cuve, mais horizontal, y compris même le Maestrichien, sur le reste du Crétacique plissé.

Dans une autre région du Bassin, à Bray, M. Marlière (58) nous montre une coupe où l'on voit un anticlinal turonien et sénonien superposé à un synclinal wealdien et lui-même recou-

vert de Tertiaire horizontal raviné par du Landénien supérieur (continental) (1).

Est-ce que toutes ces irrégularités ont de quoi nous étonner? Cornet (19) nous a montré que dans l'histoire du Crétacique et du Montien du Bassin de Mons il n'y a pas moins de vingt-deux émerSIONS et soulèvements, c'est-à-dire la preuve d'autant de mouvements en sens inverse. Peut-on concevoir que chacun de ces mouvements se reproduirait de façon à superposer chaque fois au même endroit, un mouvement dans le même sens? C'est impossible. La logique la plus élémentaire le défend. Oublierait-on que la formation d'un anticlinal a pour résultat d'empêcher la mer de s'étendre aussi loin qu'auparavant, si des érosions ne l'ont pas fait disparaître?

CONCLUSIONS. — Vu l'importance du problème, j'ai été amené à donner à l'examen du principe de Godwin-Austen une longueur démesurée. De l'exposé qui précède, il ressort avec la dernière évidence que le principe, loin d'avoir le caractère général que d'aucuns lui ont prêté, est au contraire exceptionnel. Et, malheureusement, nous ne savons pas encore maintenant dire d'avance où le principe se vérifie et où il est en défaut. Pour ce faire, il faudra encore accumuler de nombreux matériaux d'étude et se garder de généraliser trop vite. En attendant, on peut dire que le principe n'est pas un guide sûr et facile dans les recherches de bassins houillers et autres.

§ 5. Principe des plis obliques ou en relai.

Nous avons étudié, jusqu'à présent le rôle des plis longitudinaux et celui des plis transversaux. Mais il y en a d'autres, moins connus et plus rares. Leur influence est donc moins importante, sans être négligeable. Ce sont les plis qui semblent se relayer, se remplacer, car ils sont disposés comme en gradins, en escalier. Leur composante totale donne alors des directions obliques, synclinales ou anticlinales, par rapport aux

(1) Cette observation, comme plusieurs autres déjà citées, pourra être utile à ceux qui croient que tous les détails du relief de la surface et de l'hydrographie sont dus à des mouvements récents de l'écorce. C'est vrai dans beaucoup de cas, mais ce n'est pas non plus une règle générale sans exception.

axes longitudinaux et transversaux. Il faut donc, dans les recherches, éviter de les confondre avec les plis longitudinaux, beaucoup plus importants et dont la direction se rapproche le plus de la leur. Je citerai quelques exemples.

Lorsque ces plis obliques n'intéressent qu'un seul terrain, les cartes n'en décèlent pas la présence (sauf sur les cartes minières où les veines de houille sont représentées). Ils sont très visibles lorsqu'ils affectent des terrains d'âges très différents, séparés par une grande lacune de sédimentation surtout. Un cas typique est celui des Mendips qui bordent au Sud le bassin de Bristol. La chaîne a une direction générale au moins Ouest-Nord-Ouest. Mais au point de vue tectonique on y observe quatre anticlinaux secondaires soulevant le Dévonien supérieur (Upper old red sandstone) avec leur couverture concordante de Dinantien. Ces quatre plis sont placés en gradins, car en allant vers le Nord, chaque pli est reporté à l'Ouest par rapport au pli plus au Sud. Une ligne passant par le centre des quatre plis a la direction indiquée ci-dessus. Mais par rapport à la direction générale, cette ligne est oblique, car, dans chaque anticlinal, la direction est environ Est-Ouest. On a reconnu que seul le pli le plus au Sud-Est montre un axe silurien affleurant. C'est donc le plus important et la chaîne s'ennoie donc à l'Ouest-Nord-Ouest. Cela n'empêche pas qu'à très petite distance, vers l'Est, ce pli principal ne disparaisse sous une couverture mésozoïque sur laquelle son allure anticlinale est à peine accusée.

Lorsque ce genre de pli est court, c'est une déviation locale, sans grand intérêt. Il n'en est pas de même si le pli oblique se poursuit fort loin. Il trouble alors considérablement la valeur du principe de continuité en direction et en fausse les indications. C'est l'indice assuré qu'une partie importante du pli principal est reportée dans la direction indiquée par l'axe du pli oblique. C'est le cas ici : on peut suivre le pli oblique vers l'Ouest par l'îlot dinantien anticlinal de Flat Holm, dans le canal de Bristol, jusque dans les plis de la presque île de Gower, où il vient en contact avec le bord Sud du grand bassin houiller des Galles du Sud. C'est comme cela que ce bassin est reporté au Nord-Ouest par rapport au bassin de Bristol.

Il y a en Belgique un bel exemple de synclinal oblique : c'est le petit bassin houiller d'Anhée, près de Dinant. Sa partie Ouest, par une série de synclinaux secondaires, non interrompue, semble avoir une direction générale au Nord-Ouest. Ce n'est évidemment qu'une direction oblique, car l'allure des

digitations qui festonnent le bord de ce synclinal et la direction des couches de tout le synclinorium sont Est-Ouest. La ressemblance avec le pli des Mendips est très grande, même dans le détail.

La situation de ces deux plis, dans l'ensemble des formations plissées de leurs régions respectives, montre l'étroite relation existant entre ces plis obliques et les plis transversaux. De nombreux autres exemples confirmant cette relation, on peut dire que les plis obliques s'observent sur le flanc des plis transversaux. La chose s'explique aisément : c'est par leur intermédiaire qu'on passe de la direction longitudinale à la direction transversale.

§ 6. Principe des grands effondrements.

Comme l'a montré M. Bertrand, c'est à Ed. Suess que revient le mérite d'avoir retrouvé dans la structure géologique de l'écorce terrestre la preuve qu'on pouvait reconstituer le tracé d'anciennes chaînes de montagnes au moyen des fragments qui subsistent, visibles et sortant de la couverture des dépôts postérieurs. A ces fragments, qui font encore saillie, il a donné le nom de « Horst », dont la traduction française ne répond pas très bien à l'idée qu'on doit s'en faire. Il a appelé « Graben » ou fosses les régions environnantes qui, en s'affaissant par rapport aux massifs restés en saillie, ont permis à la mer d'entourer ces saillies et de les envelopper de ses sédiments. Ce que cette notion capitale avait d'imprécis au début a fini, avec le temps et les travaux de ceux qui ont approfondi le sujet, par former un corps de doctrines ayant un fond solide. L'effondrement étant le phénomène actif, l'autre étant supposé passif, c'est à lui surtout qu'on s'est attaqué. Les effondrements qui disloquent une chaîne de montagnes en perdition peuvent prendre deux allures : ce seront des géosynclinaux qui se formeront le long ou à travers la chaîne. Nous avons résumé dans les pages précédentes ce qui était utile à notre sujet de l'étude de ces plissements.

Ou bien il se produira, autour des Horst, des failles normales suivant lesquelles, généralement par gradins, des morceaux de la chaîne s'effondreront, de façon à former un ou plusieurs Graben isolant le Horst.

C'est de ce dernier mode de dislocation que nous allons faire une étude résumée, pour l'appliquer à nos recherches de bassins houillers.

Il est souvent très difficile, quand on étudie des effondrements, de décider auquel des deux types cités ci-dessus se rapporte le cas étudié. Lorsque les failles normales, qui limitent les massifs restés en saillie, n'ont pas un rejet considérable, il est très difficile de prouver leur existence et l'on peut croire qu'on a affaire à des plissements. Les failles normales étant toujours très voisines de la verticale, il est difficile de les recouper par sondage et elles passent inaperçues si les affleurements ne permettent pas de déceler leur présence. J'ai longuement étudié, au moyen d'exemples détaillés, le problème qui consiste à séparer ce qui revient au travail des érosions marines ou continentales, de ce qui est dû à des failles normales ou à des plissements (84, pp. 172 et suiv.). J'ai montré toute la difficulté du problème. Heureusement, quand il s'agit de failles normales à grand rejet, les difficultés disparaissent et il existe des moyens grâce auxquels on peut connaître, fort exactement, la structure géologique profonde d'un pays. Nous devons presque toutes nos connaissances dans ce domaine aux belles recherches poursuivies récemment par le Service officiel de prospection minière hollandais. Sous la direction de M. van Waterschoot, ce Service a accompli une campagne de recherches systématiques de loin la plus belle qui ait été pratiquée.

En Allemagne, dans la Basse-Rhénanie, de nombreuses recherches pour sel ou charbon ont prolongé vers l'Est les découvertes faites en Hollande. Des richesses minières insoupçonnées ont été reconnues.

A l'occasion de recherches de sel, que je dirigeais, dans le Nord du Limbourg (96), j'ai pu poursuivre jusque chez nous les allures extraordinaires de Horst et de Graben qui caractérisent ces régions, dont le sous-sol était auparavant totalement inconnu.

Pour l'intelligence de notre sujet, il nous faut donner un résumé très bref du résultat de tout cela. On trouvera les détails dans deux publications abondamment illustrées parues, l'une au cours de la campagne (101), l'autre à la fin (1). De l'examen de ces travaux on voit que la mer formée dès le Permien supérieur, à l'emplacement des mers du Nord et Baltique, a pu persister, grâce à une succession d'effondrements qui se poursuivent encore de nos jours. Les principaux étaient longitudinaux, c'est-à-dire allongés suivant la direction du ridement hercynien sur le bord Nord duquel ils se localisent. Des failles transversales découpent les massifs précédents en

multiples claveaux et découpent même le bord du ridement hercynien. De tout cela résulte une structure géologique qui nous frappe par son aspect étrange et nouveau et où évidemment le plissement ne joue plus qu'un rôle infime. Il ne peut donc plus y être question, dans les recherches, semble-t-il, d'y faire appel aux principes basés sur la direction des plis. Remarquons tout d'abord que, dans ces recherches, la question de l'existence du terrain houiller et de savoir où il gisait ne se posait pas. En long, on voyait le bassin de Campine se prolonger jusque près d'Anvers et, en travers, la largeur du bassin, en Westphalie, était là pour dire que le quart Sud-Est de la Hollande reposait sur du terrain houiller. Mais quand on voit que les failles d'effondrement ont fait descendre ce Houiller au delà de 2 kilomètres, il était absolument nécessaire de rechercher ce Houiller, non pas à des profondeurs pareilles, dans les Graben, mais sur les Horst. Encore fallait-il savoir où se trouvaient les Horst.

Nos connaissances sur ce genre d'effondrement sont encore trop jeunes pour que nous puissions y trouver des fils conducteurs. Peut-être certains de ces Horst sont-ils une forme modifiée et terminale des plis obliques que nous montre le massif montagneux entre le Rhin et l'Elbe. Le Horst de l'Overyssel est manifestement sur l'alignement du Teutoburger Wald et de son noyau ancien le Hartz. Le Horst de Winterswyck (Gueldre) serait le prolongement du Thuringerwald. Mais tout cela, surtout le dernier, est encore bien douteux, d'autant plus que le Horst du Peel, le mieux connu, ne semble trouver aucun correspondant dans le socle ancien. Ce Horst est, il est vrai, nettement transversal.

Aussi on est parti prudemment, à partir des régions connues, en s'avancant vers l'inconnu. Au bout de quelque temps, on a reconnu un fait très important, maintenant hors de doute : c'est que toute la région comprise entre Liège et l'extrémité du bassin westphalien est parcourue par des failles normales (1, atlas, pl. 13), dont la direction ondule autour de la direction Nord-Ouest à Sud-Est. Parmi ces failles, il en est à très fort rejet, surtout localisées au voisinage de la Meuse et du Rhin, et qui limitent les Horst les plus saillants. Un système de failles transversales, moins abondantes et souvent moins importantes, contribue à donner aux Horst et aux Graben la forme de claveaux grossièrement rectangulaires. Quand on est parvenu à localiser ces failles, elles peuvent servir à délimiter et à pour-

suivre l'étude de ces claveaux .Mais, comme nous l'avons dit plus haut, la recherche d'une faille normale est chose difficile et son existence est douteuse si son rejet n'est pas élevé. Mais si ce rejet n'intéressait que le socle ancien primaire, la détermination du rejet nécessiterait des sondages très profonds et très coûteux. C'est alors que M. van Waterschoot a pu déduire des observations qu'il venait de faire une méthode d'étude de ces failles aussi simple (101, p. 422) que rapide et partant peu coûteuse. Il avait reconnu que les grandes failles qui bordent les régions effondrées ont joué à diverses reprises et encore récemment. Des terrains superficiels sont donc affectés par ces failles et de nombreux petits sondages, constatant ces rejets, peuvent servir à délimiter les Horst. L'étude des mouvements des terrains récents peut donc, avec bien plus de facilité et de sûreté, contribuer à nous renseigner sur la constitution géologique du sous-sol. Si l'on en veut une preuve, il suffit de voir, dans les régions des grands effondrements de Ruremonde et de Venlo, la carte (1, fig. 8, p. 112) montrant l'extension de l'Oligocène, pour constater que cette carte, qui nous montre les régions où ce terrain est à faible profondeur accessible, concordent rigoureusement avec la carte des Horst où le Houiller est aussi à profondeur accessible (101, pl. I, hors texte). Malheureusement, si le sens du rejet nous permet souvent de déterminer d'avance à quel terrain on aura affaire en profondeur, la règle qui veut que, dans un effondrement, des terrains supérieurs soient descendus et de ce chef aient été préservés de la dénudation est loin d'être sans exception. Un exemple remarquable nous est fourni par un Graben que les Allemands appellent le *Niederrheinische Bucht*. Ce n'est pas une baie due à l'érosion, c'est un vrai Graben et les recherches hollandaises ont précisé le tracé des failles qui le limitent vers l'Ouest. On pourrait donc croire qu'on va retrouver dans ce Graben, mais en profondeur, les mêmes terrains anciens qu'on observe sur les Horst avoisinants. Or, en face du Houiller on trouve, dans le Graben, du Dévonien, et pour retrouver du Houiller dans ce Graben, il faut aller très loin au Nord.

On peut donner diverses explications de ce fait. Elles sont accessoires ici. Je me contenterai d'avoir cité le fait pour montrer qu'il y a encore beaucoup à apprendre pour pouvoir émettre des prévisions motivées, quand on sait qu'on est en pays de grands effondrements.

§ 7. Principe des grands charriages.

Il est presque superflu de dire que la considération de ces phénomènes doit intervenir dans toute étude de nouveaux bassins houillers. On sait en effet que de nombreux et importants bassins, de tout âge, ont été profondément affectés par de puissantes failles de charriage.

L'étude de ces accidents dans les travaux miniers et celle de la constitution des chaînes de montagnes ont fait faire d'énormes progrès à ce chapitre de la tectonique. Il nous incombe ici d'utiliser ce qui, dans les connaissances acquises, peut être pris comme guide dans le cadre restreint, quoique vaste, de la recherche de nouveaux bassins ou d'extensions de bassins anciens.

1° La première étude à faire consiste, évidemment, à déterminer l'existence des failles de chevauchement ou de charriage et éventuellement à les distinguer des failles normales du paragraphe précédent. Ce n'est pas toujours aussi facile qu'on pourrait le croire. La preuve en est que, durant plus d'un siècle, on s'est mépris sur la détermination de la grande faille limitant au Sud le bassin de la Sarre. L'erreur qui consistait à la prendre pour une faille normale provenait de ce qu'on avait pris pour une faille normale un joint de discordance de stratification, par transgression, du Triasique sur le Houiller. Je sais par expérience personnelle combien il est parfois difficile de faire la distinction. Le joint de discordance correspond souvent à une séparation de roches inégalement résistantes et il devient facilement la cause de légers glissements normaux, provoqués par du tassement postérieur. Un glissement insignifiant peut disloquer les roches au point de simuler une faille considérable. Inversement, une faille de chevauchement énorme peut parfois passer presque inaperçue, pour avoir emprunté un joint de stratification ou pour toute autre raison. Je conserve soigneusement des échantillons de sondages à travers la faille du Midi belge, montrant du Dévonien inférieur appliqué sur du Houiller de façon si concordante, avec soudure si parfaite, qu'on s'y tromperait. La pratique a montré aux spécialistes les caractères au moyen desquels on peut arriver à éviter l'erreur. Dans le cas de la Sarre, l'énormité du rejet et la faible inclinaison de la faille auraient dû mettre les géologues anciens sur la trace de l'erreur, car l'un et l'autre sont tout à fait inusités pour une

faille normale. On trouvera l'exposé détaillé de ce que je viens de résumer dans le travail de M. P. Pruvost (67, p. 119).

2° Parmi les nombreux caractères des failles de charriage, il en est trois qui sont d'un intérêt capital pour notre sujet; ce sont :

A. — L'allure de ces failles en direction. On peut poser comme principe assez général que des failles de ce genre, congénères, sont sensiblement parallèles. Une faille importante fait sentir son influence à grande distance et elle est toujours précédée, accompagnée ou suivie de failles secondaires. Ces petites failles, rencontrées dans les exploitations ou recherches, peuvent nous mettre sur la voie de l'allure de la grande faille qui peut être inconnue. Encore une fois, malheureusement, ce n'est pas une règle absolue; il y a des exceptions. Il y a des failles divergentes, par suite de bifurcations ou d'effilochements. Nous ne pouvons entrer dans le détail. Ce qui échappe surtout à la prévision, c'est la donnée capitale, c'est l'allure de la direction. A cet égard, ces failles sont tout ce qu'il y a de capricieux. Tantôt elles restent rectilignes et tout à coup, pour des raisons qui nous échappent encore, elles s'infléchissent, ondulent en tous sens, même à angle droit. On devine les conséquences.

B. — L'allure de ces failles, en inclinaison, n'est pas moins capricieuse. Toutes les inclinaisons sont possibles avec toutes les variations, pour une même faille, avec des paliers et même des contrepentes. Ce sont ces contrepentes qui, avec le concours des érosions, produisent ces cas si curieux et si importants au point de vue des recherches qu'on a appelés « des fenêtres ». Il y a des fenêtres visibles, mais il y en a certainement beaucoup qui restent inconnues, soit parce que les érosions n'ont pas réussi à les débloquent, soit parce qu'elles sont trop faibles comme relief ou trop profondément enfouies. Il peut y avoir des fenêtres longitudinales et d'autres transversales, suivant que leur allongement se fait parallèlement aux plis longitudinaux ou aux plis transversaux. Les plus fréquentes sont celles qui se trouvent au croisement de ces deux espèces de plis anticlinaux, car alors ils combinent leur effet. Ces fenêtres se reconnaissent à leur forme grossièrement circulaire ou quadrangulaire.

La faille de Theux a donné naissance à une fenêtre qu'on pourrait appeler mixte, car sa partie Nord est de forme assez symétrique, quadrangulaire, tandis que l'extrême allongement

de son angle Sud-Est suggère, sans aucun doute, l'influence d'un anticlinal très longitudinal, crevé par l'érosion.

Quand nous ferons l'étude des régions belges bordant, au Sud, la grande faille du Midi, nous montrerons quelles indications on peut retirer des plissements transversaux que la carte géologique décèle dans le massif charrié par cette faille, au voisinage de son affleurement actuel.

J'ai exposé précédemment (90) les remarques que m'a suggérées l'étude des grandes failles et au moyen desquelles on peut reconnaître leurs allures inconnues. Je renvoie à ces publications.

C. — Une chose évidemment importante dans ces failles, c'est l'importance de leur rejet réel (qu'il ne faut pas confondre avec le rejet apparent). Nous ne sommes pas tout à fait désarmés quand il s'agit de prévoir l'importance du rejet d'une de ces grandes failles. Le rejet apparent n'est jamais qu'un minimum. Quant au rejet réel, sa prévision peut s'appuyer sur des considérations déduites des connaissances que nous avons sur la stratigraphie du Houiller dans les bassins considérés. Dans les bassins du type marin (Mississipien) ou paralique (Européen), on sait que les variations lithologiques, paléontologiques ou chimiques des couches de charbon ou des roches encaissantes ne se font qu'avec lenteur et progressivement. Les changements brusques sont l'exception. De plus, on sait aussi que ces changements se font d'ordinaire plus rapidement dans le sens de l'inclinaison des strates que dans celui de leur direction. Ces deux remarques ne peuvent, on le conçoit, conduire à des évaluations bien précises. Leur valeur dépend surtout de l'étendue de nos connaissances détaillées. Néanmoins, elles permettent de se faire une idée de l'importance du rejet. Plus les différences sont grandes et nombreuses entre les deux massifs mis en présence par la faille, plus grand doit être le rejet pour expliquer cette différence. C'est en me basant sur une considération de ce genre que j'arrive à évaluer le rejet réel minimum de la faille de Boussu. En effet, cette faille a amené en plein bassin un lambeau de poussée où les assises de Chokier et surtout d'Andenne sont différentes de tout ce que l'on connaît sur le bord Sud de ce bassin et elles doivent donc venir d'encore plus loin, au Sud (91, p. 156).

D'autres considérations encore, mais aussi d'ordre stratigraphique, m'ont permis d'appuyer mes déductions sur le rejet de la même faille (91, p. 98).

Il est quelquefois possible, en utilisant cette méthode, d'acquiescer non seulement la donnée utile de l'importance du rejet, mais encore celle non moins précieuse de l'âge des massifs qui gisent dans les régions inconnues où la faille se prolonge. En effet, si la faille a amené du Houiller supérieur productif et l'a charrié au loin, c'est la preuve évidente que ce Houiller productif s'étend jusqu'au point où la faille l'a coupé.

En 1910, je m'autorisai de ce raisonnement pour conseiller des recherches, au Sud, aux charbonnages de la région de Marcinelle-Nalines, recherches qui furent fructueuses. J'avais constaté que les lambeaux de poussée charriés de la région n'étaient pas composés uniquement, comme on l'avait cru, de terrains stériles, mais aussi de Houiller supérieur productif. Celui-ci devait donc nécessairement s'étendre assez loin au Sud, vu le rejet considérable des failles qui ont charrié ces lambeaux. De plus, dans ces lambeaux, le Houiller était en dressant renversé. On pouvait donc croire qu'il en était de même dans le massif en place et c'est une circonstance favorable, car, avec ce genre d'allures, on peut, en descendant, recouper des terrains de plus en plus jeunes, donc plus productifs, dans notre Houiller.

Une réunion de circonstances opposées m'ont fait penser que les recherches entreprises dans le pays de Liège, près de Pepinster, n'avaient guère de chances de réussite industrielle. En effet, les écailles de poussée charriées sur le bord Sud du bassin de Herve sont toutes composées uniquement de Houiller inférieur stérile et en plateure, comme on peut le voir sur la coupe du tunnel de Bai-Bonnet du charbonnage du Hasard qui les a traversées. La grande faille qui a charrié ces écailles n'a donc pu les enlever qu'à un massif de Houiller inférieur, en plateure, stérile et où il ne sert de rien de s'enfoncer.

Mais si ces recherches de Pepinster-Theux ont été un insuccès industriel, elles ont été un triomphe de la Géologie théorique et ont montré ce qu'on peut en attendre dans la recherche des gisements houillers. Elles font le plus grand honneur à leur promoteur, M. P. Fourmarier.

On peut encore arriver à estimer l'importance du rejet des failles de charriage en partant de considérations purement tectoniques, quand les circonstances s'y prêtent. Si dans les massifs charriés il y a des allures différentes et compliquées, on peut, en essayant de rétablir les choses telles qu'elles étaient avant les failles, en réajustant convenablement les massifs bout à bout, suivant les allures convenables, on peut arriver à

connaître le rejet total de toutes les failles. C'est en procédant ainsi que H. de Dorlodot, en partant de la coupe des lambeaux de poussée de la région de Châtelet (27, pl. V), a pu reconstituer la planche VI, remettant les choses comme elles étaient avant les failles et permettant ainsi d'évaluer leur rejet total.

Pour finir ce sujet, je n'ajouterai plus qu'une observation, faite dans les bassins anciens belges, et qui ne s'applique donc qu'à eux ou à des bassins de condition similaire.

Si du Nord on s'avance vers le Sud, c'est-à-dire vers la direction d'où sont venues, chez nous, les poussées orogéniques, les premières failles (la faille du Placard, par exemple) sont de simples redoublements, à rejet assez faible, assez inclinées au Sud et provenant du déchirement de plis couchés.

Au fur et à mesure qu'on s'approche du Sud, les failles deviennent moins inclinées, à rejet plus fort; on passe au type de faille de refoulement, puis de chevauchement (failles du Centre, du Gouffre, du Carabinier). Finalement, au bord Sud, on observe les failles de charriage avec leurs massifs de poussée, leur rejet parfois énorme, leurs inclinaisons en général très faibles, avec contrepentes et fenêtres (failles d'Ormont, du Midi, etc.). De la position d'une faille dans le bassin, on peut conjecturer son type et son importance.

Il est inutile, je pense, d'ajouter que le rejet de toutes ces failles peut, pour une même faille, varier dans des limites énormes, dont nous ne saurions encore, dans nos contrées, mesurer l'amplitude, faute de faits.

De ce qu'on connaît le rejet d'une faille en un point, il serait peu scientifique de croire que ce rejet restera le même partout. Une faille a nécessairement deux bouts où son rejet est nul, si rien ne la contrarie. Dans l'intervalle, elle peut varier de rejet. J'espère pouvoir, dans la seconde partie, fournir des exemples de ces variations.

§ 8. Principe paléogéographique.

J'appelle de ce nom le principe qui s'appuie sur les méthodes qui nous conduisent à reconstituer la géographie des temps géologiques et, naturellement, ici, la géographie des régions où l'on recherche du Houiller, et à l'époque houillère.

Nous aurons assez vu, par les pages précédentes, qu'aucun des principes précédents n'est ni absolument sûr, ni utilisable dans tous les cas. En pareille circonstance, quand on a plusieurs outils à sa disposition, il serait déraisonnable de n'en utiliser

qu'un! Il faut, au contraire, en utiliser le plus possible, complétant les indications de l'un et les contrôlant par celles des autres. C'est pour cela que je me propose de montrer qu'il y a encore un autre principe auquel on peut avoir recours. En lisant les travaux consacrés à des recherches de bassins houillers, on trouve des allusions à ce principe et des applications même. Mais elles sont restées confinées à des fragments de ce principe. Son emploi n'a jamais fait, je pense, l'objet d'une étude d'ensemble; on n'a jamais exposé son utilité, sa nécessité même. Ce sont ces deux points que je traiterai d'abord ici. Quant aux méthodes d'emploi du principe, à ses possibilités, pour ne pas faire double emploi, on les trouvera dans la seconde partie, où elles seront exposées en détail, dans les exemples et les cas de recherches de nouveaux gisements qui feront l'objet de cette seconde partie.

Lorsqu'on veut entreprendre une recherche de nouveau gisement ou d'extension importante de gisement connu, il faut se poser de nombreuses questions et cela dans un ordre bien défini, d'ailleurs le seul logique. Les premières questions à poser seront évidemment d'ordre géologique,

C'est à la Géologie qu'il faut demander où il y a eu des bassins houillers et si ces bassins existent encore. Si sa réponse est négative, il est inutile de formuler une troisième question, d'étudier où et comment il faut faire les recherches. A plus forte raison il serait superflu de faire appel aux ingénieurs, seuls compétents pour nous dire tout ce qui concerne l'exploitation du bassin futur, et finalement aux financiers, dont le rôle est de s'occuper, dans leur spécialité, des voies et moyens.

Or, pour avoir une réponse adéquate aux deux premières questions géologiques, c'est évidemment à la paléogéographie qu'il faut s'adresser. C'est elle qui, pour ce cas particulier, peut seule indiquer où s'est déposé le Houiller productif et aussi les régions où il a été préservé de l'attaque des forces destructives.

On a conçu la paléogéographie de deux façons. Il y en a pour qui elle ne consiste qu'à représenter, par des cartes, l'extension des divers terrains de l'écorce terrestre. Ces cartes peuvent être plus ou moins agrémentées de termes géographiques tirés de la nature des sédiments constituant ces terrains : continentaux, marins, fluvio-marins, etc.

Je n'appellerai pas cela de la paléogéographie, mais bien de la cartographie géologique actuelle, perfectionnée. En effet, au lieu de représenter simplement, comme on le fait sur les

cartes géologiques, l'extension des affleurements des diverses formations, on représente leur extension actuelle réelle (surface et profondeur).

La véritable paléogéographie consiste non seulement à faire ce que nous venons d'exposer, mais à essayer de reconstituer d'abord l'extension réelle de tous les terrains, au moment où ils se sont formés, en indiquant les conditions géographiques dans lesquelles ils se déposaient. Je n'apprendrai rien à personne en disant que pareil travail est le plus difficile que le géologue ait à exécuter. En effet, pour arriver à ses fins ce travail comporte :

1° La récolte des documents et des données sur lesquels les déductions seront fondées. Contrairement à ce que l'on pourrait croire, ce n'est pas chose si facile, étant donné le nombre de faits qu'il faut mettre en œuvre. La première tâche consiste à dresser la cartographie actuelle, dont nous parlions plus haut. Cette cartographie doit s'étendre non seulement à la formation que l'on étudie, dans l'espèce le Houiller, mais aussi à plusieurs formations sus ou sous-jacentes, et doit porter, parfois, sur des régions très étendues. Les cartes géologiques, principales sources, sont, on le sait, plus ou moins à la page, mais ne peuvent l'être complètement. Elles ne renseignent d'ailleurs que la surface. Pour savoir ce qui se passe en profondeur, il faut consulter d'innombrables publications, bien souvent étrangères à la géologie. Le moindre sondage, un outlier insignifiant, une crevasse qui a gardé quelques sédiments, tout cela, et j'en passe, peut révéler des extensions de formations insoupçonnées.

2° Une fois en possession des matériaux, commence la tâche, encore plus difficile, de les utiliser et de les interpréter. Il n'y a probablement pas un seul principe de Géologie qui ne doive intervenir en pareil cas, manié avec un sens critique aiguisé par l'expérience. Je n'insiste pas, le présent travail n'étant pas un traité de Géologie.

Mais si nous pouvions avoir des cartes paléogéographiques, je ne dirai pas parfaites, c'est impossible, mais simplement déjà bien perfectionnées, de quelle aide précieuse ne seraient-elles pas pour nous guider dans nos recherches! La plus grande utilité de ces cartes serait, je pense, de permettre un emploi plus judicieux des principes que nous avons cités comme devant être employés dans les recherches de Houiller. Il faut bien le reconnaître, ces principes ont été, bien souvent, maniés à l'aveuglette, ou de façon bien sommaire. De là des échecs retentis-

sants ou des centaines de recherches entreprises pour les motifs les plus futiles.

Mieux outillés, nous ne chercherions pas du Houiller là où il n'y en a jamais eu, ou bien, plus souvent encore, là où il n'y en a plus. Nous ne prendrions pas le bord d'un bassin pour son centre et ne ferions pas de déductions basées sur une erreur pareille. Nous ne confondrions pas un petit bassin isolé, accessoire, avec son voisin, le grand bassin. On ne prendrait pas comme allures originelles des allurés dues à des érosions postérieures ou à des influences tectoniques. On connaîtrait d'avance la position des grands axes transversaux et beaucoup de détails qui, nous le montrons dans la seconde partie, sont utiles ou indispensables à connaître pour guider les recherches.

DEUXIÈME PARTIE

Y A-T-IL ENCORE, DANS LE NORD-OUEST DE L'EUROPE, DE NOUVEAUX BASSINS HOUILLERS A DÉCOUVRIR OU DES EXTENSIONS IMPORTANTES DE BASSINS ?

Après avoir exposé les principes directeurs de recherche, il nous reste à étudier leur application à quelques cas particuliers. Outre que nous pourrions ainsi mieux faire comprendre, par des exemples concrets, ce que nous avons dit dans la première partie, nous essayerons de résoudre certains problèmes non encore résolus et qui ont vivement retenu l'attention.

Le Nord-Ouest de l'Europe est la région du monde dont la constitution géologique est la mieux connue, grâce aux immenses travaux qu'ont nécessités l'exploitation de ses richesses minières exceptionnelles et les besoins en eau et en matériaux d'une population dense et fortement industrialisée. Malgré cela, il y reste encore des régions assez étendues où, depuis longtemps, on soupçonne la possibilité de l'existence de gisements houillers. Étudier toutes ces régions serait une besogne bien vaste. Il y a d'ailleurs des régions nombreuses dont l'étude détaillée nécessite des compétences que je ne possède pas. Car, je le répète, ce n'est pas par des généralités ou avec des connaissances sommaires qu'on peut espérer avoir encore quelque chance de succès. Parmi ces régions, il y a celle où, au centre de l'Angleterre, on pratique des recherches pour trouver des extensions aux bassins du South-Staffordshire, du

Warwickshire, du Leicestershire. Pour guider les recherches par là, il faut faire appel à des connaissances tellement détaillées et si spéciales, que seul un géologue du pays peut espérer les posséder. Plusieurs de ces recherches ont d'ailleurs produit des résultats; d'autres sont déjà arrivées à terme. Je voudrais d'ailleurs me borner à étudier un petit nombre de problèmes, pour pouvoir le faire en plus grand détail. Je n'étudierai que deux problèmes d'ordre très général et dont la solution demande la mise en œuvre de tous les principes précités.

Si l'espace nous le permet, nous examinerons, pour finir, quelques cas plus détaillés intéressant la Belgique.

**§ 1. RECHERCHES DES CONNEXIONS
ENTRE LES BASSINS DU NORD-OUEST DE LA FRANCE
ET CEUX DU SUD DE L'ANGLETERRE**

I. — BASSINS DU PAS-DE-CALAIS

S'il y a un problème qui a captivé, depuis près d'un siècle, l'attention des géologues, des deux côtés du détroit, c'est bien celui de savoir où passe le bassin que tout le monde suppose exister et qui met en communication le bassin du Pas-de-Calais avec celui de Bristol. Ce sont surtout les Français, plus pauvres en charbon, qui ont déployé dans ces recherches un esprit d'initiative et une ténacité, dignes d'admiration. Cette admiration grandit encore quand on voit les efforts déployés, les nombreux travaux publiés sur la matière, les innombrables fosses ou sondages pratiqués pendant plus d'un demi-siècle et toujours sans le moindre résultat.

Quand on fait l'histoire de toutes ces recherches, on dirait que la Nature, après avoir favorisé la France en la dotant des riches bassins du Nord et du Pas-de-Calais, lui a subitement refusé ses faveurs et a pris plaisir à lui jouer de mauvais tours. J'en vois la preuve dans le fait que la Nature a placé dans la zone inconnue deux indications destinées à donner de l'espoir aux chercheurs et qui, en fait, ne pouvaient que les embourber dans une fausse direction. Une de ces indications est constituée par l'extrémité Ouest du bassin du Pas-de-Calais. En voyant, fortement réduite, la silhouette du bassin, ne dirait-on pas voir une main avec un doigt (cette extrémité Ouest), pointant dans une direction, celle où il fallait rechercher le Houiller disparu, à Fléchinelle? Quand les chercheurs se furent bien acharnés à sonder dans cette direction, sans aucun résultat, ils tournèrent,

dans une deuxième phase, leurs efforts vers un deuxième appât trompeur. Cet appât, vers lequel pointait d'ailleurs le doigt trompeur, c'était l'îlot houiller du Boulonnais. Là aussi, sans être aussi complètement stériles, les recherches ne parvinrent pas à réaliser l'espoir caressé de retrouver la partie riche du bassin. Il y avait de quoi se décourager et l'on comprend qu'il y ait eu arrêt dans les recherches. Comme cet arrêt ne faisait pas l'affaire de la Nature, elle a fait miroiter un troisième appât devant les yeux des chercheurs, en permettant la découverte du bassin de Douvres. L'indice était de taille; aussi une nouvelle campagne de sondages fut-elle entreprise, poursuivie avec ténacité et, on le sait, hélas, aussi infructueuse que les précédentes. La longue période de calme qui a suivi s'explique donc aisément. Comme nous le disions au début, c'est durant ce calme qu'il convient de faire un sérieux examen de conscience, qui, dans ce cas-ci, peut, avoir une très brève conclusion. Si l'on n'a jamais réussi, c'est qu'on n'a jamais suivi la bonne direction et qu'on s'est toujours laissé entraîner par des indices trompeurs. En disant cela je ne fais de reproche à personne; je fais une simple constatation. C'est si facile de faire le prophète après coup!

Il me reste alors, et ce ne sera pas si court, à montrer ce qu'il aurait fallu faire, je ne dis pas pour réussir, mais pour se mettre dans les seules bonnes conditions de réussite. Pour qu'on sache tout de suite ce que je vais essayer de prouver, je poserai une suite de propositions dont chacune trouvera son développement dans un paragraphe de ce chapitre. Ces propositions montreront comment on peut appliquer, dans un cas particulier, les principes généraux que nous avons énoncés dans la première partie. On pourra voir ainsi la complexité du problème et se persuader que, grâce aux progrès de la géologie, il n'est plus de mise, actuellement, de rechercher de nouveaux bassins, ou des extensions de bassin, par les procédés simplistes en usage aux temps héroïques de cette science.

Au point de vue logique, il nous semble qu'un problème de recherche de nouveaux bassins doit comporter, dans ses études préalables, les trois opérations suivantes :

1° Déterminer, par la paléogéographie, l'état dans lequel se trouvaient les bassins houillers durant leur formation et les conséquences qui en découlent pour les caractères des sédiments des diverses parties des bassins. Une fois cette étude faite, on peut, par réciproque, déduire des caractères d'un massif

houiller, aujourd'hui isolé ou tronqué, la position qu'il occupait jadis dans les grands bassins.

2° On sait que presque tous les bassins du Nord-Ouest de l'Europe ont été plus ou moins affectés par la formation de la chaîne hercynienne. Cette formation a entraîné la production de nombreux plis : longitudinaux, transversaux et obliques, accompagnés de failles de toutes espèces et de charriages parfois énormes. Ces phénomènes ont profondément modifié la distribution, l'étendue et les allures des divers bassins. Il importe naturellement de voir l'effet particulier que ces mouvements hercyniens ont eus sur la région qui nous occupe.

3° Enfin une série variée d'érosions, marines ou continentales, poursuivies depuis le ridement hercynien jusqu'à nos jours, a broché sur le tout et nous a laissé plus ou moins visible ce qui reste de la formation houillère primitive.

Ces trois opérations feront l'objet de propositions successives que nous développerons, dans l'ordre indiqué, en autant de chapitres.

Nous verrons alors que le Nord-Ouest de la France est une région unique au monde, car elle nous offre le champ d'étude de ce genre le plus compliqué et celui qui demande, pour sa solution, la mise en œuvre de tous les principes énumérés dans la première partie.

Nous verrons alors, comme conclusion, où il faudrait rechercher la continuation occidentale des bassins aujourd'hui connus, dans le Nord-Ouest de la France, dans le grand synclinorium Namur-S. Wales. Pour concrétiser cette conclusion, nous avons dressé une carte géologique du Nord-Ouest de la France (Pl. II), basée sur les faits connus et montrant, pour les régions douteuses ou mal connues, les structures que nous croyons les plus probables, d'après l'exposé fait dans ce travail. Pour ces régions douteuses, la justification des tracés se fera au fur et à mesure du développement de notre thèse.

Première proposition : Application de la Paléogéographie.

Comme c'est la partie la plus neuve, la plus utile, mais aussi la plus compliquée de mon travail, je serai bien forcé de l'allonger démesurément. Il ne s'agit rien moins, en effet, que de reconstituer la géographie d'une région assez étendue, compliquée et très ancienne et qui, partant, a eu à subir, durant longtemps, l'influence des agents géologiques. Comme une

géographie découle nécessairement de modifications à des géographies antérieures et qu'elle a aussi été modifiée par les périodes subséquentes, notre étude ne pourra pas être confinée, dans le temps, à la période houillère, ni, dans l'espace, à la région étudiée.

Notre première tâche est de nous représenter dans quel état était notre région quand le Houiller s'y forma. Pour cela un peu d'histoire géologique est nécessaire.

A. — *Époques silurienne et dévonienne.*

Pendant le Cambrien et le Silurien, une vaste mer, débordant les limites de notre région, l'avait couverte de ses sédiments quand, juste à la fin du Silurien, se produisit une des phases importantes du ridement calédonien. Sous son influence, la plus grande partie de notre région fut exondée. A l'Est du massif gallois, la mer se transforma en un lac aux conditions rappelant celles des lacs écossais de l'Old red sandstone. On a cru longtemps que la mer avait complètement disparu du Nord-Ouest de l'Europe, mais une belle découverte due aux géologues de l'École de Lille (4), grosse de déductions paléogéographiques, a montré que la mer avait continué à subsister dans une région qui, avant d'être charriée par des failles au-dessus du Houiller du Pas-de-Calais, devait se trouver plus au Sud, quelque part en Picardie. Toute la région exondée était affectée de plissements atteignant leur hauteur maximum en Écosse. Ces plis, encore très prononcés de nos jours dans le Cumberland et le Massif Gallois, vont en s'effaçant de plus en plus vers le Sud-Est. Néanmoins, il est certain que les massifs siluro-cambriens du Brabant, du Condroz et de l'Ardenne leur doivent leur premier relief. Ces massifs avaient sans doute, mais moins bien marquée, la direction Nord-Est, qui est la direction générale du ridement.

Dès le début du Dévonien inférieur, la région que nous appelons le bassin de Dinant fut de nouveau envahie, sur son bord Nord, par la mer silurienne picarde, et, d'après la faune dite de Mondrepuits, on voit que la transgression marine avait déjà commencé plus tôt sur le bord Sud du bassin. C'est la première preuve nette, chez nous, de l'instabilité de l'écorce qui fait que cette écorce est sans cesse en mouvement, tantôt d'un côté, tantôt de l'autre, ce qui produit des transgressions et des régressions que l'on croyait jadis générales et contemporaines, mais qui, s'échelonnent, au contraire, dans le temps et l'espace. Au

début du Dévonien moyen, la mer continue à subsister dans le bassin de Dinant, mais elle gagne progressivement vers le Nord. On la voit, en effet, envahir la région Sud du bassin de Namur et passer même au delà de la voûte silurienne du Condroz jusque dans la région Nord du même bassin, où, finalement, à l'époque givetienne, nous la voyons battre le flanc Nord du bassin, sur le massif siluro-cambrien du Brabant. A partir de ce moment, c'est ce massif qui donne des signes continuels d'instabilité. Il en résultera, jusqu'à la fin du Primaire, une alternance continue de transgressions et de régressions dont toutes, chose importante à noter, seront toujours, comme les précédentes, provoquées par une mer avançant du Sud vers le Nord.

Comme c'est de l'étude de ces mouvements divers que nous tirerons les données paléogéographiques à utiliser pour guider les recherches, nous les examinerons de plus près. Nous laisserons d'abord de côté tout ce qui concerne le Nord-Ouest de la France et le Kent, pour ne prendre nos exemples qu'en Angleterre ou en Belgique. Ainsi encadrée, à droite et à gauche, par l'étude de régions mieux connues, celle que nous examinons livrera plus facilement le secret de sa structure.

B. — *Histoire des mouvements du sol, dans le bassin de Namur et l'anticlinal Brabant-Galles du Sud, depuis le début du Dévonien moyen.*

Dans cette étude, nous pouvons faire abstraction de l'anticlinal du Condroz, car on sait qu'à partir de cette époque il cesse d'exister comme séparation entre les bassins de Namur et de Dinant, pour ne réapparaître que grâce au ridement hercynien et aux érosions subséquentes. A aucun moment on ne voit, en effet, les sédiments présenter une différence notable de part et d'autre de cet anticlinal.

La forme du synclinal de Namur nous permet de le diviser, dans le sens longitudinal, en trois régions : la région centrale, de Samson à Douai; la région orientale (arc varisque); la région occidentale (arc armoricain).

Nous allons démontrer maintenant les faits suivants comme s'étant produits dans les régions considérées, et depuis le méso-dévonien jusqu'au ridement hercynien.

A. — La région centrale précitée a toujours été la première envahie par les mers transgressives, venant du Sud. C'est là

aussi que le bord Nord du bassin a été le plus tôt atteint. La chose s'explique, puisque c'est là que les deux bords du bassin sont le plus au Sud.

B. — Cette région centrale a toujours constitué une sorte de grand géosynclinal transverse. Aussi c'est là qu'on doit s'attendre à trouver les traces de la vie marine les plus fréquentes et les plus riches (faune, roches organogènes). C'est là que la sédimentation a été la plus active et que les formations sont donc les plus épaisses.

C. — C'est sur le bord Nord de cette région centrale du bassin que les traces des transgressions et des régressions sont les moins étendues et les moins visibles.

D. — C'est dans cette région centrale que la série stratigraphique est la plus complète et les lacunes de sédimentation les plus rares et les plus réduites.

E. — Dans les régions latérales, plus on s'écarte de la région centrale, plus les formations s'amincissent, plus les restes de la vie marine se raréfient, plus les lacunes de sédimentation augmentent en nombre et en épaisseur. Enfin, plus les traces de transgressions et de régressions deviennent étendues et visibles.

F. — Enfin, dernière constatation, la plus utile et la plus générale, car elle s'applique à toutes les régions du bassin. Plus on s'écarte du bord Sud du bassin, en coupe transversale, vers le Nord, plus on observe la même variation que nous signalions au cas précédent comme se produisant en s'écartant de la région centrale.

Et, je le répète, tout cela découle logiquement du fait que les transgressions se sont toujours faites vers le Nord, vers l'axe de l'anticlinal Brabant-Galles du Sud.

On conçoit le parti que l'on peut tirer de cette dernière constatation. On peut, par l'étude d'un bassin ou d'un massif houiller isolé, déduire sa position dans l'ensemble du grand synclinal. Il suffit pour cela de connaître ses caractères stratigraphiques et paléontologiques. De même on pourra ne plus confondre, comme on l'a fait, un bord de bassin avec son centre, son bout avec son milieu. Enfin on pourra indiquer la position originelle de tout massif ou lambeau charrié. Enfin, connaissant la position originelle exacte des massifs houillers,

on pourra, quand on les utilise pour déterminer la vraie direction d'un bassin, n'employer que des massifs homologues. On évitera ainsi la confusion entre la direction longitudinale vraie, la seule à utiliser selon le principe de la continuité, et des directions obliques ou transverses.

Tout cela suffit pour montrer non seulement l'utilité, mais même la nécessité de l'intervention de la paléogéographie dans la recherche des bassins houillers ou de leurs extensions. Une conclusion aussi importante demande naturellement à être justifiée; après quoi nous serons autorisé à faire bénéficier l'étude du Nord-Ouest de la France et du Kent des conclusions déduites de la paléogéographie des deux extrémités du grand synclinal.

Nous allons donc reprendre l'étude des modifications géographiques à partir du Mésodévonien.

Il est facile de voir que le Frasnien a été déposé par une mer transgressive. Elle a en effet contourné largement la pointe Est du massif du Brabant, débordant par-dessus les dépôts givetiens et sur le bord Sud du massif; par places, elle masque plus ou moins le même Givetien.

Le Famennien, au contraire, correspond à une régression due à un soulèvement de tout notre socle primaire, soulèvement qui provoqua même la formation de lacs d'eau douce et des tentatives de dépôts de combustibles.

Nous arrivons alors au Carboniférien et l'on comprendra que c'est lui surtout qui doit nous fournir les données les plus décisives. Il est heureusement en état de le faire, grâce à des circonstances favorables.

Grâce à l'impulsion de Vaughan, on a pu pousser très loin la classification et la division de formations que, jadis, on devait se contenter d'étudier en bloc : le Calcaire carbonifère d'un côté, le Houiller de l'autre. Grâce à la reconnaissance de divisions nombreuses, basées sur des caractères paléontologiques certains, on a pu suivre ces divisions, tracer leur extension et leurs variations biologiques et lithologiques. On comprendra quel énorme appoint ces études ont apporté pour nous permettre, par la connaissance des transformations géographiques, de déduire les mouvements du sol et autres facteurs géologiques qui les ont provoquées.

Nous parlerons d'abord du Dinantien en Belgique, puis dans le Sud-Ouest de l'Angleterre.

C. — *Époque dinantienne.*

a) BELGIQUE.

Le précieux travail d'ensemble consacré à cette formation par le chanoine Delépine (29) va nous fournir tout ce qu'il nous faut pour notre thèse. On trouvera dans ce travail, s'il en était encore besoin, la preuve que la mer carbonifère dinantienne était peu profonde. Ses facies lithologiques si variés le démontrent : brèches, dépôts oolithiques, dolomies, abondance extrême d'organismes triturés, variations brusques de facies, etc. L'abondance de dépôts organiques et chimiques n'est pas ce qu'il y a de plus propice à nous montrer les variations de puissance dues à la formation de géosynclinaux ou à des émer-sions; néanmoins, nous allons voir que, malgré cela, les varia-tions de puissance peuvent servir à démontrer les caractères physiques des mers successives. Les transgressions, de leur côté, nous donneront l'explication des modifications géogra-phi-ques de ces mers.

Il est facile de constater que le premier étage du Dinantien, le Tournaisien, a été déposé en transgressivité, surtout dans l'Est du bassin de Namur. On le voit déjà dans la vallée de l'Orneau, mais surtout quand on s'avance vers le Nord-Est, le long du massif du Brabant. A Couthuin, le Tournaisien repose déjà sur l'assise inférieure du Famennien, et dans la vallée de la Méhaigne, cette assise inférieure est elle-même réduite à 2 mètres et disparaît plus au Nord. Quant au Tournaisien, entre la Dendre (Ath) et le ruisseau de Samson, sa direction restant sensiblement Est-Ouest, sa puissance se maintient de 100 à 120 mètres (29, pp. 61-80-128). Mais si l'on s'avance vers le Nord-Est, à partir de Samson, sa puissance décroît si vite, que sur la Méhaigne il n'a plus que 20 mètres maximum (p. 142), et à Horion-Hozémont il a disparu. Ces deux cas de formations s'amincissant en s'approchant de leur limite et se suivant, dans le temps, nous permettent de voir comment il faut interpréter ce fait. Quand un terrain est de moins en moins épais parce que ses assises supérieures débordent de plus en plus les assises inférieures, le terrain diminue par le bas. C'est un terrain évidemment déposé pendant une transgression. C'est le cas du Tournaisien qui, sur la Méhaigne, n'est plus représenté que par son sommet. Mais quand un terrain diminue par le haut et n'est plus représenté que par sa base, l'inter-

prétation est plus compliquée. La diminution peut être due à l'érosion pendant une émerision ou par une mer plus récente en transgression. Mais la diminution peut aussi être due à ce que les assises de plus en plus jeunes se déposent de plus en plus en retrait. Les deux causes peuvent s'ajouter, comme je pense que c'est le cas ici. La richesse du Tournaisien en matières étrangères argilo-sableuses provient probablement de l'érosion du Famennien, car elle augmente en descendant.

Jusqu'où s'est étendu le Tournaisien dans sa transgression vers le Nord? Nulle part, chez nous, cet étage ne montre de formations littorales. On n'y observe pas, comme ailleurs, de cailloux roulés, et cependant le rivage était composé de roches dures ⁽¹⁾. Cependant, ce rivage ne devait pas être bien loin au Nord de la Méhaigne, si nous en jugeons par le biseautage rapide qu'il subit vers le bas. Il n'atteignait pas l'arête du massif du Brabant, qui, à cette époque, passait un peu au Nord, par Horion-Hozémont (79). L'explication de ces faits contradictoires découle précisément de ce rapide biseautage, car il dénote une côte rocheuse, en pente très forte et sur laquelle, par conséquent, la zone littorale était fort étroite et a pu facilement disparaître par érosion des mers transgressives suivantes ⁽²⁾.

Avec l'étage viséen commence la plus importante transgression carboniférienne, comme nous l'a montré le chanoine Delépine (30). C'est alors, en effet, que la mer du bassin de Namur s'avança si fortement vers le Nord, qu'en beaucoup d'endroits elle franchit la crête du massif du Brabant et vint se réunir à une mer qui était venue de bien loin, du Nord et de l'Ouest, envahir le flanc Nord du massif du Brabant. Dans sa marche vers le Sud, cette mer remania et incorpora dans ses premiers dépôts les formations latéritiques ou désertiques accumulées à la surface du massif, depuis son émerision calédonienne, sous l'influence de conditions climatiques semblables à celles de nos tropiques actuels. De là provient la couleur rouge et l'élément arénacé qui, pendant longtemps, chez nous et en Angleterre, ont fait si longtemps prendre la base du Viséen pour de l'Old red sandstone (81).

Ce que nous savons du Viséen de la Campine, par les son-

(1) F. Kaisin a cependant signalé la présence de petits cailloux de quartz à la base du Tournaisien de Feluy (55).

(2) Le chanoine A. Salée rapporte au Tournaisien une couche de 0^m50 observée à Horion-Hozémont, entre le Frasnien et le Viséen inférieur (73).

âges de Wyvenheide, de Kessel et de Woensdrecht, confirme l'idée que j'ai émise (93) qu'à l'époque viséenne, en Belgique, la mer du bassin de Namur communiquait probablement partout avec celle de la Campine. Ce qui est connu du Viséen de la Campine est si semblable au niveau contemporain du bassin de Namur, qu'on le conçoit difficilement déposé dans des mers séparées. De plus, la pureté extraordinaire de bancs puissants du Viséen et la rareté et la finesse des matériaux terrigènes dans le Viséen montrent que le rivage devait être loin de chez nous. Les arguments que j'ai fait valoir jadis (94) pour montrer qu'à la fin du Dinantien les bassins de Dinant, de Namur et de la Campine n'en faisaient plus qu'un n'ont rien perdu de leur force, au contraire.

Les conséquences de la transgression viséenne vers le Nord ressortent avec évidence quand on évalue l'épaisseur de l'étage. On observe que cette épaisseur diminue rapidement du Sud vers le Nord et le Nord-Est. Sur le bord Sud du bassin de Namur, à Landelies, dans les lambeaux de poussée du massif de la Tombe, nous avons du Viséen qui provient, par charriage, des régions les plus méridionales du bassin de Namur; aussi l'étage y atteint sa puissance maximum : pour le bassin, 340 mètres d'après Delépine (p. 164); 550 mètres d'après V. Brien. Au Nord-Est, sur le même bord Sud, la puissance tombe à 180 mètres, chiffre cependant encore élevé si l'on tient compte qu'il provient d'Ampsin.

Sur le bord Nord du bassin, l'épaisseur maximum s'observe dans la région de Marche-les-Dames-Samson, car c'est là que, grâce à des plis, le Viséen du bord Nord s'avance le plus vers Sud et vient même en contact avec le bord Sud à Samson. Le Viséen a là 180 mètres (p. 128). Dans la vallée de l'Orneau, où l'on est un peu plus au Nord, on trouve 150 mètres (p. 80). A Horion-Hozémont, il n'y a plus que quelques mètres. Quand on a dépassé, en ce point, la crête du massif du Brabant, on observe encore de la transgression, mais comme on est (au point de vue dinantien, bien entendu) dans le bassin de la Campine, la transgression se fait du Nord vers le Sud. Aussi le Viséen de la Campine est-il plus épais que celui de Visé et certes plus complet.

Les chiffres suivants y montrent la rapide augmentation du Dinantien vers le Nord : Visé, 50 mètres maximum; Campine, 78 mètres connus [Woensdrecht, 29 mètres; Kessel, 49 mètres, sans les roches rouges de base]; Houthem (Limbourg hollandais), 116 mètres.

b) ANGLETERRE.

L'Angleterre constitue le meilleur terrain d'étude des petits et des grands mouvements anciens de l'écorce terrestre, et cela surtout à cause des caractéristiques générales de ses gisements dinantiens et houillers. Nulle part il n'y a autant de bassins ou massifs grands et petits, isolés ou réunis. Tous les niveaux stratigraphiques s'y rencontrent et ont été, surtout dans ces derniers temps, reconnus et distingués. Plusieurs bassins sont complets ou presque complets et ont conservé plus ou moins leur partie la plus fragile et la plus instructive, leurs bords. Il y a une variété extraordinaire de facies, indice de la variété des conditions géographiques.

Grâce aux travaux de Vaughan et de son école, le Dinantien est surtout bien connu. Un récent travail de S. H. Reynolds nous fournit un excellent résumé des progrès accomplis dans le Dinantien (Avonian) anglais (69). Il nous dispensera de fouiller dans de nombreux travaux, surtout pour avoir un coup d'œil d'ensemble, que nous pourrons compléter par l'étude plus détaillée de quelques régions types.

Ce qui ressort de son travail, au point de vue général, ce sont les faits suivants :

Pendant le Dinantien, l'écorce terrestre a été, en Angleterre et surtout dans le Sud-Ouest, affectée continuellement de petits mouvements dans les deux sens et qui pouvaient, même, tout en étant contemporains, être parfois de sens inverse suivant les régions, fort rapprochées même.

Il en est résulté de fréquentes transgressions ou régressions, des modifications corrélatives de conditions géographiques des mers et du continent.

Naturellement aussi, il en est résulté une grande variété lithologique, plus grande même que chez nous, car on y trouve de beaux types de formations littorales, si réduites chez nous, ou des types plus pélagiques (Culm).

Dans l'ensemble et de loin, comme chez nous, les conditions de mer peu profondes dominant avec leurs variations fréquentes et rapides.

Enfin, M. Reynolds a eu l'excellente idée de mettre, sous une forme très intuitive, un schéma, à l'échelle, de la série des divisions dinantiennes reconnues dans les bassins anglais. On peut ainsi saisir aisément les variations de puissance et savoir si elles sont systématiques, et connaître les lacunes de sédimentation, indices des mouvements du sol.

Les descriptions lithologiques et paléontologiques du Dinantien anglais révèlent une profonde ressemblance avec les mêmes caractères du Dinantien belge, ressemblance surtout marquée à partir de la base du Viséen, ce qui s'explique, la grande transgression ayant mis largement en communication les bassins anglais et continentaux. Cette ressemblance va jusqu'à des détails très spéciaux tels que les célèbres récifs waulsortiens qu'on retrouve identiques dans le Yorkshire.

Cette ressemblance est telle qu'on ne saurait douter qu'une vaste mer ait alors recouvert une grande partie de l'Angleterre, de l'Irlande, du Nord de la France, de la Belgique, de la Hollande et de la Rhénanie.

On sait maintenant que cette mer présentait des îles. Les unes, les Mercian Highlands des géologues anglais, se trouvaient sur le bord Nord du massif paléozoïque Galles-Brabant. Une autre coïncidait avec le sommet du massif siluro-cambrien gallois.

Il nous reste maintenant à prouver ce que nous venons de dire par quelques exemples détaillés et à montrer comment ces exemples prouvent les différentes propositions que nous avons émises (p. 69) et comment donc ces exemples peuvent nous guider dans les recherches.

Pour notre démonstration, il suffira d'étudier la région, de loin la plus instructive et la mieux connue, qui comprend le bassin de Bristol et celui des South-Wales avec ses annexes de petits bassins qui forment une traînée, à l'Est de la chaîne des Malverns, assez longue pour venir en contact, dans le Shropshire, avec les bassins du synclinal Midlands-Campine. Nous examinerons d'abord le bassin des S.-Wales, le plus complet des bassins dinantiens connus.

BASSIN DES SOUTH-WALES. — Le ridement calédonien a donné naissance à un pli anticlinal complexe tellement accusé, qu'il est encore très marqué actuellement et qu'il a pu résister victorieusement aux attaques du ridement hercynien, qui a dû se borner à en froisser l'extrémité Sud-Ouest. Ce pli était dirigé du Nord-Est au Sud-Ouest, comme tous les plis calédoniens contemporains. Un synclinal, peu accusé, le longeait vers l'Est et, durant tout le Dévonien, fut occupé par les formations continentales du type de l'Old red sandstone. Plus à l'Est encore, se montrait un autre anticlinal parallèle, fort peu accentué, et d'ailleurs mal connu, caché qu'il est sous les dépôts plus récents du bassin de Londres. C'est dans le synclinal susdit que

la mer fit invasion dès le début du Dinantien et il est absolument certain que la mer envahissante venait, comme chez nous, du Sud et gagnait le Nord par des transgressions successives. La côte des Cornouailles garde des restes de la mer silurienne (le Veryan inlier notamment) d'où se fit la transgression vers le Nord de la mer du Dévonien inférieur, prolongeant vers l'Ouest la mer de même âge du bassin de Dinant. Comme celle-ci, la mer des Cornouailles et du Devonshire avait un bord Sud franchement marin. On y a retrouvé les types marins des divisions belges de ce Dévonien inférieur. Son bord Nord, comme chez nous, était moins marin et montrait des tendances de transition avec le type de l'Old red sandstone. Au début du Mésodévonien, une différence se manifeste avec le continent. Là, nous l'avons dit plus haut, la période commence manifestement par une transgression vers le Nord. Dans le Sud-Ouest de l'Angleterre, au contraire, le synclinal calédonien cité plus haut se souleva autour du bassin de Bristol, comme dans toutes les régions avoisinantes d'ailleurs, ce qui provoqua la lacune de sédimentation, accompagnée parfois de discordance entre l'Upper et le Lower Old red sandstone, lacune que les Anglais considèrent comme coïncidant avec le Mésodévonien, dont l'absence est ainsi expliquée. Dès ce moment aussi commence à se manifester une différence notable dans l'histoire géologique des deux synclinaux South-Wales et Devonshire, alors que, nous l'avons montré, leurs prolongements belges ont eu des destinées absolument parallèles. La différence, déjà bien manifeste durant le Dévonien supérieur, devient surtout considérable durant tout le Carboniférien et dure donc jusqu'au ridement hercynien. En effet, alors que le synclinal Nord (S.-Wales) montre avec son prolongement belge une ressemblance de plus en plus marquée, nous l'avons dit plus haut, le synclinal Sud (Devon) s'en écarte de plus en plus, pour s'en rapprocher cependant durant le Westphalien. Il en résulte que de part et d'autre il se constitue une série sédimentaire tellement différente, que depuis longtemps les géologues anglais en sont intrigués, vu surtout la faible distance qui sépare les deux types. Cette distance est si faible qu'on n'y saurait placer des roches de transition, qu'on ne voit d'ailleurs pas. C'est ce que les géologues anglais appellent le « Devon problem ». J'ai montré (82, p. 65) qu'on peut expliquer ce problème de la façon la plus simple, grâce aux connaissances acquises en Belgique, dans les régions analogues. Nous avons aussi en Belgique notre « Devon problem ». En certains endroits nos deux grands bas-

sins ne sont séparés que par 200 mètres d'affleurement de Silurien. Et cependant, dans l'un il y a plus de 2 kilomètres de Dévonien inférieur, alors que dans l'autre, à 200 mètres de là, il n'y en a pas trace. Nous savons maintenant que ces deux bassins si rapprochés étaient jadis séparés par des dizaines de kilomètres. Une grande faille, la faille du Midi, a charrié le bassin du Sud jusque sur le bassin du Nord, supprimant ainsi l'intervalle.

J'ai montré, par une coupe hypothétique, qu'il doit exister en Angleterre au moins deux failles connues en Belgique. L'une serait le prolongement Ouest de la grande faille du Midi. Elle aurait là un charriage encore plus grand qu'en Belgique et comparable à celui qu'elle a dans le Nord-Ouest de la France, comme je le montrerai plus loin. Cette faille, comme chez nous, longe, au Nord, le Dévonien inférieur du bord Nord du bassin du Devonshire. Elle doit longer la côte Sud du canal de Bristol à son débouché, et de là se poursuivre vers l'Est-Sud-Est, pour disparaître sous les terrains mésozoïques du bassin du Hampshire (82, p. 65 et suiv.).

L'histoire du bassin du Devonshire ne présentant plus aucune utilité pour notre thèse, nous l'abandonnerons, pour ne nous occuper que de celle du bassin des South-Wales.

Autour du bassin de Bristol et certainement autour des Mendips, l'Upper old red sandstone à facies continental (Dévonien supérieur) repose en discordance sur le Silurien et il est probable, mais non encore démontré, qu'il en est de même au Sud du pays de Galles. Au début du Carboniférien, la chaîne des Mendips et ses prolongements Ouest s'affaissèrent et la mer dinantienne envahit le synclinal calédonien, en venant d'Irlande, où il n'y a pas de « Devon problem », car on y voit là transition entre les types extrêmes des deux bassins. Nous nous occuperons maintenant uniquement du bassin gallois et de ses dépendances.

La mer, nous venons de le dire, envahit le bassin gallois, venant de l'Ouest, en contournant l'extrémité Sud-Ouest du massif siluro-cambrien gallois. C'est donc dans cette direction que nous devons trouver, si notre thèse est vraie, la série stratigraphique la plus complète, la plus marine et la plus épaisse. En s'écartant de là, vers le Nord-Est, c'est-à-dire vers la région où se sont dirigées les transgressions, forcées de longer le massif siluro-cambrien, on doit voir apparaître des formations de plus en plus littorales et de plus en plus incomplètes et plus minces. Tel est le cas, nous allons le montrer en suivant pas

à pas, ce qui est heureusement possible ici, la bordure dinantienne du bassin houiller. Nous allons examiner le Dinantien gallois aux quatre points de vue suivants : Épaisseur, Transgressions, Facies lithologiques, Paléogéographie. Mais nous dirons d'abord que, pour permettre les comparaisons avec le Continent, nous comprenons le Dinantien comme on le fait en Belgique, c'est-à-dire que sa base sera la base de la zone Z et son sommet le sommet de la zone D² de Vaughan.

1° *Épaisseur du Dinantien.* — Avant que le ridement hercynien n'eût replié l'extrémité Sud-Ouest du massif siluro-cambrien gallois, celui-ci devait s'étendre beaucoup plus loin au Sud-Ouest qu'il ne le fait maintenant. L'invasion du bassin par la mer s'est donc faite, en contournant cette extrémité du massif, par le Sud-Ouest. Dans ce qui reste du bassin dinantien, la région la plus au Sud-Ouest est la presqu'île de Gower. D'après Reynolds (*op. cit.*, pl. I), le Dinantien y a 825 mètres d'épaisseur. Dans deux régions situées à droite et à gauche de Gower, un peu plus au Nord-Est et à l'Est, l'épaisseur tombe à 670 mètres dans le South-Pembrokeshire et à 618 mètres dans le bassin de Bristol. Beaucoup plus au Nord-Est encore, sur la bordure orientale du bassin houiller gallois, la puissance tombe à 315 mètres, à Chepstow. Plus au Nord-Est encore, dans le petit bassin de Forest of Dean, la puissance n'est plus que de 275 mètres. Sur le bord Nord du bassin houiller, la puissance tombe à 78 mètres et même à 0 au bord de la baie de Saint-Brides, à l'extrémité Nord-Ouest du bassin, où le Houiller repose directement sur le Siluro-Cambrien.

Il y a bien longtemps, Ramsay a montré, par des coupes, qu'on pouvait réunir le Carboniférien du Sud du massif siluro-cambrien avec celui des North-Wales. C'était une idée féconde et qui a trouvé mainte application depuis. De son temps on ne pouvait deviner que dans ce cas-ci on peut prouver aisément, par la réduction de puissance que nous venons de signaler, que le massif siluro-cambrien est resté émergé en partie durant le Dévonien et le Carboniférien et que par conséquent le Dinantien du bord Sud ne s'est pas réuni à celui du bord Nord. Sur celui-ci, en effet, on constate, mais en sens inverse, une diminution de puissance encore plus rapide.

On peut encore compléter les chiffres cités plus haut en prenant quelques régions plus restreintes. Dans une coupe du Sud-Ouest au Nord-Est, à travers le bassin du Pembrokeshire, de St-Gowans Head à Pendine, on voit le Dinantien former quatre bandes parallèles où le Dinantien, du Sud-Ouest vers

le Nord-Est, voit sa puissance passer par les chiffres suivants, en pieds anglais : 4.300, 2.200, 1.700, 730 (*Tenby Memoir*) (2).

Dans la région la plus au Nord-Est du bassin, celle d'Aber-gavenny, le Dinantien diminue de 500 à 100 pieds, en allant de l'Ouest vers l'Est, c'est-à-dire en s'approchant de l'extrême pointe Nord-Est du bassin. (Voir les mêmes mémoires.) A 4 milles du bord dinantien du bassin, dans la même région, il y a un curieux témoin d'érosion perché au sommet d'une colline d'Upper old red sandstone. C'est l'outlier de Pen-Cerig-Calch, au Nord de Crickowel. Le Dinantien, réduit à sa base, n'a plus que 20 mètres, concordant avec le Dévonien et recouvert par du grès rapporté, avec doute, au Millstone-grit, mais qui, comme dans le Bassin de Forest of Dean, est plus probablement, comme nous le dirons plus loin, un facies d'émerision du Dinantien.

2° *Transgressions*. — Ces variations de puissance sont manifestement dues à des transgressions et à des régressions qui sont bien plus visibles que chez nous, car la proximité des rivages et souvent même la conservation de ces rivages rendent les mouvements du sol très reconnaissables. On sait, en effet, qu'une mer peut montrer de pareils phénomènes sur ses côtés sans qu'on en voie la trace en pleine mer, où les mouvements du sol ne se sont pas produits.

Contrairement à ce qui se passe chez nous, dans le grand synclinal calédonien gallois, c'est la première transgression tournaisienne qui alla le plus loin au Nord-Est. Je l'ai déjà montré jadis dans un travail (86, p. 105, fig. 1) où l'on trouvera résumés beaucoup de faits exposés ici plus en détail, avec compléments et rectifications. Dans l'extrémité Nord-Est du bassin, le Tournaisien est plus développé que le Viséen, qui manque même dans l'îlot de Pen-Cerig-Calch. L'outlier d'Oreton (Tournaisien), dans le Shropshire, montre que la mer s'est étendue au moins aussi loin au Nord-Est. La transgression viséenne a laissé en Angleterre des traces beaucoup plus évidentes encore que chez nous. Elle se manifeste en effet non seulement par l'extension, au loin, des rivages, mais on en trouve la preuve en plein bassin par des discordances locales, des lacunes de sédimentation, des modifications lithologiques. Ces phénomènes ont été décrits par Reynolds infiniment mieux que je ne pourrais le faire et je renvoie donc à ce qu'il en dit (*op. cit.*, p. 6 du tiré-à-part). Il est possible que la transgression viséenne ait dépassé, au Nord-Est, celle du Tournaisien, mais

alors les sédiments produits lors de cette transgression ont dû être balayés par la transgression du Millstone Grit, que nous étudierons plus loin.

Un des signes les plus manifestes des mouvements du sol, c'est la présence de lacunes de sédimentation. La classification du Dinantien par la méthode paléontologique (zoning de Vaughan), sans être complètement terminée dans la région, est assez avancée pour qu'on puisse reconnaître les grands traits de la répartition des diverses zones paléontologiques. La planche I du travail de Reynolds montre que non seulement le Dinantien du bord Sud est plus épais, mais aussi que c'est là seulement que l'on trouve la série complète de toutes les divisions connues. Au fur et à mesure que l'on s'avance vers le Nord-Est, le Dinantien devient de plus en plus incomplet, par exemple, en passant par Chepstow, Forest of Dean, Bord Nord du Bassin, Pen-Cerig-Calch, Oreton (Shropshire). C'est une observation dont nous ferons largement usage plus loin.

Un autre phénomène peut s'observer dans la région, qui montre des mouvements du sol pouvant aller jusqu'à l'émergence, accompagnée de phénomènes continentaux, tels que l'altération chimique des calcaires avec production de poches de dissolution (Piping). Ces phénomènes sont localisés ici sur les bords Nord et Est du Bassin.

Dans le synclinal où se trouve le bassin de Forest of Dean, E. Dixon a décrit une curieuse poche dans le calcaire, remplie de Millstone grit, et le Trias passant sur le tout, sans être affecté par la poche (Ifton près de Chepstow) (35).

3° *Facies lithologiques*. — Nous avons dit que le Dinantien de cette région présente avec le Dinantien belge une ressemblance lithologique extraordinaire. Aussi on ne saurait douter qu'ils ne se soient déposés exactement dans les mêmes conditions physiques et très probablement dans la même mer. Mais ces conditions physiques ont été en Angleterre plus variées que chez nous, ce qui a permis le développement de facies plus nombreux et plus variés, grâce auxquels on peut reconstituer les conditions paléogéographiques qui leur ont donné naissance.

Au moyen de la variation des facies lithologiques, il est aisé, dans le bassin gallois, de déterminer le sens des transgressions. E. Dixon a montré (*Haverfordwest Memoir*), que dans le bassin, la direction des isobathes était du Nord-Ouest au Sud-Est, donc perpendiculaire à la direction générale du bassin, qui est Nord-

Est à Sud-Ouest. Ces isobathes montrent une profondeur d'eau de plus en plus faible et un voisinage de la côte d'autant plus grand qu'on s'avance du Sud-Ouest vers le Nord-Est. Au Sud-Ouest, dans le Pembrokeshire, le Dinantien est énorme. C'est le seul point où l'on rencontre des récifs waulsortiens. Les formations lagunaires (Modiola-phases) y sont au minimum. Il n'y a aucun indice de roches arénacées ni surtout de cailloux roulés côtiers. Par contre, l'argile est assez fréquente, en lits assez purs.

A l'autre extrémité du bassin, au Nord-Est, dans la région d'Abergavenny, le Dinantien est très réduit. Le calcaire y est subordonné aux roches arénacées, grès et conglomérats avec cailloux de quartz. Ces cailloux et de gros grains de quartz sont fréquents, même dans les bancs calcaires. Entre ces deux régions extrêmes, grâce à la visibilité continue des bords du bassin, on peut saisir tous les termes de transition et l'on voit les éléments littoraux faire leur apparition petit à petit, en allant vers le Nord-Est.

Des conglomérats locaux s'observent même dans les assises intermédiaires, par suite de la transgression viséenne, à la base des assises transgressives. Un curieux conglomérat de ce genre s'observe sur le bord Nord, à Pendine (Caermarthen Memoir). Il se compose de cailloux roulés des calcaires sous-jacents, mêlés de grains de quartz.

4° *Paléogéographie*. — Au moyen des faits que nous venons d'exposer, il n'est pas difficile de reconstituer la géographie de la région durant le Dinantien, comme nous l'avons fait plus haut. On conçoit aussi qu'en employant les trois critères que nous avons utilisés dans les lignes précédentes on peut déterminer la position originelle, dans le bassin, de n'importe quelle division du bassin. C'est ainsi que l'on peut savoir quelle situation occupaient, dans le grand bassin, des massifs qui, aujourd'hui, en sont séparés : le bassin de Forest of Dean, l'outlier de Pen-cerig-calch et celui d'Oreton. Il est conforme à ce que nous venons de dire que les mêmes transformations s'y remarquent, au fur et à mesure qu'on s'avance vers le Nord, le Nord-Est ou l'Est. Les descriptions qu'on a données de ces outliers fournissent la preuve de ce que je viens de dire. On peut ainsi reconstituer la carte du grand bassin, bien au delà des limites actuelles et montrer les variations de cette carte au cours du Dinantien.

BASSIN DE BRISTOL. — Le grand synclinal calédonien gallois n'était probablement pas simple. Il avait été divisé au moins en deux synclinaux longitudinaux, par un anticlinal longitudinal qu'on observe le long de l'estuaire de la Severn et de la chaîne des Malverns. C'est dans le synclinal secondaire oriental qu'est logé le Bassin de Bristol, poursuivi, au Nord, par une file de petits outliers (Newent et autres) allant jusqu'au grand synclinal des Midlands. Le bassin de Bristol est assez connu pour qu'on puisse voir que tout ce que nous avons dit du bassin des South-Wales s'applique intégralement à celui-ci. Nous ne ferons pas, malgré son intérêt, l'étude détaillée de ce bassin. Mais ce bassin est fortement obscurci par un manteau de terrains secondaires. Il nous offre donc un excellent champ d'expérimentation des méthodes de recherches que je préconise, car il est si près du bassin bien connu des South-Wales, qu'on ne saurait guère se tromper à son sujet.

Cette étude sera comme une préparation intermédiaire à l'étude que nous ferons plus loin de l'extrême Nord-Ouest de la France, beaucoup moins bien connu. Nous ferons donc surtout ici de la paléogéographie appliquée, en essayant de démontrer les faits suivants :

1° Le bassin de Bristol n'est pas, comme on l'a toujours dit, le prolongement de tout le bassin des South-Wales, mais seulement de sa moitié Nord-Est.

Laissant de côté les Mendips, nous dirons plus loin pourquoi, on peut constater que ce n'est pas au Dinantien de Gower et du South-Pembroke que le Dinantien du bassin ressemble. Il est beaucoup moins épais, moins complet et il montre, surtout dans le Viséen supérieur (zone D de Vaughan), des caractères lithologiques littoraux qu'on ne retrouve que dans la région Nord-Est du bassin des South-Wales. En effet, la zone D montre, au sommet, des bancs de grès et de schiste. La zone D a un conglomérat de base à cailloux de quartz et de très nombreuses et épaisses intercalations de grès. Des grains de quartz sont fréquents dans les zones C-S et D (70). La coupe de Cattybrook dans la zone D montre une série de près de 100 mètres formée d'une alternance continue de calcaires sableux, oolithiques ou crinoïdiques avec des bancs de grès et de conglomérats et avec des schistes à nodules calcaires. Rien de pareil ne s'observe dans le Sud-Ouest des South-Wales. L'étude du Houiller inférieur, nous le montrerons plus loin, est encore plus concluante.

2° La chaîne des Mendips était jadis considérée comme ayant une structure anticlinale régulière. M. Welch (103), par un levé détaillé, a montré que cet anticlinal est littéralement haché de failles de refoulement. Je suppose même que l'ensemble de la chaîne (82) est charrié sur le bassin de Bristol suivant une faille plate, dans le genre de la faille d'Ormont, en Belgique. Or le Dinantien des Mendips, quoique peu éloigné de celui du reste du bassin, ne présente pas ces caractères littoraux et septentrionaux. La différence s'explique aisément si l'on admet que le rejet de la faille est considérable.

Si cette faille n'existe pas ou est peu importante, on doit en conclure que les Mendips bordent, au Sud, un bassin de Bristol dont le Houiller et le Dinantien sont non seulement différents de ceux du Sud-Ouest des South-Wales, mais aussi de ceux du bassin de Namur. On devrait alors en conclure que, dans les grands plissements hercyniens, les Mendips ne sont pas, comme on l'a toujours dit, le prolongement de la crête du Condroz belge, mais sont un pli plus septentrional, plus rapproché du rivage Nord du bassin.

3° Le synclinal au Sud des Mendips ne se montre qu'en lambeaux infimes, sous une épaisse couverture mésozoïque. On ne peut donc pas décider si ce synclinal appartient au prolongement de notre bassin de Dinant par ses caractères. A cause des faits qu'implique le « Devon problem », j'estime que ce synclinal représente seulement la portion Sud de notre bassin de Namur, au Sud de la Crête du Condroz, portion cachée chez nous sous la faille du Midi, mais qui dans le Somerset serait partiellement visible.

4° L'étude du bassin de Forest of Dean nous permet de décrire une région encore plus rapprochée du rivage Nord-Est du synclinal calédonien. En effet, Sibly a montré (74) que le Dinantien y est très incomplet, réduit au Tournaisien et finissant par un facies gréseux (*Drybook sandstone*) de ce terrain, ce qui indique une émerision proche. Or ce bassin n'est pas bien loin au Nord de celui de Bristol, dont le rivage dinantien ne devait donc pas être très éloigné au Nord. Une grande lacune de sédimentation a suivi l'émerision de ce bassin.

Il sera très utile pour notre problème de comparer, dans les grandes lignes paléogéographiques, le Dinantien de Belgique et d'Angleterre. En effet, le Dinantien français étant placé entre les deux, aura, théoriquement, des caractères intermédiaires penchant un peu plus du côté belge plus rapproché.

Il est évident que le terrain belge a été déposé dans la même mer que le terrain anglais, mais dans une région plus profonde et plus éloignée des côtes. Cela tient au fait que dans le bassin de Namur la mer était entrée depuis le début du Dévonien moyen, tandis que dans le synclinal gallois elle ne le fit qu'au début de l'assise d'Etреungt (zone K de Vaughan). Le Tournaisien belge (zone K exclue) est plus argileux que son contemporain anglais. Le Viséen belge est totalement dépourvu de bancs de grès, de conglomérats siliceux et de cailloux siliceux épars, si fréquents dans certaines régions du Viséen anglais.

Un facteur qui peut avoir contribué à causer la différence ou à l'avoir accentuée, c'est le fait de la différence des côtes. Le massif siluro-cambrien gallois avait, dès le début, un relief bien plus fort; il a résisté à la transgression dinantienne et avait donc, probablement, des côtes rocheuses. Le massif siluro-cambrien du Brabant, à relief faible, à couverture silurienne peu métamorphique et surtout argileuse, a encore pu fournir de l'argile au Tournaisien, mais, complètement noyé dès le début du Viséen, n'a plus pu fournir des matériaux terrigènes à cet étage.

Nous terminons ici l'étude que nous venons de faire du Sud-Ouest de l'Angleterre. L'ensemble des faits exposés serait suffisant pour notre démonstration de l'utilité de l'emploi du critérium paléogéographique. Mais l'étude du Houiller va nous donner des preuves plus décisives encore et d'autant plus utiles qu'elles portent sur le terrain même qui est toujours l'objet des recherches. Nous suivrons exactement la même marche dans cet exposé.

D. — *Epoque houillère.*

a) BELGIQUE.

Les renseignements que la Belgique peut nous offrir seront assez maigres, en comparaison de ceux que l'étude de l'Angleterre peut offrir. Mais, comme nous venons de le dire, en finissant, pour le Dinantien, ils nous serviront comme terme de comparaison pour illustrer ce qui se passe dans la région française intermédiaire. Vu l'importance du sujet, nous ferons séparément l'étude des diverses assises du Houiller.

Assise de Chokier (Namurien). — Sur les deux flancs du massif du Brabant, jusqu'à leurs extrémités Ouest (sondage de Woensdrecht [Zélande], au Nord, et charbonnage de Wiers, au

Sud), l'assise se montre tellement semblable dans ses caractères fauniques et lithologiques et dans sa concordance, sans lacune sédimentaire, avec le Dinantien, qu'on ne saurait douter qu'elle n'ait été déposée dans une même mer, probablement continue, continuation de la mer précédente.

Exception doit être faite pour la région Nord-Est du bassin de Namur. Dès qu'il tourne au Nord-Est, à partir de Samson, le Dinantien commence à montrer des lacunes de sédimentation, indice de transgressions. Elles sont visibles sur le bord Nord depuis la Méhaigne et sur le bord Sud depuis Liège. Il est bien regrettable que le Dinantien du bassin de la Vesdre n'ait pas encore été l'objet d'une monographie paléontologique et lithologique comme celle du reste du bassin de Namur, que nous devons au chanoine Delépine. Les renseignements que je possède sur la région m'ont convaincu qu'elle réserve des surprises très instructives au point de vue des lacunes de sédimentation et des transgressions, surprises qui nous permettront de faire l'histoire du grand anticlinal transversal qui, au voisinage de notre frontière, sépare le bassin de Namur de son prolongement allemand.

Quoi qu'il en soit, il paraît probable que, dans la région de Visé (Chertal), la base du Namurien s'accompagne d'une légère discordance, et, ce qui est plus intéressant encore, à Horion-Hozémont, l'assise de Chokier montre le fait unique jusqu'à présent chez nous, de présenter des caractères littoraux. M. Fourmarier (43) y a, en effet, découvert des cailloux de quartz dans le phtanite de cette localité. Enfin, H. Forir, avec raison, a reconnu que dans l'extrémité orientale du bassin de Namur, dans le canton d'Aubel (39), l'assise fait complètement défaut. Rien n'a encore été publié sur ce fait si intéressant. La disparition de l'assise est-elle due à ce qu'elle ne s'est pas déposée? A-t-elle été enlevée par la transgression de l'assise suivante? S'est-elle transformée latéralement au point de prendre le caractère de cette assise suivante et d'être ainsi confondue avec elle? Autant de questions qui, actuellement, doivent rester sans réponse.

Assise d'Andenne (Namurien). Assise de Châtelet (Westphalien). — Durant ces deux périodes, la paléogéographie n'a pas paru changer notablement chez nous; nous les étudierons donc ensemble.

Nous n'avons malheureusement pas chez nous de traces des rivages des bassins où se déposait le terrain houiller. Il me

paraît très probable que nous occupions le centre d'un grand bassin et que ses rivages se trouvaient en dehors de notre pays, où ils ont été enlevés ou cachés par la formation de puissants sédiments postérieurs.

D'un autre côté, les plissements calédoniens avaient été, chez nous, fort peu accentués et les érosions dévoniennes avaient déjà effacé une partie des plissements de cette chaîne. Ce qui en subsistait a ensuite à peu près disparu sous l'étreinte du ridement hercynien, qui nulle part n'a eu des effets aussi marqués que dans notre pays. Devons-nous perdre tout espoir de pouvoir reconstituer la paléogéographie originelle de nos bassins houillers? Je ne le pense pas. Nous pouvons, je crois, faire appel à certaines données pour arriver à ce résultat. Ce sont : *a)* les variations de puissance des stampes; *b)* les variations lithologiques et fauniques de ces stampes; *c)* les variations de composition chimique des couches de charbon; il faut, pour ce dernier point, admettre que ces variations sont dues aux conditions originelles de dépôt des charbons; *d)* l'étude de l'origine des matériaux reconnaissables, surtout grâce à leur volume, que l'on trouve dans les roches stériles et les veines de charbon. Cette étude peut nous fournir de précieux renseignements sur la géologie et la géographie des alentours de nos bassins, sur la direction des courants, etc.

Pour arriver au résultat, il faut mettre en œuvre, et ce de façon intuitive, une telle somme de matériaux et la complexité des données est si grande, que la tâche apparaît tout de suite comme gigantesque. Un seul homme ne saurait y suffire ni une seule période. Il faut une collaboration poursuivie pendant longtemps. Dans divers travaux trop longs à citer, j'ai déjà, incidemment, exposé quelques remarques que m'a suggérées l'étude de nos bassins. Leur valeur ne dépasse pas celle de simples indications. Aussi je me bornerai à utiliser ici celles de ces remarques qui me paraissent les plus sérieuses et surtout les plus utiles pour le but spécial poursuivi ici. Elles se cantonnent dans le bassin de Namur.

1° Théoriquement, les plis secondaires du grand synclinal calédonien, où s'est formé notre bassin de Namur actuel, devaient avoir, comme le tout, des axes longitudinaux dirigés du Nord-Est au Sud-Ouest. Les plissements transversaux posthumes devaient être à angle droit avec les premiers, soit donc Nord-Ouest à Sud-Est (plissements charniens des auteurs anglais) (86, p. 102). Je pense que l'anticlinal de Samson est

un de ces plis charniens et que les synclinaux transverses du Grand-Hornu (bassin du Hainaut) et du Horloz (Liège) sont des restes des synclinaux longitudinaux calédoniens. Tout ceci est plutôt une affirmation qu'une démonstration, car je n'ai guère que des indices au lieu de preuves : ce sont les variations systématiques dans la composition chimique des charbons (95).

2° En faisant appel aux variations d'épaisseur de stampes, on peut aussi arriver à quelques conclusions provisoires. Je dis provisoires, parce que, dans un bassin aussi bouleversé que le nôtre, avec les doutes dus aux difficultés de synchronisation, les erreurs sont faciles. Je rappellerai les deux principales tentatives d'utilisation de cette donnée que j'ai faites (94, p. 441) et (89, p. 14). Ce que l'on peut en déduire, c'est que l'anticlinal de Samson influence l'épaisseur des stampes et que, dans le bassin du Hainaut, ces stampes sont plus épaisses sur le bord Sud que sur l'autre. Il y a une diminution visible vers le Nord-Ouest, c'est-à-dire vers la direction supposée du rivage calédonien.

Ce qui est plus certain, c'est la déduction tirée de l'étude de la puissance du niveau de poudingue houiller situé au sommet du Namurien et du volume de ses éléments. Les matériaux de ce poudingue ne viennent certainement pas du Nord, mais bien du Sud. Il n'est donc pas étonnant qu'on ne le retrouve pas en Campine et qu'il devienne de plus en plus épais et à éléments plus volumineux en allant du Nord au Sud. C'est uniquement par là que la mer pouvait trouver de quoi former ce poudingue. C'est la preuve, ajoutée à beaucoup d'autres, que les bassins de Namur et de la Campine étaient réunis depuis le Viséen et que par conséquent le bassin de Namur n'avait pas de bord Nord. Le fait que, sur l'emplacement actuel de ce bord Nord, les assises que nous étudions sont, comme le niveau du poudingue, plus minces que sur le bord Sud, prouve que ce bord n'était pas alors en voie de subsidence (65), mais, au contraire, en voie de soulèvement. Mais comme l'amincissement est surtout dû à l'amincissement de la partie inférieure de l'assise d'Andenne, il se peut que le soulèvement n'ait été que momentané et localisé dans le Hainaut. Cela est d'autant plus vraisemblable que l'épaississement énorme de l'assise d'Andenne et de celle de Châtelet, en Campine (bord Sud), indique là qu'un géosynclinal était en formation. Le changement profond dans la nature des roches entre l'assise de Chokier et celles qui la suivent indique cependant qu'un mouvement général a dû se produire un peu partout,

après la fin de l'assise de Chokier. La nature du changement indique que ce mouvement devait être un soulèvement général.

3° Les renseignements à tirer de l'origine des cailloux roulés trouvés dans les veines de tout le Houiller, chez nous et ailleurs, sont très intéressants, mais leur étude nous mènerait trop loin, sans utilité directe pour notre sujet. L'origine du feldspath des grès houillers conduit aux mêmes conclusions que pour le poudingue houiller.

4° Les données les plus formelles sont celles fournies par la paléontologie houillère. Voici quelques faits bien visibles :

Ce qui est connu du bassin de Liège, à l'Ouest de cette ville surtout, représente certainement une partie plus septentrionale de l'ancien bassin d'avant le ridement hercynien. Or il est certainement bien moins riche en niveaux marins que le bassin plus méridional du Hainaut. Les calcaires à crinoïdes, si abondants dans ce dernier bassin et si caractéristiques du facies marin, sont à peine connus dans l'extrémité du bassin de Liège (85). Dans le bassin du Hainaut, ces calcaires sont beaucoup plus fréquents dans la partie méridionale que dans l'extrême Nord et il en est de même, de la richesse en niveaux fossilifères marins et de la richesse en espèces et en individus de la plupart des niveaux. De cette donnée on peut en quelque sorte déduire la position d'une série houillère dans le bassin. L'examen des planches de mon travail (89) montrera aisément la vérité de ce que je viens de dire.

Assises de Charleroi et du Flénu (Westphalien). — En Belgique, on n'a pas encore trouvé trace des discordances et lacunes de sédimentation observées dans certains bassins anglais. Cela peut être dû à ce que les transgressions ne faisaient sentir leurs effets que sur les rivages inconnus chez nous, nous l'avons dit. C'est une nouvelle preuve, négative il est vrai, que nous n'étions pas au voisinage de ces rivages. La série épaisse et continue de notre Houiller tout entier, la transformation lente et graduelle de la flore houillère et le passage, par alternances continues, du facies faunique marin au facies d'eau douce rendent l'existence de transgressions et de lacunes de quelque importance très peu probable dans notre Houiller.

Il est probable que les différences constatées entre nos divers bassins, différence dont aucune n'a un caractère prononcé, il est probable, dis-je, que ces différences prouvent que les futurs anticlinaux qui devaient, lors du ridement hercynien, séparer

nos bassins, étaient déjà en gestation durant le dépôt du Houiller. Mais j'estime que cette gestation s'est bornée à créer dans le grand bassin des différences de profondeur, sans amener aucune séparation par émergence des anticlinaux. Les faits sur lesquels je m'appuyais jadis pour croire le contraire me paraissent maintenant pouvoir être expliqués autrement. Les découvertes faites, surtout dans la recherche des grands horizons marins du Houiller supérieur (*lato sensu*), tendent de plus en plus à montrer l'unité et l'uniformité de nos bassins.

b) ANGLETERRE.

Il est bien regrettable que les bassins anglais qui nous intéressent ici ne soient pas ceux qui ont été les mieux étudiés. Mais de nombreux travailleurs sont à l'œuvre et l'on peut espérer que ces bassins n'auront bientôt plus rien à envier aux autres, surtout au point de vue faunique. L'étude de la flore, surtout par le regretté Newell Arber, peut d'ailleurs compléter à ce qui manque du côté de la faune.

BASSIN DES SOUTH-WALES. — *Assise de Chokier (Pendleside séries)*. Mieux encore que le Dinantien, le Houiller inférieur montre, par ses variations, les différences géographiques des diverses régions du bassin et montre que les matériaux terrigènes siliceux étaient amenés, dans le bassin, des côtes rocheuses qui le bordaient au Nord-Ouest et au Nord-Est. C'est de ce côté aussi que devait se trouver le rivage du bassin, car plus on s'avance dans cette direction, plus les grès fins du Sud deviennent grossiers et à cailloux de plus en plus abondants et volumineux. Au contraire, les formations marines (calcaires) diminuent de plus en plus dans cette direction, de même que les schistes et phthanites (cherts) à faune marine.

C'est dans la presqu'île de Gower que l'assise (Pendleside series) présente son développement le plus typique et le plus exempt de bouleversements empêchant son étude (*Swansea Memoir*, p. 22). Le Dinantien, à Bishopton, se termine par un niveau de calcaire noir en petits bancs qui, par décomposition, donne une roche poreuse (*rottenstone*) et des argiles blanches. D'après sa faune on rattache ce niveau tout au sommet du Dinantien (*Cyathaxonia zone*). Au-dessus vient un niveau assez mince de phthanite zonaire à radiolaires, ou sans radiolaires au sommet. Au-dessus vient un niveau, épais de plus de 800 mètres, de schiste noir avec faune, notamment celle des *Goniatites*, qui

indique un mélange des formes de l'assise de Chokier et de celle d'Andenne (p. 25). Une partie de ce niveau appartient probablement à l'assise d'Andenne, la limite entre les deux assises étant, comme chez nous, arbitraire. La partie inférieure de ces schistes, avec les phtanites, constitue un ensemble ressemblant complètement à notre assise de Chokier et qui a certes été déposé dans les mêmes conditions. Au-dessus, on observe encore des phtanites schisteux qui, en Belgique, sont considérés comme terminant l'assise. En réalité, en Belgique, les phtanites se rencontrent à tous les niveaux dans l'assise et, comme en Angleterre, ils sont en lentilles. Dans le South-Pembrokeshire, l'assise est tellement hâchée de failles de refoulement, qu'il est impossible d'établir une échelle continue à travers le Houiller. De la faune et des roches trouvées dans les lambeaux faillés on peut déduire que l'assise est identique à celle de Gower (*Tenby Memoir*).

Si maintenant nous suivons le bord Sud du bassin, à l'Est de Gower, on constate que les circonstances ne permettent aucune observation. Il faut aller jusque dans la région de Newport, là où le bord du bassin tourne franchement au Nord-Nord-Est, pour revoir de bons affleurements, et là on observe que l'assise a complètement disparu et avec elle le sommet du Viséen (zone D, à *Dibunophyllum*). E. Dixon (*Newport Memoir*) attribue le fait à une forte transgression vers l'Est de l'assise d'Andenne (*Millstone grit*). Il est intéressant de noter que c'est aussi la région où l'on voit apparaître des conglomérats quartzeux dans le Calcaire carbonifère et dans le Millstone grit, notamment, dans ce dernier, un niveau, à la base, très persistant. Les mêmes conditions persistent dans la région voisine d'Abergavenny, où l'on se trouve à l'angle Nord-Est du bassin. La lacune de sédimentation sous le Millstone grit y est encore plus grande, par suite de la réduction du calcaire sous-jacent.

A partir de cette région, le bord du bassin prend, jusqu'au bout, la direction Est-Ouest. C'est le bord Nord du bassin (*North crop*). Dans la première région, à l'Est, celle de Merthyr-Tydvil, la situation reste exactement la même que dans la région précédente.

Dans la région voisine, à l'Ouest, l'assise de Chokier reparaît entre le Dinantien et le Millstone grit. Elle est réduite à une épaisseur de 50 pieds, mais présente les mêmes caractères que dans la région de Gower. Elle est presque exclusivement composée de phtanite (chert). Certains bancs sont réduits, par altération météorique, à l'état d'une fine farine siliceuse recherchée

comme matière plastique. Le Dinantien se termine, comme au bord Sud, par des calcaires siliceux, poreux par décalcification (Rottenstones) (*Ammanford Memoir*, pp. 75-77).

Plus à l'Ouest encore, dans la région de Carmarthen, on retrouve encore les mêmes phtanites, mais non décomposés, réduits à 15 pieds d'épaisseur et n'existant que dans la partie orientale de la région (*Carmarthen Memoir*, p. 83). Dans l'Ouest et dans la région voisine d'Haverfordwest, l'assise a définitivement disparu. Comme l'assise n'a été reconnue que dans la partie Ouest de la région d'Ammanford, on voit que, sur tout le bord Nord, il n'y a qu'une petite lentille qui a été préservée de la transgression du Millstone grit qui s'est faite vers le Nord, à la fois à l'Est et à l'Ouest de cette lentille. Cette lentille est localisée, sur le bord Nord, là où le bord se recourbe fortement vers le Sud et où il se rapproche donc beaucoup des régions méridionales, où l'assise est complète. Ce repli vers le Sud est dû à un anticlinal transversal qui, sous la baie de Carmarthen, coupe en deux le grand bassin houiller des South-Wales. Cet anticlinal est donc de date très ancienne, au moins à ses débuts.

Assise d'Andenne (Millstone grit). — En Angleterre, peut-être encore plus qu'en Belgique, il est difficile d'établir un synchronisme exact des divisions de rang inférieur du Houiller et, partant, d'établir des limites d'assises partout contemporaines. Cela tient surtout à ce que les variations latérales de facies lithologiques sont, on le voit aisément, plus prononcées encore que chez nous. D'autre part, le travail paléontologique qui serait à faire pour établir la classification sur des bases chronologiques est énorme et n'a encore été qu'esquissé. On lira, au sujet des assises inférieures que nous étudions ici, les intéressantes observations qu'a faites E. Dixon (*Tenby Memoir*, p. 149) sur la corrélation de ces assises inférieures des diverses régions du bassin. Il est probable, d'après cela, que plusieurs des conclusions que nous tirons des faits actuellement connus devront être retouchées plus tard. Mais nous pensons qu'en gros elles sont suffisamment exactes pour ne pas contredire notre thèse.

Plutôt que de suivre l'assise autour du bassin, nous donnerons les conclusions que l'on peut tirer de l'exposé qui a été fait dans les différents mémoires du Geological Survey, sur cette assise.

1° D'une façon générale, l'assise se compose de deux niveaux de grès grossiers (Grits) souvent poudingiformes, séparés par des schistes avec grès et psammites. Le niveau supérieur est le célèbre « Farewell Rock ». Le niveau inférieur est le « Basal grit ». Sur le bord Sud du bassin, ce dernier est sporadique et insignifiant, tandis que là, l'autre est très visible et constitue le seul niveau poudingiforme de l'assise (*Abergavenny Memoir*, p. 37). On a depuis longtemps synchronisé le Farewell Rock à notre Poudingue houiller et il est bien remarquable que, dans les South-Wales, comme chez nous, ce grès repose sur un niveau marin très riche et persistant au-dessous duquel vient un autre niveau marin accompagné du plus ancien niveau de *Carbonicolidae* du Houiller. Chez nous le même fait s'observe, surtout là où nous avons deux niveaux de poudingue houiller dans les strates supérieures de l'assise (89, p. 11).

2° Aussi bien sur le bord Nord que sur le bord Sud du bassin, tous les grès grossiers et poudingiformes de l'assise perdent leurs caractères littoraux en allant de l'Est vers l'Ouest. Les cailloux de quartz disparaissent petit à petit; les grès deviennent plus fins et passent à des schistes, le calcaire fait son apparition de plus en plus, accompagné de faunes marines plus abondantes et riches en *Goniatites* (*Tenby Memoir*, p. 151).

3° Comme nous l'avons déjà dit, l'assise est nettement transgressive, partout sur le bord Est du bassin et sur le bord Nord, sauf dans la petite région où l'assise de Chokier a été préservée et où la transgression a été beaucoup moins prononcée. Sur le bord Est, la transgression a été manifestement précédée d'une émergence, durant laquelle le Dinantien a été érodé météoriquement, ce qui a permis à la base de l'assise de remplir de curieuses cavités, comme dans la coupe d'Ifton, citée plus haut (p. 81), et celle figurée, *Abergavenny Memoir*, page 45. Le même phénomène s'observe au Nord-Ouest du bassin, dans la région d'Haverfordwest (*Memoir*, p. 151). Dans cette région, d'ailleurs, où la transgression houillère est si visible, l'assise a repris ses caractères poudingiformes du bord oriental du bassin.

4° En même temps que les grès deviennent plus fins, vers l'Ouest et vers le Sud, ils s'épaississent avec les roches intercalées et l'assise s'épaissit tout entière et devient plus puissante. C'est ce que montrent les chiffres suivants : Bord nord, de l'Est vers l'Ouest : Abergavenny, 250 pieds; Merthyr-Tydvil, 390 pieds; Ammanford et Carmarthen, 1.300 pieds. En allant du Nord au Sud, sur le bord Est : Abergavenny, 250 pieds;

Newport, 460 pieds; Pontypridd, 1.400 pieds. Sur le bord Sud, la présence de failles et la difficulté de séparer cette assise de l'assise sous-jacente empêchent de fournir des chiffres exacts, mais l'assise y est encore plus épaisse.

5° Tout le monde est d'accord pour dire que les cailloux et le sable de l'assise proviennent du Nord-Ouest et du Nord-Est. La distribution de ces matériaux le prouve à l'évidence. Mais la rareté des roches granitiques dans le siluro-cambrien gallois indique que le feldspath des grès de l'assise doit avoir une origine différente, probablement méridionale (Cornouailles et Devonshire, peut-être).

Westphalien. — Voici les faits intéressant notre thèse que l'on trouve dans les *Mémoires du Geological Survey* (2). Le Houiller de la région a été divisé, au point de vue lithologique, en trois assises : *Upper coal series*; *Pennant grit*; *Lower coal series*. Nous parlerons peu de la première, dont la puissance varie par suite des érosions posthouillères.

1° Dans le Pennant grit de l'Est du bassin, le grès, souvent poudingiforme, domine. Le schiste avec rares et minces couches de charbon est subordonné. En allant vers l'Ouest, l'épaisseur totale augmente; les grès deviennent plus fins et moins abondants; le schiste finit par prédominer, avec des veines exploitables (*Abergavenny Memoir*, p. 76). Les *Lower coal series* augmentent aussi de puissance dans le même sens et le grès y augmente d'importance dans la même direction, contrairement à l'assise précédente.

Le tableau suivant illustre bien le fait. Il représente, en pieds, l'épaisseur du Pennant grit et de l'assise inférieure, sur deux lignes parallèles, en allant de l'Est vers l'Ouest :

NORD	ABERGAVENNY	AMMANFORD	CARMARTHEN	
—	—	—	—	
Pennant G.	636 E.-981 O.	3.600		
Lower C. S.	750 E.-1.680 O.	900 E.-1.200 O.	2.740	
SUD	NEWPORT	PONTYPRIDD	SWANSEA	GOWER (West)
—	—	—	—	—
Pennant G.	800 E.-980 O.	1.590	2.740	
Lower C. S.	850 E.-1.600 O.	1.720 E.-2.700 O.	3.075	3.900 E.-4.000 O.

Quand deux chiffres sont donnés, l'un E, indique l'épaisseur dans l'Est de la feuille; l'autre O, dans l'Ouest.

Une carte (*Newport Memoir*, fig. 4, p. 74) donne une représentation détaillée des variations de puissance dans une région restreinte.

2° Dans tous les Mémoires, on indique que l'épaisseur des deux assises augmente aussi du Nord au Sud. Mais nulle part on ne donne de chiffre ni de tableau pour le démontrer. Dans la région orientale, la carte que je viens de citer prouve que cette augmentation n'existe pas. Mais au moyen du tableau que nous venons de donner, on voit que l'augmentation d'épaisseur vers le Sud, peu visible dans la région orientale, le devient de plus en plus en avançant vers l'Ouest, pour devenir très nette à l'Ouest. Mais cela n'est vrai que pour les Lower coal series. Pour le Pennant grit, c'est plutôt le contraire.

Si l'on tient compte de l'épaisseur du Pennant grit, telle qu'on peut la calculer d'après les faits énumérés pages 140-141 et 164 de l'*Ammanford Memoir* et ceux de la page 7 du *Pontypridd Memoir*, on voit que le Pennant grit aurait : Ammanford (Nord), 3.600 pieds; Ammanford (Sud), 4.500 pieds; Pontypridd, 1.590 pieds. C'est donc vers le centre du bassin que l'assise serait la plus épaisse et sur le bord Sud la plus mince.

Ces divergences d'épaississements indiquent nettement l'existence de mouvements intrahouillers et des changements dans la direction d'où venaient les sédiments.

3° Nous avons dit plus haut que les veines du Pennant grit deviennent de plus en plus épaisses vers l'Ouest, dans la région de Newport (p. 28). Dans la région d'Ammanford elles s'aminçissent et disparaissent vers le Nord et le Nord-Ouest. Dans la région de Pontypridd, les veines des Lower coal series s'épaississent vers l'extrême bord Sud (p. 38, 2° édit.).

4° C'est dans la région de Swansea que le bassin est le plus profond et contient la série houillère la plus complète. C'est donc sur le bord Sud et un peu à l'Ouest du milieu de son grand axe que ce fait se produit, sans doute à cause des plissements venant du Sud.

5° Le bassin a été l'objet d'un travail considérable, probablement le plus considérable dans son genre, sur les variations dans la composition chimique de ses charbons. On a touché ainsi le problème, connu depuis longtemps, de l'anthracitisation des charbons (100). Les auteurs ont attribué la formation de l'anthracite galloise aux conditions spéciales dans lesquelles les couches anthraciteuses se sont formées. Mais ils n'ont pu déterminer quelles étaient ces conditions. Cela n'est pas éton-

nant, car ils ignoraient ce qui a été écrit sur le même problème à l'étranger, où il se pose dans la plupart des bassins, même d'âge plus récent. Mais leur travail est une mine précieuse de faits et de diagrammes, où l'on peut puiser plusieurs conclusions importantes pour notre sujet. Une carte jointe au travail (pl. X) indique l'épaisseur des Lower coal series dans le sous-bassin à l'Est de la baie de Carmathen, le seul qui ait été étudié. Laissant de côté ce qui ne peut nous servir ici, voici quelques faits concernant le problème de la paléogéographie des South-Wales, au Houiller.

a) Les couches anthraciteuses sont, en général, plus minces que leurs contemporaines bitumineuses. Cela est logique, car, en toute hypothèse, la matière végétale originelle a plus perdu en devenant de l'anthracite. Mais ce n'est pas une règle absolue, car J. Stevenson a montré qu'en Pennsylvanie, c'est exactement le contraire (100, p. 80).

b) Quand on étudie les courbes de même composition chimique, pour une même couche (isoanthracitiques), on voit que, de façon très générale, elles se tracent suivant trois alignements qui se réunissent de façon à simuler la lettre « Z », qu'on aurait couchée de droite vers gauche. L'alignement principal est grossièrement parallèle au bord Nord du bassin, entre les localités d'Amanford et de Merthyr-Tydvil. L'alignement Est part du précédent, brusquement en suivant le contour du bord Est du bassin, vers le Nord. L'alignement Ouest, à peine marqué, faute de données, se replie vers le Sud-Ouest, aussi pour suivre le bord du bassin. Il n'est donc pas exact de dire, comme dans le travail, page 76, que le phénomène n'a aucune corrélation avec le contour actuel du bassin. Mais la façon dont se fait la corrélation n'est pas de nature à être facilement expliquée.

c) Les auteurs du travail n'ont prêté aucune attention à l'influence perturbatrice, si visible dans beaucoup de bassins, de la profondeur. Ils nient cette influence dans le bassin. Cependant, des ondulations dans certaines courbes, la courbe Est, par exemple, me paraissent traduire simplement le passage d'un plissement. Les dislocations si importantes de la vallée de Neath que l'on peut suivre bien loin, dans l'Old red sandstone, par l'alignement des outliers de Dinantien, me paraissent expliquer les fortes déviations de la courbe principale, sur la planche VII.

d) Ces déviations de la courbe principale sont nulles sur les planches III, IV et V, qui se rapportent aux Lower coal series. Elles commencent à s'esquisser sur la planche VI pour la veine Rhondda N° 2, base du *Pennant grit*. Elles sont au maximum (étudié) sur la planche VII pour les couches supérieures du Pennant grit. Il y a là, me semble-t-il, une indication qui pourrait permettre de dater les dislocations.

e) Pour les auteurs du travail, comme pour nous, la formation de l'antracite est due aux conditions originelles de dépôt. Parmi les agents qui ont pu modifier ces conditions, on peut citer les mouvements intrahouillers du sol. Je vois la preuve de ces mouvements, que nous avons déjà constatés dans les pages précédentes, dans le fait que les courbes isoanthracitiques (indiquant le rapport Carbone sur Hydrogène en charbon pur) se comportent différemment suivant les régions et, dans certains cas, suivant l'âge des couches étudiées. Voici quelques faits de ce genre.

Les courbes où le rapport va de 20 à 14 montrent un parallélisme évident avec le bord actuel du bassin. Pour les couches des Lower coal series, étudiées seulement dans le Sud-Est du bassin, la partie, que j'ai appelée plus haut principale, d'une courbe, est rigoureusement parallèle au bord Sud-Est. La branche montante orientale est parallèle aux bords Est et Nord-Est du bassin. Mais à partir de la Nine-feet Vein, jusqu'au sommet, elle ondule de plus en plus fort, tout en restant parallèle dans l'ensemble. Lorsque les couches du Pennant ont les mêmes rapports, à l'Ouest de la vallée de Neath, les courbes sont parallèles au bord Est-Sud-Est voisin.

f) Les couches tout à fait inférieures, qui ont des rapports de 29 à 23, ont leur branche principale, connue à l'Ouest de la Neath, parallèle au bord Nord-Ouest du bassin. Mais à partir de la Red Vein, les courbes indiquant les mêmes rapports se recourbent de façon à ce que leur extrémité Ouest continue à rester parallèle au bord Nord-Ouest, mais l'extrémité Est se recourbe de façon à devenir parallèle au bord Sud (Est-Sud-Est). Au bout, en plein bassin, l'influence du bord Est se fait sentir, car ces courbes se replient de façon à avoir leur branche orientale parallèle à ce bord Est.

g) Quand on voit une courbe très étendue, ses replis donnent l'impression d'une courbe isobathe. Malheureusement, ces courbes ne sont pas isobathes. Au moyen des données de la planche X, j'ai essayé de dresser une carte des isobathes des

Lower coal series. Elle révèle des choses inexplicables, dues vraisemblablement à des erreurs de synonymie. A la lecture des Mémoires on voit que les synonymies ont été établies d'après les anciennes méthodes. Quoi qu'il en soit, il y a, dans l'ensemble, trop de grandes discordances des isobathes avec les courbes isoanthracitiques, pour qu'on puisse trouver une relation générale entre les deux. Je dis générale, car il y en a une régionale, très évidente. La courbe de 14, celle des charbons les plus gazeux et celles de 17 et de 20, longent les bords Sud-Est et Est du bassin, ou lui sont parallèles. Or, nous l'avons montré, c'est dans ces régions que toutes les assises houillères sont les plus minces. De ce côté on peut donc dire qu'il y a une relation : plus les assises houillères sont minces et plus les charbons y contenus sont riches en matières volatiles.

Dans la région Nord-Ouest du bassin, il est éminemment probable que la direction des lignes isoanthracitiques est parallèle à l'ancien rivage houiller (100, p. 82). Mais de ce côté, plus les sédiments s'épaississent et plus la teneur en matières volatiles augmente. C'est donc le contraire du cas précédent. Sur le bord Sud-Ouest, les choses se passent comme sur le bord Nord-Ouest; la teneur en gaz augmente avec l'épaisseur des sédiments. La partie du grand bassin étudiée, à l'Est de la baie de Carmarthen, se divise donc en deux régions : Dans la région orientale, la teneur en gaz augmente quand les sédiments s'amincissent. Dans la région occidentale, c'est le contraire. La ligne de séparation entre les deux est d'autant plus brusque et plus nette qu'il s'agit de couches plus élevées et elle coïncide alors de plus en plus avec la vallée de Neath, comme si les dislocations de cette vallée s'accroissaient au fur et à mesure que le Houiller se déposait.

Les deux types de changement de teneur ont leurs correspondants ailleurs. Le type oriental est le type des bassins côtiers anglais transgressifs des Midlands : Forest of Wyre, South-Staffordshire, Leicestershire, Warwickshire. Le type de la région occidentale est le type belge du bord Nord du bassin de Namur. Le type pennsylvanien serait, d'après J. Stevenson (98, p. 58), analogue au type occidental gallois, avec cette différence que si les sédiments diminuent vers les régions où les charbons deviennent de plus en plus anthraciteux, les veines, par contre, augmenteraient d'épaisseur dans cette direction, alors que dans les South-Wales les veines s'amincissent.

Le problème de l'influence des conditions de dépôt est donc

plus complexe qu'on ne le croyait au début et requiert de nouvelles études.

En tous cas, il est certain que le terme de courbes isobathes que j'ai employé ici, à la suite d'autres auteurs, est inexact. Des courbes d'égale épaisseur de terrains ne sont pas des courbes d'égale profondeur d'eau. M. P. Pruvost a très bien montré, par des exemples, que les régions à sédimentation puissante ne sont pas nécessairement des régions abyssales, comme on l'a cru souvent. Il a montré que ces régions sont souvent des régions à subsidence continue, pouvant ainsi absorber de grands dépôts sédimentaires sans varier beaucoup de profondeur (65). Ce n'est pas dans la direction de l'épaisseur des sédiments qu'il faut chercher le critérium de la profondeur d'eau, c'est dans l'étude des facies lithologiques et surtout paléontologiques. Ce dernier a été trop négligé en pays gallois pour qu'on puisse y songer. Quant à l'autre, nous avons dit, plus haut, ce qu'on en sait. Nous ne sommes pas encore assez documenté pour résoudre le problème de l'origine de l'antracite gallois. Nous ferons usage, plus tard, de la distinction en divers types régionaux que nous venons d'établir.

BASSIN DE BRISTOL ET AUTRES BASSINS MALVERNIENS. — *Bassin de Bristol*. — Le bassin de Bristol, un des plus intéressants du Sud de l'Angleterre, est le plus mal connu au point de vue stratigraphique. Cela tient à ce que sa faune, si l'on excepte deux intéressantes notes de H. Bolton, est à peu près inconnue. Le résultat c'est que des opinions très diverses ont été émises concernant la corrélation des assises du bassin avec l'échelle type. Ce n'est pas ici la place de discuter ces diverses opinions. J'ai adopté le classement qui m'a semblé le meilleur, mais qui, comme tous les autres, est probablement provisoire. D'après ce classement, voici quelle serait l'histoire du bassin durant le Houiller.

1° Cette histoire confirme, de façon au moins aussi nette, la conclusion que nous a fournie l'étude du Dinantien : le bassin n'est pas le prolongement de tout le bassin des South-Wales, mais seulement de son extrémité Nord-Est.

2° La coupe précitée de Cattybrook et celle de Brandon Hill montrent que le passage du Dinantien au Houiller n'est pas marqué par une transgression, dans leur région du Bassin, mais par un passage par alternances. Ce genre de transition exclut la transgression qui est marquée par une ligne de sépa-

ration nette, souvent accompagnée de ravinements, quand la lacune de sédimentation est importante. Dans la même région, le *Millstone grit* passe au Houiller, également sans trace de discordance ou de transgression.

3° Le Houiller commence, dans la région ci-dessus du bassin (Bristol), par une assise qui, d'après un travail de H. Bolton (16), présente tous les caractères fauniques et lithologiques de notre assise de Châtelet (*Lower coal measures* ou *Gannister series* des Anglais).

4° Il en résulte que ce *Millstone grit* représente non seulement le *Millstone grit* type, mais aussi notre assise de Chokier, qui aurait ici un facies lithologique bien différent du nôtre et même de celui qui se voit dans le bassin des South-Wales. Cela seul prouve que le bassin de Bristol était plus littoral (ou plus rapproché du rivage), même que la région centrale du bord Nord des South-Wales, où, comme nous l'avons rappelé, il subsiste un reste d'assise de Chokier échappé à la transgression du *Millstone grit* et ayant les mêmes caractères que sur le bord Sud (voir p. 91).

5° Le reste du Westphalien (assise de Charleroi et du Flénu, partiel) paraît extrêmement réduit, comme dans l'Est des South-Wales. Cette réduction paraît augmenter en allant vers le Nord, car un récent sondage, à Yate, a rencontré une flore des *Middle Coal measures*, supérieure au niveau marin de Quaregnon ou Poissonnière, bien près de la limite du Houiller. M. Reynolds avait d'ailleurs montré, par un diagramme très clair (69, p. 14), qu'en allant vers le Nord, le *Millstone grit* transgresse des assises de plus en plus inférieures du Dinantien, comme dans le Nord-Est des South-Wales.

6° Les assises les plus élevées du bassin seraient, par contre, plus développées et monteraient plus haut que n'importe où en Angleterre, au témoignage de la flore. Dans ces assises, il y a une assise de *Pennant grit* aussi puissante et aussi caractéristique que celle des South-Wales. Cette particularité, exceptionnelle dans le grand synclinal South-Wales-Namur, ne peut s'expliquer que si l'on admet que ces deux bassins communiquaient largement durant les *Upper coal measures*.

7° Il y a des traces évidentes, à l'Ouest du bassin de Bristol, indiquant que le *Pennant grit* et les *Upper coal measures* sont en forte transgression vers l'Ouest. On les voit reposer, dans de petits bassins, notamment dans celui qu'a traversé le tunnel de la Severn, même sur le Dinantien de l'anticlinal malvernien.

Bassins malvernien. — Des restes encore plus instructifs de la grande transgression des *Upper coal measures* s'observent dans deux chenaux longeant, de part et d'autre, l'anticlinal des Malverns, produits tous par le même plissement.

Dans le chenal occidental, le plus ancien et le plus profond, le Dinantien a pénétré, au début, puis le sol s'est soulevé jusqu'au moment où la grande transgression susdite y ramena le Houiller supérieur. Comme l'ont montré Dixon, N. Arber et Sibly, la lacune de sédimentation, indice de cette vaste transgression, est des plus visibles dans les bassins de ce chenal, celui de Forest of Dean et celui des Cleve Hills.

Dans le chenal oriental on peut encore mieux suivre la transgression, car les restes en sont plus nombreux. En partant de Bristol, vers le Nord, on observe une file très continue de bassins dont la profondeur et la surface vont en diminuant graduellement et d'âge de plus en plus récent au fur et à mesure qu'on s'approche du sommet du massif siluro-cambrien. Dans le premier, le bassin de Newent, il y a encore quelques veines de charbon, mais elles deviennent de plus en plus rares, disparaissent et, en approchant du sommet, les roches stériles prennent les caractères anormaux des strates houillères les plus élevées du North-Staffordshire. Si l'on continue à marcher vers le Nord, en descendant la pente nord du massif siluro-cambrien, on voit des massifs houillers continuer la file, devenir de plus en plus importants, pour finir par posséder de la houille (Bassin de Wyre-Forest), et finalement on parvient dans le grand synclinal Midlands-Campine, en passant par le bassin de Coalbrook-Dale, où, dans une série déjà beaucoup plus complète, il y a une grande discordance houillère, correspondant peut-être avec le début de la transgression.

Dans toute cette file, la seule que l'on connaisse, avec sa voisine à l'Ouest, comme traversant complètement le massif siluro-cambrien, les bassins sont d'autant plus minces et la lacune de sédimentation, sous eux, est d'autant plus grande qu'on est plus éloigné des deux grands synclinaux hercyniens. Nous ferons grand usage des indications que nous ont fournies les particularités de ces deux chenaux si instructifs.

APPLICATION AUX BASSINS DU NORD-OUEST DE LA FRANCE.

Il nous reste à tirer parti de ces enseignements pour résoudre le problème du ou des bassins du Pas-de-Calais. Pour suivre mon exposé, il faudra se reporter à la carte (pl. II) que j'ai dressée en utilisant toutes les indications fournies par les divers

principes énoncés. Au fur et à mesure, on aura ainsi la justification des tracés de la carte, laquelle constitue la conclusion la plus résumée et la plus intuitive de ce travail.

En me basant sur ce que nous voyons des deux côtés du Pas-de-Calais, voici, je pense, les conclusions que l'on peut énoncer et traduire sur la carte.

PREMIÈRE CONCLUSION. — Bassin du Nord. — Le bassin houiller du Nord, de Valenciennes à Douai, est le prolongement en direction de la partie la plus puissante, la plus marine du synclinal de Namur. Personne n'en a jamais douté. Le léger déplacement du bassin du Nord, vers le Sud, est dû à une courbe sigmoïde, surtout bien visible sur le bord Nord du bassin belge. On y a retrouvé les trois niveaux marins connus en Belgique ainsi que toutes les mêmes assises, aussi bien sur le bord Nord que sur le bord Sud. Les assises inférieures ne sont pas moins riches en niveaux marins, en roches marines organogènes et en individus, au contraire. Les travaux de M. Ch. Barrois et de ses collaborateurs, MM. Bertrand et Pruvost, fournissent toutes les preuves désirables à cet égard (7, 8, 9, 10, 64). Les assises, surtout l'assise d'Andenne, sont, comme chez nous, moins épaisses sur le bord nord que sur le bord sud.

Mais il y a des différences avec le Houiller de Mons. La principale, c'est la différence d'épaisseur des assises du Houiller productif, différence bien mise en évidence par l'écartement des trois grands niveaux marins directeurs de ces assises. C'est ce que montrent les tableaux suivants : Distance du niveau de Quaregnon ou Poissonnière au niveau de Rimbert ou Petit-Buisson : Mons, 880 mètres; Anzin (10), 465 mètres; Escarpelle (10), 350 mètres.

Ces chiffres sont pris dans les régions centrales. Le chiffre de Mons est encore douteux et adopté dans l'hypothèse, émise récemment, que le niveau de Quaregnon serait au toit de la Veine Auvergie (A. Renier). En tous cas, la distance à Mons est bien supérieure à celle d'Anzin.

Distance du niveau de Laure à celui de Poissonnière : Mons (Havré et Ghlin) (89), 400 mètres; Aniche (8), 290 mètres. Chiffres pris sur le bord Nord.

Les chiffres suivants montrent que, dans le Nord, comme en Angleterre, les assises s'épaississent du Nord vers le Sud : Anzin (9) : distance entre les niveaux de Laure et de Poissonnière : bord nord, 300 mètres; région centrale : 225 à 350 mètres; bord sud, 400 à 550 mètres.

Comment expliquer cet amincissement en direction et en inclinaison?

Pour des assises à sédiments terrigènes, comme celles du Houiller productif, une subsidence continue (65) a permis aux bassins houillers de conserver une profondeur d'eau très uniforme, grâce à l'accumulation plus forte de ces sédiments au centre des cuvettes. Or on sait que le centre de nos bassins, au moment de leur formation, était voisin du bord Sud actuel, qui doit sa position à des phénomènes tectoniques. Ceux-ci ont supprimé le bord Sud originel des bassins ou bien nous le cachent sous des massifs charriés. L'épaississement du Nord au Sud s'explique donc aisément.

C'est pour la même raison que se produit l'amincissement en direction. Dans le sens longitudinal, le grand bassin de Namur-South-Wales est divisé en bassins secondaires par des anticlinaux transversaux plus ou moins importants. Un anticlinal de premier ordre se voit à Samson, près de Namur. Un autre, au Sud de Saint-Omer. Le fond du synclinal transversal se trouve aux environs de Mons. C'est donc vers ce centre de cuvette longitudinale que convergent les épaississements longitudinaux de sédiments.

DEUXIÈME CONCLUSION. — *Bassin du Pas-de-Calais.* — Le Houiller du Pas-de-Calais n'est pas le prolongement en direction du Houiller du bassin du Nord actuel : 1° Il représente, surtout dans son bord Nord, des parties septentrionales du bassin du Nord, aujourd'hui enlevées par érosion; 2° Le bassin du Nord se poursuit avec une direction Est-Ouest, théoriquement, sous des massifs charriés par la Grande faille du Midi. La démonstration de ce 2° sera donnée plus loin, quand nous parlerons des failles de refoulement. Quant au 1°, il découle de considérations paléogéographiques dont c'est ici la place.

Quand on étudie la stratigraphie du bassin du Pas-de-Calais, telle qu'elle résulte des travaux de l'École de Lille, on constate de grandes différences avec celle du bassin du Nord. Voici ces différences, par assise :

Assise de Bruille. — Alors qu'à Bruille elle a encore la même épaisseur qu'en Belgique (70 m.), elle devient très mince en s'avancant vers l'extrémité du bassin et variable, locale. Elle n'a plus que 20 mètres à Lens et à Bruay (64, p. 445), sur le bord Nord, et elle doit être encore plus mince ou disparue à Fléchinelle et à Auchy-au-Bois car, d'après des coupes (75,

pl. XIX et XX), la première veine n'est qu'à 20-40 mètres du Dinantien. Sur le bord Sud, elle a quelques mètres au Puits n° 3 d'Auchy-au-Bois, mais manque au Puits n° 1 de La Clarence (7, p. 83).

Assise de Flines. — Pour cette assise, on constate, de l'Est à l'Ouest, non seulement un amincissement énorme, mais aussi des changements lithologiques.

Comme en Belgique, l'assise devient de plus en plus épaisse et plus riche en niveaux marins, surtout des calcaires crinoïdiques, quand on va du Nord vers le Sud, comme le prouvent les chiffres suivants : Bruille (bord Nord), 140 mètres de puissance (7, p. 3); Flines-lez-Raches (bord Nord, mais beaucoup au Sud du précédent), 200 mètres, 5 niveaux marins, 3 veines (7 et 64, pl. XXVII); Anzin et Douchy (bord Sud), 300 mètres, 8 niveaux marins, plusieurs veines (7, p. 77).

Comme en Belgique, il n'y a de veines exploitables que sur les bords du bassin et la teneur des charbons, en matières volatiles, augmente du Nord au Sud : 9 % à Flines, 25 % à Azincourt (7, p. 77).

En allant de l'Est vers l'Ouest, la transformation est plus radicale encore. Au delà du grand coude du bassin du Nord, on constate : Flines-les-Raches, 200 mètres, 3 veines, 5 niveaux marins.

Carvin, 150 mètres, 1 veine, 3 niveaux marins (7, p. 13); Meurchin, Lens, Nœux, 40 mètres (64, pl. XXVII), pas de charbon, 3 niveaux marins; Bruay (bord Nord, mais beaucoup plus au Sud que le cas précédent), 80 mètres (65, pl. XXVII); Auchy-au-Bois et Fléchinelle, l'ensemble des assises de Bruille et de Flines n'a, sur les coupes de Soubeiran (75, pl. XIX et XX), que 25-40 mètres, très variable. Pas de charbon.

Le poudingue houiller belge (*H/c*) n'est plus représenté dans le bassin du Nord que par une roche réduite et bien différente, au voisinage de la frontière et qui disparaît vers l'Ouest, où l'on ne la rencontre plus que très sporadiquement, à Meurchin, par exemple. Les conglomérats et grès grossiers feldspathiques, si épais et si fréquents en Belgique, sont rarissimes en France et sont représentés par des grès ordinaires en bancs minces.

En Belgique, on constate que le charbon d'une même couche devient de plus en plus riche en matières volatiles en approchant du centre des synclinaux transversaux de Montegnée (Liège) et de Mons (Hainaut). Dans le Pas-de-Calais, c'est le contraire. Sur le bord Nord, en partant du centre d'un syn-

clinal transversal (Anzin), vers un anticlinal, la teneur des charbons augmente fortement : assise de Flines à Flines, charbons à 9 % de matières volatiles; à Bruay, 15 à 17 %.

Comment expliquer ces diverses transformations, qui sont beaucoup plus fortes, qu'on ne le constate d'habitude, dans le sens longitudinal d'un bassin. Nous avons vu, en effet, que c'est dans le sens transversal ou, plus exactement, dans le sens perpendiculaire aux anciens rivages des bassins, que se font les modifications paléogéographiques. Nous l'avons vu, en étudiant, plus haut, le Houiller de Belgique et celui du Sud-Ouest de l'Angleterre. Longitudinalement ou parallèlement aux rivages, les modifications sont faibles et sensibles seulement à grandes distances. Le cas du bassin gallois est surtout instructif. Comme nous l'avons vu, c'est suivant une diagonale Ouest-Sud-Ouest à Est-Nord-Est que se font les modifications les plus profondes car cette direction est perpendiculaire à l'ancien rivage.

Ce que nous venons d'exposer pour les bassins du Nord de la France nous permet de déduire que la direction suivant laquelle on constate les modifications les plus profondes est aussi une diagonale, allant de Fléchinelle à Denain-Douchy, avec une direction approximative Nord-Ouest à Sud-Est. Le rivage occidental de ces bassins était donc dirigé au Nord-Est, c'est-à-dire c'était le bord d'un anticlinal calédonien, ce qui est logique.

La conséquence à tirer c'est que le gros de ces bassins, leur axe épais, se dirigeait, avant les plissements hercyniens, au Sud-Ouest, donc à angle droit avec la direction au Nord-Ouest dans laquelle on a toujours fait les recherches. La détermination de l'ancien rivage, ici, se heurte à une cause d'indétermination bien visible. Alors que dans le pays de Galles le bassin nous montre, dans la région voisine de l'ancien rivage, un bord très étendu, où l'on peut suivre les variations et choisir le point où elles sont au maximum, dans le Pas-de-Calais il n'y a qu'une pointe aiguë, à Fléchinelle. Il n'y a pas de choix, il faut faire passer la ligne de plus grande modification par ce point. Il y a là une première cause d'indétermination.

Une autre cause provient de l'influence modificatrice que la formation de l'arc armoricain a dû nécessairement produire sur l'axe du bassin calédonien. Ce n'est qu'après avoir étudié cette influence, plus loin, que nous pourrons conclure et dire quelle est la vraie direction du bassin à l'Ouest de Douchy-Denain.

Pour terminer cette conclusion, nous ajouterons que les réductions de puissance sont telles, comme celles qu'il nous reste à citer, qu'on ne peut guère les expliquer qu'en faisant intervenir de légers mouvements du sol, intrahouillers, ayant provoqué de faibles transgressions houillères. Ces transgressions se faisant vers le Silurien du massif du Brabant, terrain très schisteux et pauvre en roches résistantes, il n'est pas étonnant que vers le Nord-Ouest, direction des transgressions, les matériaux siliceux et volumineux fassent défaut, alors qu'ils deviennent de plus en plus abondants, volumineux et riches en minéraux granitiques, en Belgique, vers le Sud. Dans cette direction, en effet, la transgression se faisait vers les massifs archéens profonds du bassin de Paris (88).

Dans le Pays de Galles, la transgression Nord-Est se faisant sur un massif siluro-cambrien et dévonien riche en conglomérats et en roches métamorphiques dures, le Houiller devient de plus en plus riche en cailloux de ces roches dures, en s'avancant vers le rivage, bordé de ces roches.

Assises de Vicoigne, d'Anzin et de Bruay (Étage westphalien).

— On y observe encore un amincissement général et important vers l'Ouest, mais il est relativement moins fort que pour les deux assises précédentes.

Un tableau synthétique de stampes normales, à l'échelle, de trois régions : les deux extrémités et le centre des bassins du Nord et du Pas-de-Calais, montre du premier coup d'œil cet amincissement (10, pl. III). Nous avons complété ce tableau par un chiffre puisé dans le travail (9), pour l'épaisseur de l'assise de Vicoigne à Cuvinot.

	BRUAY	ESCARPELLE	ANZIN (Cuvinot)
Assise d'Anzin... ..	300 m.	345 m.	450 m.
Assise de Vicoigne	230 m.	340 m.	325 m.
	<hr/> 530 m.	<hr/> 685 m.	<hr/> 775 m.

A titre de comparaison nous donnons les chiffres pris en Belgique et basés sur la synonymie, encore douteuse, de la veine Auvergie, pour le Borinage :

	BORINAGE (Bord Sud)	HAVRÉ (Bord Nord)	CHARLEROI (Centre)
Assise d'Anzin	840 m.		
Assise de Vicoigne	700 m.	463 m.	457 m.

La symétrie des variations, par rapport à Mons, est donc la même.

Quant à l'assise de Bruay, en supposant, ce qui est éminemment probable, que le niveau de poudingue de la veine Edouard de Lens soit contemporain de celui de la veine Grand-Hornu à Saint-Ghislain (Borinage), la distance de ce poudingue au niveau marin de Rimbert (=Petit-Buisson) serait de 600 mètres à Bruay (10, pl. III) et de 850 mètres à Saint-Ghislain. La même diminution s'observe donc pour cette assise, mais encore moindre, vu la grande distance.

De récentes recherches sur le bord Nord du bassin ont encore accentué cet amincissement des assises inférieures (15). C'est ce que montre le tableau suivant :

	DOUVRIN	1,8 kil.	BÉTHUNE (P. N° 8)	4,5 kil.	BÉTHUNE (P. N° 9)
Assise d'Anzin	280 m.		240 m.		200 m.
Assises inférieures ...	230 m.		220 m.		210 m.
Total... ..	510 m.		460 m.		410 m.

Par conséquent, le niveau marin de Rimbert (=Petit-Buisson), qui, dans le Borinage, est à 2.000 mètres au-dessus du Dinantien, ne l'est plus qu'à 410 mètres à Béthune. Cette énorme diminution, ajoutée à la disparition du niveau marin de Laure signalée plus haut, montre bien l'influence des transgressions et des différences provoquées par la subsidence des régions centrales du synclinal de Namur.

L'étude des variations dans la composition chimique des charbons conduit aussi, dans le Pas-de-Calais, à d'intéressantes déductions. Pour que celles-ci aient toute leur valeur, il faudrait qu'elles fussent basées sur des synonymies de veine à veine bien établie, tâche formidable et souvent impossible. Quoi qu'il en soit, voici deux faits instructifs.

Les couches les plus anciennes, que l'on sait maintenant appartenir, sur le bord Nord, à l'assise de Flines (7), conservent, de Flines à Béthune, soit sur plus de 40 kilomètres, une composition identique : 8-10 % de matières volatiles. Mais à partir de là, cette composition change rapidement. A Bruay (7, p. 19) elle est déjà de 15-17 % dans la même assise. Plus loin, à Ferfay, à 14 kilomètres seulement de Béthune, les couches inférieures, très voisines du Dinantien, titrent 27 % et restent à ce chiffre jusqu'au bout. Il est difficile de ne pas voir dans ce fait l'influence de la disparition rapide, par le bas, des veines

des assises inférieures (Flines, Vicoigne et Anzin, base) et par conséquent un indice évident d'une transgression houillère lors du Westphalien. L'absence dans cette région du niveau marin inférieur de Laure, citée plus haut, parle dans le même sens.

Le fait suivant permet de préciser : Dans un sondage fait à La Buisnière par le charbonnage de Bruay (7, p. 19), on a percé un faisceau de couches dont la teneur va de 24 à 16 %, sur une stampe de 140 mètres. Ensuite, sur 60 mètres (assise de Flines), on a percé deux veinettes de 15-17 %. Le Dinantien arrive à 150 mètres plus bas. Donc, sur 200 mètres de stampe, la teneur des charbons est descendue de 9 %. C'est une chute tout à fait anormale dans un bassin à couches nombreuses comme ceux du Nord-Ouest de l'Europe. Mais, d'un autre côté, il n'y a pas d'hiatus ni de chute brusque, la descente est régulière. On peut en inférer que la transgression a été, aussi, lente et régulière, supprimant progressivement des veines avec leurs stampes stériles.

Comme le niveau de Poissonnière est connu jusqu'à Ferfay, on peut dire que jusque-là la transgression a commencé avant le dépôt de ce niveau marin, probablement dès l'assise de Flines, déjà fort réduite. Cette transgression serait donc contemporaine de celle du *Millstone grit* des South-Wales, si visible dans ce bassin. Le sens de la transgression : Sud-Est vers Nord-Ouest montre la direction dans laquelle se trouvait le rivage de la cuvette houillère, rivage dirigé perpendiculairement au sens de cette transgression, c'est-à-dire ici, dirigé au moins Nord-Est à Sud-Ouest et non pas Nord-Ouest à Sud-Est, comme semble l'indiquer le contour actuel du bassin. En effet, si le rivage avait été dirigé Nord-Ouest à Sud-Est, il serait parallèle à la ligne de teneur constante des charbons allant de Béthune à Flines. La direction de teneurs modifiées par la transgression, vers le rivage, devrait alors être perpendiculaire à la droite de Béthune-Flines. Or elle est sensiblement dans le prolongement.

Nous sommes donc ramené, par une autre voie, à la conclusion formulée plus haut, que le rivage Ouest du bassin du Pas-de-Calais avait une direction calédonienne.

TROISIÈME CONCLUSION. — *Lambeaux de Merville et de Seclin.*

-- Des sondages ont montré l'existence de deux lambeaux de Houiller à Seclin et à Merville, respectivement à 7 et 12 kilomètres de la bordure Nord du bassin. Du premier on ne sait rien, mais le second est exceptionnellement intéressant, comme M. Pruvost nous l'a appris (66).

On a traversé 24 mètres de roches de l'assise de Flines et seulement 7 mètres de l'assise de Bruille. Vu l'absence d'autres données, on en est réduit à des hypothèses pour expliquer la présence de ce Houiller en pleine bande dinantienne. Est-ce un lambeau charrié comme celui que j'ai signalé à Belgrade, près de Namur? Est-ce un massif préservé des érosions par son effondrement dans une poche de dissolution du calcaire dinantien, comme les deux lambeaux que j'ai découverts à Bouges et à Lives, près de Namur? Le fait, que signale M. Pruvost, qu'une des carottes de l'assise de Bruille indiquait une pente verticale me fait pencher pour cette hypothèse, car du Houiller en place, dans cette région, ne peut guère être fort incliné, ce qui arrive facilement, dans un effondrement. Si l'on avait eu une série continue de carottes, on aurait pu trancher la question. Enfin, M. Pruvost et le chanoine Delépine (31) émettent une autre hypothèse, aussi admissible et dont nous ferons état plus loin, c'est que ce Houiller serait là en place, dans un synclinal secondaire, ou digitation du grand bassin. Quoi qu'il en soit, au point de vue de notre travail, la trouvaille est des plus importantes, car elle montre un amincissement de l'assise de Bruille, soit par transgression de cette assise vers le Nord, soit par érosion de la transgression de l'assise suivante. Ce qui est non moins important, c'est qu'à si petite distance du grand bassin, une assise à facies si constant que l'assise de Bruille ait déjà tellement changé et, surtout, ait une tendance à montrer des roches siliceuses, indice d'un rapprochement du rivage.

Les particularités si anormales de ce lambeau me rappellent un gisement bien extraordinaire que nous ont fait connaître les géologues américains.

En dehors de la bordure du grand bassin houiller à l'Ouest du Mississippi-Missouri, on trouve de curieux lambeaux d'un combustible aussi riche en matières volatiles que celui de Merville. Il remplit indifféremment des poches, boyaux ou cavernes creusés dans tous les calcaires antéhouillers qui bordent le bassin sur une grande largeur (63).

Il n'est nullement improbable qu'on découvre encore d'autres lambeaux houillers dans le Nord. C'est ce qu'a montré M. J. Delecourt, pour des raisons que je crois très sérieuses (28). Pour s'en convaincre, d'ailleurs, il suffit de regarder une carte sur laquelle on a figuré l'extension du Dinantien. La petite bande dinantienne qui borde, au Nord, l'extrémité du bassin houiller du Pas-de-Calais, arrivée un peu à l'Est du méridien

de Hazebroek, devient subitement 4 à 5 fois plus large. Cela est évidemment dû à des plissements longitudinaux à ennoyage vers l'Est et se relevant contre l'anticlinal transversal de Saint-Omer. Comme nous le montre M. Delecourt, il y a là un grand anticlinal longitudinal, le dôme du Mélantois, flanqué au Nord et au Sud par des synclinaux. Celui du Nord pourrait tout aussi bien avoir conservé des restes de Houiller que celui du Sud. Il serait bien intéressant pour ma thèse de trouver là du Houiller très transgressif et peut-être assez récent.

QUATRIÈME CONCLUSION. — *Bassin houiller du Boulonnais.* — Le Houiller du Boulonnais n'est pas le prolongement de la partie centrale du Houiller du Hainaut et du Nord. Il n'est pas même le prolongement de la pointe Nord-Ouest du bassin du Pas-de-Calais. Il appartient à un pli plus septentrional et il y a, entre eux, au moins un autre synclinal. C'est ce que la paléogéographie va nous démontrer.

a) Si l'on examine le Dévonien moyen et supérieur, d'un côté autour du massif gallois et, d'un autre côté, au Sud-Est, dans le bassin de Dinant, on voit qu'ils appartiennent à des types complètement différents. Le dernier est marin, l'autre est lacustre avec roches rouges du type de l'*Old red sandstone*.

De pli en pli calédonien, on passe graduellement d'un type à l'autre. Sur le bord Nord du bassin de Namur, il y a déjà une intercalation de roches rouges, la seule, celle des Roches rouges de Mazy. Dans le Boulonnais, il y en a quatre, de haut en bas (72). Autour de Londres, le facies marin est exceptionnel et n'a été trouvé qu'en deux points. Partout ailleurs domine le type de roches rouges qui, plus loin encore, sur la bordure du Pays de Galles, va dominer complètement.

b) Le Tournaisien du Boulonnais a une histoire qui se rapproche plus de celle de l'Est de la Belgique que de celle du Sud-Ouest de l'Angleterre, ce qui indique que le massif du Brabant s'est, durant cette période, comporté partout de la même façon, c'est-à-dire qu'il s'est enfoncé légèrement, permettant une faible transgression vers le Nord. Le Tournaisien du Boulonnais ressemble, non à celui, proche, de Tournai, mais à celui de la Méhaigne, c'est-à-dire à un type fortement réduit, par transgression et voisinage plus grand du rivage. Dans le Boulonnais l'étage est réduit au moins de moitié et a pris surtout un facies dolomitique plus littoral.

c) Pour le Viséen, l'étage a certainement pris un autre facies que celui qu'il a en bordure de la région profonde du bassin de Namur. Ce qui le prouve, c'est l'abondance de marbres spéciaux à cette région et la présence d'un lit caractéristique de schiste rouge. Ce qui en Belgique ressemble le plus au Viséen du Boulonnais, dans le bassin de Namur, c'est le Viséen transgressif de la Méhaigne. Par contre, le sommet du Viséen du Boulonnais, avec ses calcaires noirs et sa couche de combustible, a son correspondant exact aux environs de Namur.

L'épaisseur du Dinantien dans le Boulonnais (62) est d'environ 300 mètres, comme sur la Méhaigne.

Mais le fait le plus remarquable du Viséen du Boulonnais, c'est qu'au sommet il passe, par alternance, à une petite série gréseuse qu'on a appelée Grès des Plaines, rapportée tantôt au Houiller, tantôt au Dinantien. Sa faune très pauvre ne permet pas de trancher la question, mais le fait du passage par alternance, bien visible dans certaines bonnes coupes, est incontestable et il indique nettement, comme dans le bassin de Bristol, une phase d'émersion viséenne.

d) Mais c'est surtout par les caractères de son Houiller que le Boulonnais a un cachet unique dans le bassin franco-belge. La rareté extrême d'études paléontologiques rend malheureusement douteux beaucoup de faits concernant cette région. D'un autre côté, les dislocations extraordinaires qui font du bassin, sous ce rapport, un type unique au monde, ont probablement joué, dans le Houiller, un rôle insoupçonné des anciens exploitants. Il en résulte dans les coupes une régularité plus grande que nature. Quoi qu'il en soit, le bassin a été l'objet d'études des plus remarquables de la part des meilleurs géologues du Nord de la France. Nous extrayons de leurs publications et notamment de la plus complète, celle d'Olry (60), les faits suivants, avec les réserves qu'impose un sujet aussi complexe :

1° L'assise de Bruille fait complètement défaut, ce qu'annonçait déjà le facies d'émersion siliceux du sommet du Viséen.

2° Au-dessus vient une mince zone de schistes souvent calcaires, de grès et de calcaires coquilliers, avec une ou deux veines de charbon. Nous devons à M. Ch. Barrois le seul document paléontologique décisif concernant le bassin, grâce à l'étude qu'il a faite du sondage d'Ellinghen (7, p. 20). Je pense, comme lui, que ces roches se rapportent à l'assise de Flines et que leur épaisseur la plus probable est de 24 mètres, donc très

réduite par rapport aux chiffres du grand bassin, mais se rapprochant beaucoup de l'épaisseur que l'assise doit avoir à l'extrémité Nord-Ouest de ce bassin.

3° Au-dessus vient un faisceau de 5 couches, parfois plus, épais, en moyenne, d'une centaine de mètres et qui manifestement s'épaissit, par augmentation des stampes, de l'Est vers l'Ouest. L'âge de ces couches n'a pas encore été fixé avec certitude. La rencontre de *Carbonicola* empêche de les rattacher à l'assise de Flines. De plus, une flore comprenant :

Corynepteris coralloïdes,
Sphenopteris gracilis,
 — *chaerophylloïdes*,
Lepidodendron ophiurus,
Cordaianthus Pitcairniae,

tout en n'étant pas absolument caractéristique d'un niveau, ne peut guère, comme l'a dit Zeiller, descendre sous le niveau A², soit le sommet de l'assise de Vicoigne, au plus bas, et pourrait être supérieure. Ce qui est aussi à signaler, c'est que, dans sa flore très restreinte, le Boulonnais possède quelques espèces inconnues dans le grand bassin.

Il en résulte qu'il y a une lacune stratigraphique entre ces couches et celles de la base de l'assise dite du Grès des Plaines = Assise de Flines, pars.

Il nous semble même que cette lacune correspond à une transgression avec légère discordance, dans le sens indiqué par l'épaississement du faisceau cité plus haut. En effet, au sondage d'Hidrequent il y a, sous le faisceau, une stampe stérile d'environ 85 mètres. Aux fosses Du Souich et Providence, cette stampe stérile, non complètement percée, était fort diminuée, d'après l'apparition des calcaires, de la zone de Flines probablement. Il en était de même à la fosse Boulonnaise et encore plus aux fosses du Bois d'Aulne (60, p. 39, fig. 30; pp. 138, 150, fig. 15). Si la synonymie des couches du sondage d'Ellinghen établie par L. Breton (17) est exacte, la stampe stérile y serait aussi très réduite, mais cette synonymie me paraît bien douteuse, car les stampes normales sont si différentes de celles reconnues dans les travaux des anciens puits, à peu de distance.

4° Le fait que les grès disparaissent de plus en plus dans ce faisceau, de l'Est vers l'Ouest, donc corrélativement à l'épaississement des stampes, indique aussi un rivage situé vers l'Est

et probablement donc un rivage sujet à des mouvements en sens divers (60, pp. 41-155).

5° Ce qui confirme encore l'existence de lacunes stratigraphiques, même entre l'assise de Flines et le Dinantien, c'est la variété des roches au sommet du Dinantien, prouvant que le contact ne se fait pas toujours au même niveau. Au sondage d'Ellinghen, le sommet du Dinantien est du calcaire blanc rosé, bréchiforme, avec parties argileuses rouges (17, p. 8). A la fosse boulonnaise, sous une couche de quartzite, venait du calcaire noir avec une couche schisteuse contenant une veine de charbon (60, fig. 30). A la carrière noire, au-dessus du calcaire noir, il y a deux lits de phtanite surmontés de schiste noir fossilifère (60, p. 37). A la fosse de la rue des Maréchaux, le sommet du Calcaire, parfois bréchiforme, renferme du phtanite (60, p. 37).

6° Une particularité bien spéciale du bassin, ce sont les nodules et plaques subéreuses si abondants dans la Veine à Bouquettes (= Veine Marquise de la fosse La Glaneuse n° 1), décrits par M. C.-E. Bertrand (12).

7° La composition chimique des charbons du bassin appelle quelques réflexions. Sur le bord Nord du grand bassin, nous avons rappelé plus haut que la teneur en matières volatiles des charbons inférieurs augmente rapidement vers le Nord-Ouest, passant de 8 à 17 %. L'accroissement a dû se continuer car, dans le Boulonnais, la veine de l'assise de Flines titre 37 % (7, p. 22). Ce qui est non moins étonnant et anormal, c'est que tous les charbons du bassin, quel que soit leur âge, ont sensiblement la même composition, tous très gazeux (32 à 38 % de matières volatiles). C'est le cas même pour la veine intercalée dans le sommet du calcaire viséen.

De tout cela nous pouvons conclure que les différences entre les terrains dévoniens et carbonifères du Boulonnais et ceux du grand bassin sont trop fortes pour qu'on puisse admettre que le premier soit la continuation, en direction, du second. Il se trouve dans un pli plus septentrional, plus éloigné encore de la partie centrale profonde de ce grand bassin. On trouve en Angleterre des bassins qui présentent les caractères spéciaux du bassin du Boulonnais. Ce sont : la partie Nord (Gloucestershire) du bassin de Bristol, l'extrémité Nord-Est du bassin des South-Wales; le bassin de Forest of Dean en est un type encore plus accentué.

Donc on doit retrouver, au Sud du Boulonnais, d'autres bassins représentant le prolongement et du bassin du Pas-de-Calais

et de celui du Nord et de Mons. C'est ce qu'avait pressenti, il y a bien longtemps, Gosselet, quand il disait : « Rien ne démontre que les couches houillères d'Hardinghen soient le prolongement *unique* du grand bassin houiller franco-belge. Nous devons attendre que l'on ait découvert la limite Sud du bassin avant d'assurer que l'on ne trouvera pas une seconde bande houillère au Sud de celle d'Hardinghen (11).

CINQUIÈME CONCLUSION. — *Bassins du Calaisis*. — Comme je l'ai figuré sur la carte, je pense que les sondages exécutés plus au Nord permettent de croire qu'il y a encore deux bassins au Nord de celui du Boulonnais.

A. — *Bassin de Strouanne*. — Il n'a pas été exploité et est donc mal connu. Mais les sondages qui l'ont recoupé montrent des faits intéressants. Les lacunes stratigraphiques y sont encore plus prononcées. Au sondage de Wissant-Sud (n° 73) (1), il y a une lacune d'au moins 100 mètres, correspondant à l'absence des dolomies du Huré (Viséen inf. et Tournaisien), qui existent à Hardinghen. Au sondage de Strouanne, des couches houillères, probablement du même niveau que celles d'Hardinghen, c'est-à-dire du Houiller moyen, reposent sur du Viséen inférieur (Calcaire du Haut-Banc). Tout le Viséen supérieur et les assises de Bruille, de Flines et une partie de la base de celle de Vicoigne font donc défaut. On se trouve donc là, dans les mêmes conditions qu'à la base du Houiller du bassin du Kent, comme nous le montrerons plus loin.

B. — *Bassin de Calais*. — Il me semble, d'après les conclusions de la Commission jadis instituée pour décider de l'âge des 25 mètres de calcaire rencontrés au fond du sondage de Calais (n° 61), que ces calcaires sont bien dinantiens. M. Olry a rappelé les vicissitudes dans la détermination de l'âge de certains calcaires rencontrés dans des sondages entre le Boulonnais et la frontière belge. A la suite de la découverte de calcaires, certainement siluriens, dans les lambeaux de poussée et dans le massif charrié par la faille du Midi, sur le bord Sud du bassin du Pas-de-Calais, il y a eu tendance à rapporter au Silurien les calcaires des sondages susdits. Ceux qui ont proposé cette identification ont perdu de vue que les calcaires siluriens du Sud du grand bassin appartiennent au bassin, de

(1) Les numéros entre parenthèses à côté d'un nom de sondage indiquent sa position sur la carte annexée (pl. II).

Dinant, d'où ils ont été charrié vers le Nord. Au contraire, les sondages susdits ne peuvent rencontrer que le Silurien du massif du Brabant. De cela personne ne doute. Or jamais on n'a constaté la présence de calcaire dans le Silurien du massif du Brabant, surtout pas de masses de 25 mètres comme à Calais (60, p. 22). M. Olry (ibidem) considère aussi que le calcaire noir-bleu rencontré au sondage de Sangatte (n° 63) ne peut pas être carbonifère, parce que sa présence serait une anomalie. Ce serait une anomalie si Sangatte était sur le bord Nord du bassin de Valenciennes ou de Mons, mais là où il est, sur un anticlinal silurien, ce calcaire peut parfaitement être à sa place normale, sur le Silurien, comme cela se voit dans le lambeau d'Oreton (Shropshire). Même du Houiller pourrait reposer directement sur le Silurien. Ce que M. Olry regarde pour une anomalie est, au contraire, conforme à tout ce que nous a montré la paléogéographie du prolongement occidental du Calaisis, en Angleterre. La seule question en doute est de savoir si le calcaire de Sangatte, comme celui du sondage du Pont d'Ardres (n° 56), est dévonien ou dinantien, puisqu'il y a du Dévonien au Nord et au Sud (voir la carte). Ce Dévonien doit être très réduit lui-même, si l'on en juge d'après les coupes des sondages de Strouanne (n° 68) et d'Escalles n° 2 (n° 64), l'un houiller, l'autre silurien. Dans l'espace de 2.800 mètres qui les sépare, il faut loger les couches inclinées à 20° du Houiller, du Dinantien, du Dévonien et du Silurien sur une distance inconnue pour ce dernier. La paléogéographie du Pays de Galles et du Shropshire nous a montré que le flanc Sud du massif siluro-cambrien présentait des dépressions où se logèrent des dépôts dévoniens ou carbonifériens d'âges divers. La même disposition peut avoir existé dans le Calaisis. En tous cas, l'existence du Dinantien à Calais et celle, incontestable, du Dévonien au sondage de Coquelles (n° 62) indiquent suffisamment l'existence probable d'un bassin au milieu des roches siluriennes, bassin qui, suivant toute apparence, est le prolongement tant recherché du bassin du Kent, en France. C'est une conclusion à laquelle l'étude des ondulations du Crétacique avait déjà conduit Marcel Bertrand (13, p. 74) et qu'il eut tort d'abandonner plus tard. M. Pruvost a exposé à nouveau cette hypothèse (62, p. 22) et il admet la thèse que je soutiens en disant que le Houiller de Séclin et de Merville pourrait être transgressif (66, p. 95). Ce que j'ai représenté sur ma carte comme des plissements pourrait très bien être des cuvettes.

L'essentiel de tout cela, c'est de nous montrer qu'au fur et

à mesure qu'on se rapproche de la crête du massif du Brabant, la série Dévonien-Carboniférien se réduit de plus en plus et que le Houiller devient de plus en plus transgressif. A Calais on est loin encore de cette crête et l'on a l'impression que si les érosions n'avaient pas si fortement raboté le massif du Brabant et sa couverture primaire, nous pourrions avoir conservé, comme dans la bordure du massif gallois, du Houiller très récent, en cuvettes sur le Siluro-Cambrien, en Belgique.

Une autre conclusion, non moins importante, c'est que ce n'est ni à Calais, ni à Strouanne, ni à Hardingham qu'il faut rechercher l'axe des Bassins de Mons et du Nord; c'est beaucoup au Sud du Boulonnais.

Ce qui nous reste du remplissage houiller originel du bassin calédonien du Nord-Ouest de la France est trop peu de chose pour qu'on puisse dire exactement, comme dans le pays de Galles, dans quel sens se faisaient les variations paléogéographiques que nous y avons signalées. Avec les données actuelles, nous l'avons montré, ces variations se font du Sud-Est au Nord-Ouest, mais, théoriquement, puisqu'il s'agit d'un pli calédonien, les variations devaient se faire, comme en pays gallois, du Sud-Ouest au Nord-Est, mais de façon moins rigoureuse, le pli français étant très probablement moins accusé que son congénère anglais.

Deuxième proposition : Conséquences du ridement hercynien.

Grâce à ce que la paléogéographie nous a appris, nous pouvons nous représenter l'aspect général des régions houillères du Nord-Ouest de l'Europe un peu avant le ridement hercynien. Des synclinaux d'origine calédonienne avaient été remplis de sédiments carbonifériens plus ou moins transgressifs sur les anticlinaux. Dans ces synclinaux la mer avait pénétré, plus ou moins tôt, du côté du Sud-Ouest; aussi, dans cette direction, les sédimentations sont de plus en plus marines, au point que, dans certains, le Houiller lui-même avait pris le facies du Culm. Du côté opposé on rencontrait des formations de plus en plus minces, plus littorales et plus transgressives sur les rivages des bassins, où l'on pouvait même voir de petits bassins isolés et peu épais. Partout les couches avaient conservé leur horizontalité primitive, à peine modifiée, par places, par l'allure générale en cuvettes ou par l'influence de mouvements de l'écorce terrestre, intrahouillers, mouvements précurseurs des grands mouvements que le ridement hercynien allait déclencher. On

comprend que ces mouvements ont eu facile de façonner à leur guise une masse aussi épaisse, aussi peu résistante que celle des roches houillères non métamorphiques. Mais la résistance opposée par les roches houillères, pour ne citer que celles-là, n'était pas égale partout. Une première inégalité provenait du fait que l'épaisseur du Houiller n'était pas la même partout. Elle était plus forte, grâce à la subsidence, au centre des synclinaux que sur l'arête des anticlinaux et plus faible dans les régions minces transgressives que dans le reste. Une autre cause d'inégalité résultait du fait de la présence d'anticlinaux calédoniens, renforcés par plissement et par un métamorphisme plus ou moins avancé. Enfin, le fait que le sens général de la poussée était du Sud au Nord, alors que la direction des plis calédoniens était du Sud-Ouest au Nord-Est, fait que ces plis étaient attaqués obliquement, ce qui devait amener des décompositions de force et des déviations dans la poussée.

Sous le bénéfice de ces considérations générales, abordons maintenant le domaine des faits observés.

A. — *Étude de la grande faille du Midi.*

Nous l'avons déjà dit, la grande faille de charriage du Midi, le reste le plus important que nous a légué le ridement hercynien, se compose de trois branches principales : *a*) la branche centrale, de Samson à Douai, avec une direction générale Est-Ouest; *b*) une branche orientale qu'on a appelée l'arc varisque, des plis qu'elle limite; sa direction générale, très variable, est Est-Nord-Est; *c*) une branche occidentale, la branche armoricaine, qui, comme l'arc armoricain qu'elle délimite, a une direction générale, variable aussi, à l'Ouest-Nord-Ouest.

Les causes premières qui ont amené les déviations de la faille et du grand pli hercynien, dont elle fait partie nous échappent. Nous pouvons simplement dissenter sur le mécanisme de ce ploïement et sur ses effets.

On peut se demander si la courbure générale qui résulte, pour la faille, de la disposition de ces trois parties provient de ce que les poussées ont été plus fortes aux deux extrémités qu'au centre, ou si cette courbure résulte simplement d'un double gauchissement dans la surface de la faille, gauchissement dont nous ne rechercherons pas l'origine. Parmi les diverses hypothèses que l'on peut formuler, c'est celle qui me paraît la plus vraisemblable. La faille serait à pente générale

vers le Sud, plus forte dans la branche centrale, puis, par un gauchissement à l'Est et à l'Ouest, sa pente Sud diminuerait dans les deux branches latérales, ce qui lui permettrait de s'étaler plus fortement vers le Nord. Dans ce cas, une horizontale tracée par les érosions posthouillères sur la surface de la faille dessinerait l'allure que nous venons de décrire. Les succès des recherches faites dans la région de Theux me paraissent prêter à cette hypothèse, un appui puissant. Si la branche Est se comporte ainsi, par symétrie, il est permis de supposer qu'il en est de même pour la branche occidentale qui nous intéresse et dont nous allons nous occuper spécialement.

Nous allons énumérer quelques particularités frappantes de la grande faille et de l'influence qu'elle exerce sur les terrains environnants et nous tâcherons d'en tirer des déductions utilisables.

1° Si l'on examine cette faille depuis le Sud du Borinage jusqu'au bout du bassin, à Fléchinelle, on ne peut manquer d'être frappé du parallélisme constant qu'il y a entre la direction de la faille et celle des couches voisines, surtout lorsqu'elles sont relevées en dressant. La chose est d'autant plus frappante que la faille a une direction générale, mais avec de nombreuses ondulations et coudes. Le parallélisme se maintient, même dans les coudes. Et ce parallélisme existe non seulement pour la direction des couches, mais aussi pour leur inclinaison. Comme l'inclinaison de la faille est généralement très forte au voisinage de la surface, il en résulte que lorsqu'on connaît l'allure de la faille, on connaîtrait, du coup, la limite fatale méridionale du bassin houiller, si ce parallélisme se maintenait à toute profondeur. Heureusement, il n'en est rien, on le sait maintenant, d'après des cas frappants. Vu l'importance du fait, nous allons en exposer deux cas, l'un en France, l'autre en Belgique, pour montrer la généralité du phénomène. Ce qui a déjà été publié concernant le résultat des recherches entreprises sous la faille du Midi, dans les bassins de Liège, du Hainaut et du Pas-de-Calais, peut d'ailleurs servir à appuyer ma démonstration au point de vue général.

CAS DE L'ESCARPELLE. — A Azincourt et à Douai, le grand bassin du Nord forme un coude très marqué, aussi bien sur son bord Nord que sur son bord Sud. A partir de ces points, le bassin semble rejeté au Nord et sa direction générale d'Est-Ouest devient Nord-Ouest à Sud-Est. C'est le commencement de

la branche armoricaine de la grande faille, qui fait exactement les mêmes coudes.

Ceux-ci sont-ils originels ou d'origine tectonique, hercynienne? On eût été jadis embarrassé de donner une réponse motivée à cette question, car toutes les couches du bassin présentaient, comme la faille, un parallélisme frappant entre elles et ces coudes. On pouvait donc croire que tout cela était originel. Il n'en est rien. Nous allons le voir.

Le Grand Bassin est bordé au Sud, depuis le Borinage jusqu'à Douai, par un riche et puissant massif appelé, en Belgique, massif du Borinage, dont on peut suivre les plateaux depuis Trivières, par Maurage, Havré et la région dite du Comble Nord du Borinage. Elles ont été rencontrées par le sondage de Thulin et les sondages pratiqués au Sud du Puits L. Lambert d'Hensies-Pommerœul. A partir de la frontière, elles descendent vivement au Sud-Ouest, où elles se régularisent et sont exploitées par la fosse Cuvinot, dans la concession d'Anzin (Saint-Saulve). Elles se poursuivent, avec la même direction, par les fosses Bleuse-Borne, Haveluy, jusqu'à la fosse Lambrecht, où elles reprennent la direction générale Est-Ouest jusqu'à la fosse Vuillemin, d'Aniche, où elles prennent franchement la direction Nord-Ouest, jusqu'à l'Escarpelle, où le fond du massif vient sortir au jour, au-dessus de la faille d'Auby, qui ne serait donc autre que le prolongement français de la faille Masse, elle-même prolongement de la faille d'Ormont de Charleroi. A l'Escarpelle, les plateaux susdites se replient vers le Sud, pour former la cuvette de Dorignies. Le flanc méridional du massif du Borinage est refoulé sur les plateaux du Nord par deux failles congénères : le cran de retour et la faille d'Abscon, qui, réunis, viennent mourir dans la cuvette de Dorignies, vers l'Ouest, et prennent naissance, à l'Est, dans les concessions des Charbonnages Unis-Ouest de Mons, vers Élouges. Sur les cartes minières, on voit les dressants de cette partie méridionale du massif du Borinage présenter exactement les mêmes variations de direction que les plateaux Nord et que celles de la faille limite ou grande faille du Midi.

Or, on sait maintenant que presque toutes ces variations de direction sont d'origine tectonique et dues, je pense, au fait que la grande faille a subi en petit le même double gauchissement qu'elle a subi en grand, comme nous l'avons supposé plus haut. En effet, vers l'Est, les travaux d'exploitation et des sondages ont démontré que le massif du Borinage a été charrié vers le Nord, sur plusieurs kilomètres, suivant la surface de

la faille Masse, au-dessus d'un gisement en place ou relativement en place, très morcelé par des failles de refoulement et limité au Nord et inférieurement par la faille belge, dite du Centre. Par le charriage, l'affleurement des failles Masse et du Centre est devenu très voisin et leur ensemble constitue la zone failleuse du Borinage. Dans l'Ouest, près de Douai, les choses se passent exactement de même, comme l'ont montré récemment les belles recherches du charbonnage de l'Escarpelle. Celui-ci, par des sondages, a montré que la cuvette de Dorignies, avec son soubassement naturel dinantien et dévonien, a été charrié au Nord suivant la faille d'Auby, de façon à venir recouvrir des couches élevées de l'assise de Bruay du gisements des puits n^{os} 1 et 9 de l'Escarpelle (37).

Si l'on essaie maintenant de rétablir les massifs dans la position où ils étaient avant le charriage de la cuvette de Dorignies sur la faille d'Auby, on voit qu'en tenant compte de l'âge respectif des massifs mis en présence par la faille et de l'allure de ces massifs, il faut faire reculer au Sud l'extrémité Ouest de la cuvette de Dorignies. Le recul est suffisant pour que toute la partie de la cuvette déviée au Nord-Ouest, à l'Ouest de la fosse Vuillemin, revienne dans le prolongement de la partie du massif située à l'Est de cette fosse, c'est-à-dire reprenne une direction Est-Ouest. Le coude d'Azincourt-fosse Vuillemin est donc uniquement dû au charriage de la faille d'Auby, lequel est évidemment la résultante de la poussée de la faille du Midi. Rien d'étonnant donc que le bord Sud du bassin soit devenu parallèle à la faille.

J'ai dit plus haut que je pense que la faille d'Auby n'est pas autre chose que le prolongement, dans le bassin du Nord, de la faille belge Masse (1). Je pense que les failles du Centre et Masse, réunies dans le Borinage, se séparent à la frontière. La faille Masse filerait vers le Sud-Ouest, où elle prendrait le nom de faille Reumaux, puis, plus loin, le nom de faille d'Auby. La faille Reumaux du bassin du Nord ne serait donc pas la continuation Est de la faille de même nom du Pas-de-Calais, qui, par priorité, doit garder ce nom. La faille du Centre belge serait le prolongement Est de la faille Reumaux du Pas-de-Calais, à laquelle elle se réunirait en ligne droite par les deux petites amorces de faille que l'on voit, sur la carte (8), marchant l'une vers l'autre, de la concession de

(1) Pour l'historique de la question des failles du bassin du Nord, voir A. RENIER (68).

Raismes et de celle de l'Escarpelle. Il est aussi possible qu'il y ait plusieurs branches de cette faille dans l'espace stérile ou mal connu s'étendant au Sud-Est de Marchiennes.

Le but de cette digression est de montrer que la faille d'Auby-Masse, outre le rejet supplémentaire qu'elle provoque entre Azincourt et Auby, doit avoir, en plus, un rejet bien plus grand, comme son prolongement belge, qui provoque, dans le Hainaut, des rejets de plusieurs kilomètres. Tout l'ensemble des massifs du Borinage, d'Anzin et de Dorignies aurait donc été fortement dévié de sa direction primitive, pour obéir au refoulement de la faille du Midi. Comme je l'ai dit plus haut, la faille du Midi serait doublement gauchie dans le bassin du Nord, et de ce fait elle aurait refoulé plus loin, au Nord, les massifs situés à l'Est et à l'Ouest de la région centrale, à direction Est-Ouest, s'étendant de Douchy à Azincourt. Dans cette région centrale, elle serait à pente plus forte, ce qui explique l'insuccès des recherches qui ont tenté d'y retrouver du Houiller sous la faille. Ces recherches ont eu plus de succès dans la partie Ouest de la faille, moins inclinée par gauchissement, on l'a vu, à l'Escarpelle. Aucune recherche sérieuse n'a été tentée du côté Est, sous la faille du Midi. On s'est attardé là dans les lambeaux de poussée situés devant la faille et très épais.

2° A la lueur de ce que nous venons de dire, on peut expliquer la curieuse coïncidence que l'on peut observer entre l'allure de la faille du Midi et celles du bassin qui l'accompagne, au Nord. A l'Ouest de l'Escarpelle, la faille monte nettement vers le Nord-Ouest, elle ne le fait pas uniformément, mais comme par gradins. Il y a en effet une série, formant ligne brisée, de portions de faille dirigées au Nord-Ouest, alternant avec d'autres, dirigées Est-Ouest. Or, en face, au Nord, de toutes les portions dirigées au Nord-Ouest, la direction générale des couches adopte la même orientation. Ce parallélisme, vers l'Est, se remarque surtout au voisinage de la faille, les couches du bord Nord en étant peu affectées. Mais au fur et à mesure qu'on s'avance vers le Nord-Ouest, le parallélisme gagne de plus en plus au Nord, et au bout du bassin, celui-ci tout entier montre le parallélisme, même dans la direction du bord Nord. Avec ces portions de faille dirigées au Nord-Ouest alternent d'autres dirigées Est-Ouest, en face desquelles le bassin semble moins comprimé; les couches s'y étalent en ondulations et cuvettes, capricieuses, dont la direction générale est, comme pour la faille, Est-Ouest. L'envoyage général du bassin du Pas-de-

Calais descend vers l'Est, mais Soubeyran a montré (75, pls) que cette descente est interrompue par des paliers à descente nulle ou même à légère contrepente. Ces paliers sont juste au droit des portions de la faille dirigées Est-Ouest.

Le bord Nord du bassin trahit aussi l'influence de la poussée, grandissant de l'Est vers l'Ouest, due à la faille du Midi. En effet, vers l'Est, ce bord est très faiblement ondulé, au point de montrer, au Nord, des appendices en cuvettes plates (Annoullin). En allant vers l'Ouest, ce bord s'incline davantage. Les appendices prennent des formes digitées. Au bout du bassin, bord Sud, couches et bord Nord sont également et fortement inclinés (Fléchinelle).

3° On voit que la faille décrit ainsi, en plan, une série d'ondulations. Je les attribue au fait que la poussée de la faille étant dirigée du Sud au Nord et les bassins et voûtes calédoniennes étant dirigés au Nord-Est, le mouvement de la poussée s'est transmis, comme tous les mouvements mécaniques, par ondulations. Lorsque la poussée avait refoulé le Houiller sur une certaine distance il se produisait une résultante oblique vers la diagonale, c'est-à-dire vers le Nord-Ouest, et ainsi de suite. Ce qui est important, c'est que, vraisemblablement pour les mêmes raisons, la grande faille montre de pareilles ondulations, non seulement en direction, en plan, mais aussi en inclinaison, en verticale.

CAS DE BELGIQUE. — Les observations que j'ai pu faire lors de l'étude de nombreux sondages qui ont recherché le Houiller, sous la faille du Midi, dans le Sud du bassin du Hainaut, m'ont montré des phénomènes en tout semblables, quoique sur une échelle moindre que ceux que nous venons de signaler. En inclinaison, la faille, fort inclinée aux affleurements, s'est ensuite aplatie fortement, puis, assez brusquement, elle a repris une inclinaison assez forte pour détruire tout espoir de succès dans les recherches.

L'étude d'une faille analogue, la faille du Carabinier, du bassin de Charleroi, m'a montré la même allure, en inclinaison, sur plusieurs kilomètres, où l'on pouvait la suivre par des travaux très continus.

On peut donc provisoirement admettre que le fait est général.

4° Dans les poussées qui s'exercent durant la production des grandes failles de refoulement, comme la grande faille du Midi, on peut admettre que cette poussée se localise aux points où la faille a une forte inclinaison et où la poussée peut agir comme dans le rôle du bouclier d'un chasse-neige. Au contraire,

dans les points où ces failles sont peu inclinées, la poussée ne doit déterminer que des glissements, facilités par le parallélisme entre l'allure de la faille et celle des gisements voisins.

Puisque nous savons que dans le Hainaut la grande faille montre deux parties en dressant, séparées par une plateure, il doit y avoir deux grands massifs refoulés vers le Nord et faisant face à des dressants. Ces massifs seraient limités, inférieurement, par une faille qui viendrait donc s'embrancher sur la faille du Midi (fig. 2). Dans le Hainaut, les deux massifs qui, avec leur faille, me paraissent répondre à cette description sont les failles Masse et du Carabinier avec leurs massifs : Massif du Borinage et du Carabinier. Les deux failles septentrionales du Centre et du Placard ne sont, sauf exceptions locales, que de simples redoublements provenant de la rupture de plis couchés. A. Briart a jadis posé le principe que les failles importantes de refoulement de nos bassins sont d'autant plus anciennes qu'elles sont plus septentrionales. La présence de lambeaux de poussée, avec leur faille inférieure, nous oblige à compléter ce principe en y ajoutant « et qu'elles sont plus profondes ». Le schéma suivant (fig. 2), réduit aux très grands traits, traduit ces divers faits :

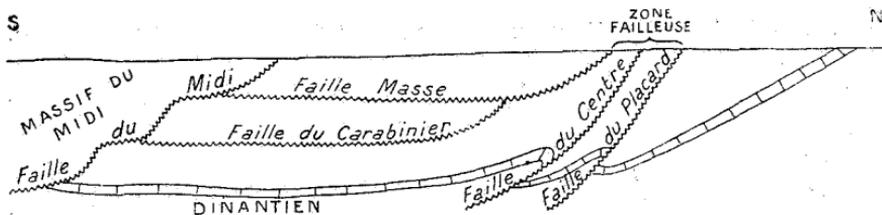


FIG. 2. — Coupe schématique des failles du Borinage.

Si le schéma est vrai, il prouve qu'il doit exister, en profondeur, encore au moins un dressant et une plateure de la grande faille.

5° Le schéma (fig. 2) montre aussi qu'avec le temps la poussée devient de plus en plus tangentielle, de plus en plus superficielle et de plus en plus forte. Les conséquences pour les divers massifs refoulés sont si évidentes qu'il est superflu de les énumérer. Parmi ces conséquences, il y en a une qui touche directement à notre sujet : le schéma (fig. 2) montre que la poussée doit éprouver d'autant plus de résistance à refouler les massifs que ceux-ci sont plus récents, étant bien entendu que le massif le plus récent n'affleure maintenant que grâce aux érosions postérieures.

Lorsque la poussée n'a pas éprouvé une grande résistance, elle a pu facilement façonner le massif refoulé de façon à y déterminer des plis et des failles perpendiculaires au sens de la poussée, du Sud au Nord. Au contraire, quand la résistance a été très grande, la poussée a dû tendre à dévier par la tangente et à prendre, comme nous l'avons dit plus haut (p. 121), en plan, une allure ondulatoire, en communiquant cette allure au massif refoulé. Très schématiquement, l'allure en plan de trois failles successives, de plus en plus jeunes, A, B, C, serait comme on le voit sur le croquis (fig. 3).

Les deux grands coudes x et y correspondraient à deux gauçissements du plan de la faille, et ainsi se serait produite la

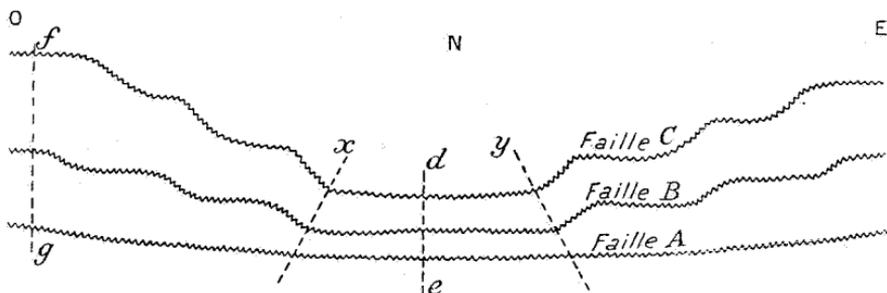


FIG. 3. — Schéma de l'allure ou plan de failles de refoulement successives.

division de l'arc hercynien en trois parties avec deux ailes : l'arc varisque et l'arc armoricain, comme nous l'avons décrit plus haut (p. 117). Les deux coupes suivant $d-e$ et $f-g$ montrent aussi l'origine de la différence de pente générale de la faille, dans ses deux types de divisions, à laquelle il a aussi été fait allusion (fig. 3).

6° Le schéma (fig. 3) explique aussi comment une poussée à composantes parallèles a pu déterminer une courbe enveloppante. Les deux parties enveloppantes devraient être égales et symétriques si l'obstacle contre lequel viennent s'amortir les poussées, dans l'espèce le massif siluro-cambrien des Gales-Brabant, était lui-même symétriquement placé par rapport au sens des poussées. On sait que tel n'est pas le cas. La poussée générale hercynienne a atteint le massif en question, non pas vers son milieu, mais vers son extrémité Sud-Est, en Belgique.

Le massif étant un ovale à grand axe très long par rapport à son petit axe, la branche enveloppante Ouest, parallèle au grand axe, a pu se prolonger jusqu'en Irlande, alors que la

branche Est, le long du bout de l'ovale, ne va que jusqu'en Westphalie. D'autres inégalités locales sont probablement la cause des irrégularités dans le tracé des parties de l'arc hercynien. La localisation des gauchissements secondaires qui accidentent les trois parties du grand arc a aussi, sans doute, la même origine locale.

7° La donnée la plus importante qu'il importerait de connaître dans les recherches du prolongement des bassins du Nord-Ouest de la France, c'est l'amplitude et le sens de l'inclinaison de la Grande Faille, car il est à peu près certain que ce prolongement sur le continent est entièrement caché sous les massifs charriés par cette Grande Faille. Malheureusement, comme nous l'avons dit, dans la première partie (p. 58), c'est la donnée sur laquelle nous sommes le moins bien documentés. Aussi, je pense que si jamais des recherches de ce prolongement devaient être tentées, la première chose à faire serait de dresser un programme d'étude systématique de cette donnée.

L'étude des failles du même genre rencontrées dans les exploitations, les failles Masse et de la Tombe, par exemple, m'ont montré qu'on pouvait tirer de précieuses indications sur l'allure inconnue de ces failles, par l'étude du sens de l'ennoyage et de sa valeur dans les massifs superposés à cette faille, ou sous-jacents (90).

A ce principe, on peut encore en ajouter un autre. L'inclinaison de ces failles de charriage est très souvent la même que celle des couches qui les avoisinent au Nord, surtout quand ces couches sont en dressant renversé. La chose se comprend très bien, puisque c'est la poussée de la faille qui les a relevées ou renversées.

En voyant la forte inclinaison des couches de Fléchinelle, on pouvait savoir que la faille du Midi y serait très inclinée. Par contre, l'inclinaison extrêmement faible des dressants renversés et couchés de Liévin explique pourquoi on a pu y poursuivre si loin le gisement sous une faille du Midi très peu inclinée.

Malheureusement, on ne sait pas encore si le premier principe, celui de l'utilisation du sens et du parallélisme de cet ennoyage avec l'inclinaison d'une faille voisine, est applicable à la faille du Midi. Ce serait le premier point à élucider du programme.

Il est aussi éminemment regrettable que nous soyons complètement incapables de prédire les régions où les grandes failles de charriage présenteront des contre-pentes, qui seraient si utiles

au point de vue des recherches et des exploitations, même au cas où elles seraient insuffisantes pour provoquer la formation de « fenêtres ».

Enfin, pour terminer, je ferai encore une observation, espérant qu'elle pourra servir à nous faire connaître d'avance l'importance de la pente de la Grande Faille. L'observation est basée sur l'étude des allures du massif charrié par la faille. La voici, en résumé : L'inclinaison de la faille semble être d'autant plus faible que l'inclinaison des couches formant le massif charrié est elle-même faible. Voici ce qui me le fait croire.

En Belgique, la seule région où la faille ait montré une inclinaison assez faible pour permettre une notable extension, du Houiller au dessous d'elle, est le Sud du Hainaut. Or, là, le bord Nord du bassin de Dinant charrié par la faille, à l'Ouest de Châtelet, est très large, très étalé, plissé et à pentes relativement faibles. Aussi, pour aller du Gedinnien au Famennien, il faut, dans l'anse de Jamioux, 7 kilomètres; à Binche, 11 kilomètres; à Ciplly, 15 kilomètres.

A l'Est de Châtelet, le massif charrié a des pentes raides et peu ou pas de plis, jusqu'à Liège. Du Gedinnien au Famennien, à Andenne, il n'y a pas 2 kilomètres. En approchant de Liège le massif s'étale à nouveau et le succès des recherches du charbonnage du Bois d'Avroy et du sondage du Streupas semble en être la conséquence. Le succès des recherches de Pepinster et de Theux semble aussi être en relation avec le fort élargissement des plis autour de la fenêtre de Theux. La coupe annexée au travail (3), où M. Barrois a fait connaître le résultat des sondages pratiqués entre Douai et Arras, montre que là aussi le massif charrié est en pente très faible, à couches très étalées, puisqu'il faut 12 kilomètres pour aller du Gedinnien au Famennien. Or, on est là dans la région où la Grande Faille, par sa faible pente, a permis les belles découvertes de Liévin. S'il en est bien ainsi, le large étalement que le massif charrié montre le long de la côte permet d'espérer que la pente de la faille ne sera pas tout à fait prohibitive.

B. — *Étude des plis transversaux et des plis obliques.*

Nous avons dit, dans la première partie, que ces deux genres de plis étaient connexes; nous les examinerons donc ensemble.

1° La première chose à faire, c'est de distinguer les plis transversaux tectoniques hercyniens, donc posthouillers, des plis transversaux originels d'origine calédonienne, antérieurs au

Houiller ou houillers (plis calédoniens posthumes). La distinction se fait aisément quand il y a des données. La direction des axes transversaux est une de ces données, puisqu'elle diffère suivant l'origine calédonienne ou hercynienne du pli. De plus, quand on constate, de part et d'autre d'un pli transversal, de notables différences paléogéographiques, ou lorsque l'on constate que des différences de ce genre ont leur origine sur ces plis, ceux-ci ne peuvent être d'origine hercynienne, ceux-ci étant postérieurs au dépôt du Houiller et ne pouvant donc l'avoir influencé durant son dépôt.

L'examen de la carte annexée (pl. II) montre immédiatement qu'il y a un pli transversal très net au Sud de Saint-Omer.

En effet, on voit qu'à l'Est du méridien de cette ville l'envoyage des plis se fait vers l'Est, jusqu'au charbonnage d'Aniche au moins. Au contraire, à l'Ouest de ce méridien, le tracé des plis montre un envoi incliné vers l'Ouest, qui est d'ailleurs le sens des plis, bien déterminé, dans le bassin du Boulonnais. De plus l'anticlinal de Saint-Omer délimite, dans l'immense bassin South-Wales-Namur, deux genres de sous-bassins de type structural bien différent. A l'Est, jusqu'à la vallée du Rhin, on n'observe que des bassins très allongés et très étroits, en forme généralement de canot, indice d'une pression tangentielle hercynienne très forte, masquant complètement les effets des plissements antérieurs.

Au contraire, à l'Ouest de cet anticlinal, en quittant le continent surtout, les bassins houillers (Kent, Bristol, South-Wales, Forest of Dean, etc.) prennent des formes arrondies, étalées, pas beaucoup moins larges (Nord-Sud) que longues (Est-Ouest). C'est un indice que la poussée hercynienne les a beaucoup moins affectés. Dans cette région occidentale, les bassins sont éparpillés. Il y en a plusieurs du Sud au Nord. Ce n'est pas le cas à l'Est de l'anticlinal. Si l'on recherche la cause de ces différences, je pense qu'on peut la trouver dans les raisons suivantes :

a) Dans la région orientale, le plissement a été plus intense. Il a déterminé la formation de plis plus serrés, donc de bassins plus profonds et plus étroits. Seule la partie profonde du bassin a été préservée des érosions qui enlevaient les bords et les petits bassins éparpillés soulevés sur les anticlinaux du Nord. Dans des plis très serrés le charriage est difficile sur de grandes étendues. Dans la région occidentale, il y a eu plissement moins intense, plus tangentiel, provoquant tout de suite de vastes charriages qui satisfaisaient la poussée, tout en sous-

trayant à nos regards les parties des bassins fortement plissées. On pourrait aussi croire que la formation d'immenses nappes de massifs charriés déprimait le bassin, le préservant ainsi des érosions postérieures. D'après une autre théorie, conduisant au même résultat, mais qui me paraît moins vraisemblable, ce serait l'affaissement du bassin, facteur actif, qui aurait provoqué la descente des massifs charriés, conséquence passive.

b) La région entre Fléchinelle et la mer a un style tectonique certainement comme celui du reste de la région occidentale. Le Houiller du Boulonnais nous en donne la preuve frappante, quoique réduite. Nous devons donc en déduire que les bassins plus méridionaux de cette partie de la France, plus fortement plissés, nous sont cachés sous la faille du Midi.

c) Une conclusion évidente aussi, c'est que l'insuccès des sondages qui se sont acharnés sur l'anticlinal de Saint-Omer n'a rien d'étonnant.

La direction du pli transversal de Saint-Omer est malheureusement impossible à déterminer avec précision. Quant à son origine, les transgressions vers cet anticlinal que nous avons reconnues dans le Bassin du Pas-de-Calais, d'un côté, et celles, moins nettes, signalées de l'autre côté, vers lui aussi, dans le Boulonnais, indiquent que cet anticlinal est calédonien, donc probablement dirigé au Nord-Est et d'après l'âge houiller des transgressions, probablement intrahouiller. (Pli posthume.)

Une autre preuve que l'anticlinal de Saint-Omer est plus ancien que le ridement hercynien, c'est que la faille du Midi le traverse sans que son allure en soit le moins du monde affectée, ce qui aurait eu lieu si la formation de l'anticlinal s'était produite après le ridement. Cette conclusion n'est que partiellement exacte. Le phénomène est en réalité plus complexe. Puisque les couches houillères les plus élevées du Pas-de-Calais montrent des plis à ennoyage descendant vers l'Est, c'est qu'elles ont aussi pris part à la formation de l'anticlinal. Le soulèvement d'un anticlinal ne produit pas une transgression, mais bien une régression. Or, ces couches élevées, comme dans le Sud-Est de l'Angleterre, sont transgressives. Donc le plissement transversal est plus récent que le dépôt des dernières couches du bassin et plus ancien que la production de la faille. Il date donc du début du ridement hercynien, au moment où celui-ci en était encore à sa phase initiale du plissement. Cet anticlinal est donc complexe. Il s'est soulevé, puis affaissé, puis de nouveau soulevé.

Voici l'importance pratique que présente la détermination, théorique, de l'origine d'un pli transversal.

Dans un pli de ce genre entièrement antérieur au dépôt du Houiller, l'érosion posthercynienne, sur l'anticlinal, doit déterminer des terminaisons de bassins secondaires, de forme symétrique, comme le montre le croquis (fig. 4). Mais si la direction de la poussée des massifs failleux a été oblique par rapport à la direction des plis longitudinaux ou transversaux, on obtient alors un autre croquis (fig. 5).

Comme c'est ce dernier cas qui est réalisé, depuis Douai jusqu'en Irlande, et comme les plis obliques ne sont jamais

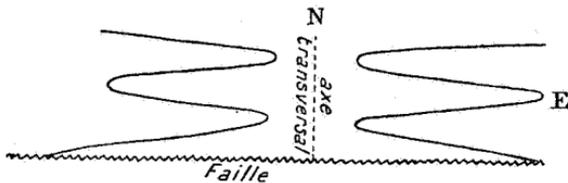


FIG. 4.

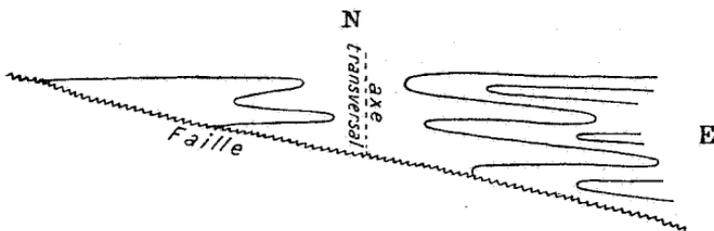


FIG. 5.

visibles qu'au Nord-Est de l'affleurement de la faille, on peut admettre que la direction générale de la Grande faille est sensiblement rectiligne et oblique à la direction des plis longitudinaux qu'elle coupe tout le long de ce trajet.

Quand on regarde une carte où sont pointés les sondages qui ont été faits pour rechercher le prolongement Ouest du bassin du Pas-de-Calais (60, pl. III, dont notre carte est une reproduction sur ce point), on voit que la plupart se sont fixés au voisinage de l'affleurement de la Grande Faille et de préférence du côté Nord-Est de cette faille. Comme je l'ai déjà dit, on était surtout tenté de choisir cette ligne directrice, parce que, par une coïncidence malheureuse, cette ligne semblait

joindre les deux bassins du Boulonnais et du Pas-de-Calais comme un trait d'union. A la lueur de ce que nous venons de dire on voit que cette direction était la plus mauvaise de toutes et la bordure Nord-Est de la faille encore plus mauvaise.

L'excuse c'est qu'on sait tout cela grâce à ces sondages et qu'avant eux on ne pouvait le savoir. Comme c'est un point capital de ma thèse, je vais le développer.

La ligne qui joint l'extrémité Nord-Ouest du bassin du Pas-de-Calais, Fléchinelle, au bassin du Boulonnais est en même temps l'affleurement de la Grande Faille, aux morts-terrains (voir pl. II). Si tout le bassin se prolongeait suivant cette ligne, caché sous la faille, on devrait voir, bordant parallèlement la faille, au Nord-Est, toute la série de terrains dinantien, dévonien supérieur et moyen qu'on voit partout sur le bord Nord du bassin de Namur. La carte montre que pareille série n'existe absolument pas, et la faille, au lieu de longer cette série, coupe obliquement le Dinantien et le Dévonien. La production de la faille, combinée avec celle de l'anticlinal de Saint-Omer, dont on n'avait tenu aucun compte, a déterminé, de part et d'autre de cet anticlinal, une succession typique de plis obliques dont la direction générale n'est pas celle de la faille, mais se rapproche, pour les massifs houillers superficiels, de la direction Ouest-Nord-Ouest. La conclusion, au point de vue des recherches, est facile à deviner.

C. — *Étude du parallélisme des plis.*

Nous avons dit, dans la première partie, que l'utilisation du parallélisme des plis était peu sûre et nous l'avons montré par un exemple. Mais il s'agissait là d'un parallélisme à grande envergure. Il est certain que, à faible distance, dans une même entité tectonique, les plis longitudinaux d'un ridement sont nettement parallèles et cela d'autant plus qu'on se rapproche plus de l'origine de la poussée qui a créé le plissement.

Dans ces limites donc, quand on a pu tracer un pli ou mieux encore plusieurs plis, on peut supposer que d'autres plis du même ridement et de la même région tectonique, inconnus, seront parallèles au premier. Cela est surtout vrai si les plis inconnus sont plus rapprochés de l'origine de la poussée. C'est le cas dans la région qui nous occupe. Si la façon dont nous avons interprété la structure géologique de la plateforme paléozoïque du Nord-Ouest de la France, dans l'état actuel de nos connaissances, est vraie dans les grandes lignes, alors elle nous

montre que toute la région située au Nord-Est de la Grande faille est plissée par des plis à direction générale Ouest-Nord-Ouest pour les allures superficielles. En vertu du parallélisme de ces plis, nous pouvons supposer que la région inconnue au Sud-Ouest de l'affleurement de la faille nous cache des plis orientés au moins de la même façon.

D. — *Étude des grands effondrements.*

Aucun fait notable n'est encore venu nous montrer que le Nord de la France et le Sud de l'Angleterre doivent leurs formations épaisses, en certains régions, de terrains secondaires et tertiaires à des effondrements. L'allure si régulière des bandes concentriques des divers terrains qui remplissent les bassins de Paris, de Londres et du Hampshire ne laisse guère de doute que ce sont des géosynclinaux par plissement. L'étude de ces effondrements ne peut donc actuellement nous servir ici.

E. — *Étude de la récurrence des mouvements de l'écorce.*

Je n'ai pas à revenir sur ce que j'ai dit dans la première partie, sauf sur un point. Les événements ont prouvé que Marcel Bertrand avait bien deviné que le bassin du Kent aboutit, en France, dans le Calaisis. Il se basait, pour faire sa prédiction, sur le parallélisme entre les allures de la plate-forme primaire et celles du Crétacique. Nous avons vu aussi que le même parallélisme s'observe dans certaines parties du bassin de Mons. Je remarque que les régions où le principe de Godwin-Austen se vérifie sont celles où le Primaire dessine des plis peu accusés, très étalés. Les régions où le principe est en défaut sont celles où les plis sont fort accusés et serrés. Dans ces conditions les choses s'expliquent.

On ne peut s'imaginer que des plis très serrés, très comprimés une première fois, puissent encore se plisser au Secondaire ou au Tertiaire sous des poussées certes très faibles, capables tout au plus d'accentuer des failles de refoulement peu inclinées. Mais ces faibles poussées peuvent bien accentuer des plis faibles et peu prononcés, d'où le parallélisme.

F. — *Conclusions générales.*

CONCLUSIONS THÉORIQUES. — De tout ce qui précède, on peut, me semble-t-il, dégager les conclusions suivantes :

1° Avant le ridement hercynien, le Houiller s'étendait, dans le Pas-de-Calais, bien au delà de ses limites actuelles, surtout

le Houiller le plus élevé. Vers l'Ouest, il s'étendait jusqu'à la mer. Vers le Sud, il s'étendait au moins jusqu'à une ligne dirigée tout au moins Ouest-Nord-Ouest, mais plus probablement Est-Ouest et partant au moins du point le plus méridional où le Houiller est connu, dans la concession de Douchy (Nord). Cette limite est une limite minimum; même actuellement, elle ne vaut que pour le massif superficiel, le massif d'Anzin ou du Borinage, charrié, par les failles d'Auby et d'Abscon, sur un massif plus profond dont la limite Sud est inconnue.

En effet, dans le Hainaut, aucun des sondages qui ont atteint le massif supposé en place, sous la faille Masse, n'a montré qu'il fût près de cette limite. On n'a même pas reconnu la limite Sud du massif charrié dit du Borinage. Dans le bassin du Nord, le seul sondage qui ait atteint, sous la faille d'Auby, le massif supposé en place a rencontré manifestement le bord Nord d'un synclinal. On ne sait d'ailleurs pas si celui-ci est le dernier au Sud. Quant au Pas-de-Calais, aucun travail d'ensemble n'a encore paru pour interpréter les résultats des sondages pratiqués sur la bordure Sud du Bassin, mais il est peu probable, malgré la grande profondeur de certains de ces sondages, qu'ils aient dépassé le massif superficiel.

Il semble donc que, pour le massif profond, il n'y a aucune exagération à tracer sa limite Sud, vers l'Ouest, en partant de Douchy, sur une direction Est-Ouest, ce qui aboutit, à la mer, à l'embouchure de la Somme. Si nous donnions à la limite une direction Ouest-Nord-Ouest, nous aboutirions à Boulogne. Or, nous avons démontré que c'est impossible, la limite en question devant être loin au Sud du bassin du Boulonnais.

2° Des charriages suivant des failles plates ont pour résultat d'enlever au bassin en place des tranches successives qui, dans l'axe du bassin, sont, en descendant, de plus en plus profondes, donc plus anciennes. Dans l'hypothèse où tout le bassin n'aurait pas été ainsi amputé successivement jusqu'au fond, il ne resterait plus probablement que les parties les plus profondes, charriées ou non. Heureusement, on sait que le Houiller inférieur (assise de Flines) n'est pas stérile sur le bord Sud du bassin du Nord, comme il l'est souvent ailleurs.

3° La Grande Faille vient aboutir à la mer au cap Gris-Nez. Si l'on réunit ce point à Cannington Park, au Nord-Ouest de Bridgewater (Somersetshire), premier point où la faille est connue en Angleterre, on obtient une ligne dirigée Ouest-7°-Nord (abstraction faite de la sphéricité, sur les cartes). Cette

direction se maintient assez bien, à l'Ouest de Cannington, si la faille longe la côte Sud du canal de Bristol. Je pense que la Grande Faille longe le bord Sud du bassin houiller dans le Pembrokeshire. Je le démontrerai plus loin. Il est probable, mais moins, qu'il en est de même dans la presqu'île de Gower, ce qui donnerait à la faille une direction moyenne d'Ouest-10°-Nord, bien voisine donc de la direction précédente. Entre Cannington et Gower, la direction est d'Ouest-36°-Nord. La faille présente donc, en Angleterre comme sur le continent, une allure ondulée, surtout sur sa branche armoricaine où les portions Est-Ouest alternent avec les portions Nord-Ouest à Sud-Est.

D'après la carte géologique de l'Irlande, le bord Sud du bassin houiller du Sud-Ouest de l'Irlande serait constitué par une faille de refoulement qui est probablement le bout occidental connu de la Grande Faille, qui aurait de nouveau en Irlande une direction Est-Ouest. Entre l'Irlande et le Pembrokeshire, la direction serait d'Ouest-10°-Nord.

En réunissant les deux points extrêmes connus de la branche armoricaine de la Grande faille : Dingle Bay (Irlande) et Azincourt (France), on obtient une ligne dirigée Ouest-15°-Nord. On voit donc que l'on exagère fortement la direction de cette branche en disant qu'elle est Nord-Ouest. On se laisse impressionner par l'allure locale qu'elle a le long du bassin du Pas-de-Calais.

4° D'après ce que l'on sait, la relation entre la faille et le terrain houiller est telle, dans les régions connues, qu'on peut supposer qu'elle se poursuit dans les régions inconnues. Par conséquent, il y a chance de rencontrer du Houiller au Sud et le long du tracé de la faille, sauf au passage des anticlinaux transversaux, qui, à l'Ouest de celui de Saint-Omer, paraissent plus larges que ceux à l'Est.

5° Nous ne pouvons faire que des suppositions concernant la façon dont se comporte l'inclinaison de la Grande Faille. Au voisinage de son affleurement, dans la branche armoricaine, elle se comporte comme ailleurs, c'est-à-dire que les régions à faible pente alternent avec celles à forte pente. Plus bas, au Sud, on peut supposer que la faille a aussi une allure ondulatoire et que même, comme dans la branche varisque, elle pourrait posséder des contrepentes, comme dans la « fenêtre de Theux ».

6° Il n'y a aucune probabilité que la direction de la faille, dans les régions inconnues, pourrait changer fortement et se retourner vers le Sud-Ouest, de façon à permettre à du Houiller d'affleurer à la base des morts-terrains. Tous les gisements houillers à découvrir dans les régions inconnues de France et du Sud de l'Angleterre sont donc, théoriquement, cachés sous les massifs charriés par la Grande Faille.

CONCLUSIONS PRATIQUES. — 1° Ce que nous disions en finissant le paragraphe précédent montre assez que, dans les recherches précédentes, on a eu tort de s'arrêter quand, dans un sondage, on constatait la rencontre des massifs situés au-dessus de la Grande Faille, puisque là seulement on pouvait rencontrer du Houiller.

2° Les résultats du sondage de Withertun, quelle que soit la façon dont on les interprète, indiquent que les massifs charriés par des failles de refoulement, s'épaississent continuellement vers l'Ouest et qu'il y a donc peu d'espoir de rencontrer le Houiller, dans cette région du bassin d'Hardinghen, à profondeur industriellement accessible. Mais il faudrait, pour avoir une certitude, un sondage placé à l'Ouest de celui de Withertun (n° 77), car celui de Samer (n° 76) n'a pas résolu le problème.

La faille n° 1 et la faille d'Hidrequent du Boulonnais limitent inférieurement des écailles de poussée. Toutes les failles de ce genre connues en Belgique ont une forme en cuvette. Leur flanc Sud, incliné au Nord, forme donc voûte avec la Grande Faille inclinée au Sud. Le sommet de cette voûte, en Belgique, a été percé par érosion (Jamioulx, Montigny-le-Tilleul, Dour et Élouges). La carte annexée montre qu'il y a possibilité qu'un bassin inconnu existe, à l'Ouest de l'anticlinal de Saint-Omer, entre le bassin d'Hardinghen et le Grand Bassin. Pour atteindre ce bassin dans les meilleures conditions, il faudrait déterminer, sur la carte, l'axe des deux synclinaux dont il semble se composer et sonder de préférence le long de ces axes. Mais il faudrait en plus éviter d'avoir à percer une trop forte épaisseur de massifs charriés par les failles du Midi et d'Hidrequent, et pour cela sonder sur le sommet de la voûte existant probablement entre ces deux failles, comme nous venons de le dire. Une série de sondages Nord-Sud placés le long et à l'Ouest de l'affleurement aux morts-terrains, de la faille d'Hidrequent, à l'endroit où cet affleurement est dirigé Nord-Sud, servirait

à déterminer l'allure de cette faille et indiquerait où se trouve la pente vers le Nord de cette faille, si cette pente existe.

Ces sondages indiqueraient en outre où se trouve le bassin houiller supposé exister sous ces deux failles. Une fois ces données obtenues, si les résultats sont favorables, poursuivre graduellement les recherches vers l'Ouest. Si les recherches indiquent que les massifs charriés augmentent d'épaisseur en allant vers l'Ouest, comme le même fait se constate dans le bassin d'Hardinghen on pourrait y voir un phénomène général, applicable à tout le Nord-Ouest de la France, ce qui, évidemment, serait funeste pour l'avenir des recherches du prolongement Ouest du Grand Bassin, dont nous allons maintenant nous occuper.

3° Il y a tout lieu de supposer qu'un vaste et riche bassin houiller a jadis existé dans le quadrilatère dont les sommets seraient : Boulogne, Fléchinelle, Azincourt et l'embouchure de la Somme. Le tout est de savoir si ce bassin existe encore et où, et, pour des raisons industrielles élémentaires, de savoir à quelle profondeur se trouvent ces restes de bassins. A priori il y a dans ce quadrilatère une zone stérile, correspondant au passage de l'anticlinal de Saint-Omer.

La réponse à ces questions dépend entièrement de la question de savoir comment se comporte la faille du Midi, depuis son affleurement aux morts-terrains, vers le Sud. La profondeur atteinte par la faille dans les sondages les plus méridionaux pratiqués dans ces derniers temps, en bordure Sud du bassin du Pas-de-Calais, indique que, déjà non loin de son affleurement, on a atteint et même dépassé la profondeur où l'exploitation est possible, dans les conditions actuelles. Dans ces conditions, il faut donc prévoir la possibilité de contre-pentes dans la faille pour justifier des recherches dans la région tout à fait inconnue, au Sud et à l'Ouest.

Mais il me semble qu'il faut reprendre le problème de beaucoup plus haut et ne pas le limiter comme si des recherches devaient être entreprises immédiatement. J'ai peine à croire qu'une matière aussi utile que la houille, une source aussi précieuse d'énergie emmagasinée par la nature depuis si longtemps, pourrait rester à toujours inutilisée. J'ai plus de confiance dans le génie humain, surtout quand il sera stimulé par ce maître puissant qu'est la nécessité. Je suis convaincu qu'alors de nouvelles méthodes d'exploitation pourraient se faire jour, dans lesquelles la question de profondeur ne jouerait plus le rôle prohibitif qu'elle joue maintenant.

Quoi qu'il en soit, le problème est aujourd'hui sans solution et personne ne pourrait affirmer qu'il n'y a pas encore des gisements actuellement exploitables.

Nous sommes maintenant dans les meilleures conditions pour tenter, non pas de résoudre le problème par des recherches, mais pour tracer, ou, mieux, ébaucher, le programme des recherches qu'il faudrait faire pour le résoudre. Toutes les données sont encore accessibles et il y a encore nombre de spécialistes familiarisés avec ce problème, par leurs occupations ou leurs études actuelles. Plus tard ces données pourraient se perdre, la tradition se rompre et un hiatus se produire dans la chaîne des spécialistes. Nos descendants pourraient alors nous reprocher de ne pas avoir légué un rapport général de l'état de la question, comme conclusion d'une des plus actives périodes de recherches qu'il y ait eu. C'est ce qui m'a décidé à entreprendre ce travail et j'exprime ici le vœu qu'un programme général de recherches soit dressé pour tout le Nord-Ouest de la France, même dans la supposition où aucune suite immédiate ne devrait lui être donnée.

La mise à exécution d'un programme pareil sera quelque chose de totalement nouveau et devra donc sortir résolument des errements du passé. Si les pouvoirs publics laissaient cette tâche à l'initiative privée, je crois utile d'attirer l'attention sur les points suivants, dont la pratique m'a démontré la nécessité.

1° Il faut absolument qu'on empêche de revoir le spectacle que l'on a vu lors de certaines campagnes de recherches. Une véritable fièvre s'empare des chercheurs, stimulés par les bruits qui courent, le plus souvent faux ou exagérés, sur le résultat des premières tentatives. On voit alors les tours de sondage sortir du sol de tous côtés, au petit bonheur. C'est ce que l'on a vu, au début du siècle, sur le bord Sud du bassin liégeois, à la suite des sondages de la région de Theux. Des nombreux sondages entrepris alors, aucun n'a atteint le Houiller, et après des dépenses considérables, tous les sondages ont dû être abandonnés sans avoir fourni autre chose que des renseignements négatifs. La moitié de la somme dépensée, si elle avait été concentrée sur quelques sondages systématiquement placés, aurait certainement fourni, au pis aller, des renseignements bien plus importants.

L'expérience liégeoise était à peine terminée que la même fièvre s'est emparée du Hainaut, à la suite de trouvailles qui ont été sérieuses, aussi longtemps que les sondages ont été loca-

lisés, après un examen de la question fait dans le calme. Aussitôt que la fièvre s'est déclarée, le pays s'est aussi couvert de sondages dont la guerre a, par une heureuse exception, arrêté la poursuite, que l'on a bientôt reconnue sans issue.

Les nombreuses campagnes de sondage dont le Nord de la France a été le théâtre à l'occasion de chaque crise d'abondance industrielle ne sont peut-être pas encore les dernières. Ce que nous venons d'écrire montre assez le sort réservé aux chercheurs qui attaqueraient le problème en ordre dispersé. C'est ici que la législation minière devrait intervenir, car, il faut bien le reconnaître, c'est elle qui est en faute. En ne précisant pas ce qu'elle entend par inventeur d'un gisement, ou bien en basant l'invention sur les données les plus fantaisistes, la loi a encouragé la course folle au clocher ou, plus exactement, au fossé. Et ce n'est pas alors que les sondages battent leur plein, qu'il faudrait remédier aux défauts de la loi. A ce moment la pression des intérêts particuliers est trop grande pour qu'une intervention législative ne soit pas mal interprétée. C'est ce que l'on m'a fait savoir en 1912. Harcelé par les chercheurs qui me demandaient de leur indiquer les endroits les plus favorables aux recherches et prévoyant que beaucoup de ces recherches, vu leur nombre, étaient condamnées à l'échec, j'ai essayé de persuader aux chercheurs de s'unir, de concentrer leurs efforts sur des sondages judicieusement placés, quitte à se partager les résultats, s'il y en avait. On m'a répondu qu'on était prêt à suivre mon conseil si l'Administration voulait accorder un droit à ceux qui agiraient ainsi rationnellement. On craignait, d'après des exemples précédents, que des intrus, agissant au petit bonheur, n'obtinsent les mêmes avantages que les autres et même à leur détriment. L'Administration consultée a répondu que le moment était mal choisi pour une réforme de la loi. Les résultats néfastes obtenus alors n'ont pas décidé qui que ce soit à une réforme de la loi. Il est assez navrant de voir que dans les grands pays charbonniers, ayant une expérience séculaire des avantages et des inconvénients des lois minières, on ait laissé au Portugal l'honneur de reconnaître des droits à celui qui aura fait une étude géologique sérieuse d'un problème de ce genre. Il est aussi curieux que ce soit le dernier né parmi les pays charbonniers, la Hollande, qui ait inauguré le système fructueux et économique d'une exploration systématique des gisements de matières utiles, houille et sels, du pays. Il est vrai de dire que tant vaut l'homme, tant vaut le système.

2° Il faut donc ici, de toute nécessité, si l'on veut entreprendre quelque chose, ne le faire que si l'on est bien décidé à épuiser la question, après l'avoir étudiée suivant un programme bien mûri. L'essentiel, c'est de ne pas éparpiller les recherches sans motif, de les disposer systématiquement. J'entends par là que si l'on veut connaître l'allure de la Grande Faille, la donnée capitale, s'il en fut, il faut placer les sondages en série, perpendiculairement à l'affleurement de la faille. On peut partir de cet affleurement, mais comme le voisinage de cet affleurement est déjà assez bien connu, vers l'Est surtout, peut-être pourrait-on adopter le système de partir d'abord d'un point central. Il serait intéressant au plus haut degré de voir si la relation que j'ai signalée entre les allures d'une faille plate et celles des plissements qui l'avoisinent se vérifie aussi pour la faille du Midi, car une fois en possession de cette donnée, on posséderait un précieux fil conducteur pour savoir les régions où la faille serait le plus près du sol.

3° En commençant par faire des recherches dans le Boulonnais, comme nous le disions plus haut, on aurait des indices pour savoir si la faille se relève ou s'abaisse vers l'Ouest et l'on saurait s'il faut entamer la rangée de grands sondages près ou loin de la mer.

4° On peut encore attaquer le problème d'une autre façon. En étudiant de près la façon dont se comporte la faille à son affleurement aux morts-terrains, là où des sondages ont déjà fourni de nombreuses données, on peut voir s'il y a une région où la faille semble s'aplatir ou même se relever. Au lieu de cheminer alors du Nord au Sud, on peut aller de l'Est vers l'Ouest, en partant du point le plus favorable reconnu aux affleurements et en voyant comment la faille se comporte dans cette direction.

Lors de l'établissement d'un programme, d'autres directives se feraient certainement jour, afin de livrer le moins possible la recherche au hasard.

II. — BASSINS DU SUD DE L'ANGLETERRE.

Je me suis étendu longuement sur le cas du Nord-Ouest de la France, car c'est un excellent champ d'application des principes qui peuvent guider dans la recherche de nouveaux bassins. Je pourrai donc être bref dans ce cas-ci. Je n'ai d'ailleurs rien de particulier à ajouter à ce que j'ai dit (86, 82) sur

le Sud de l'Angleterre dans des travaux précédents. Il y a cependant un district qui mérite un tout nouvel examen, c'est celui de l'extrême Sud-Est (Kent et Sussex). Les recherches dans le bassin du Kent ont en effet progressé si vivement que nous pouvons maintenant nous faire une idée générale complète sur ce bassin et il en ressort une lumière nouvelle et des plus instructives pour notre thèse.

Un excellent résumé de l'état de nos connaissances sur ce bassin, récemment paru (34), nous facilitera d'ailleurs notre tâche.

De l'étude de ce résumé, il ressort, avec la dernière évidence, que le Bassin n'est pas le prolongement du Grand Bassin du Pas-de-Calais, pas plus qu'il ne l'est de ceux de Bristol et des South-Wales. C'est un outlier situé en dehors et au Nord de l'alignement qui réunit ces trois grands bassins. Il en est complètement séparé et il a eu des destinées paléogéographiques propres qui trouvent un équivalent remarquablement semblable dans le bassin de Forest of Dean, qui, en pays gallois, joue le même rôle par rapport au bassin des South-Wales. Sur ce point donc, comme sur la question de la récurrence des mouvements de l'écorce terrestre, les théories de Godwin-Austen sont en défaut. Nous allons montrer quels sont les caractères particuliers du bassin et nous le ferons de façon à montrer les ressemblances avec le bassin de Forest of Dean.

1° En terre ferme, le bassin houiller est complètement isolé, car des sondages au Nord, à l'Ouest et au Sud-Ouest ont atteint, sous les morts-terrains, des roches antéhouillères : Dinantien, Dévonien, Silurien.

2° La traînée de Houiller supposée exister par Godwin-Austen, dans la vallée de la Tamise, n'existe pas, et c'est donc un hasard heureux seul qui a fait croire au succès de sa théorie. Petit à petit les régions inconnues se raréfient. On sait maintenant que tout l'estuaire de la Tamise a une plate-forme cambrienne ou silurienne. (Sondages de Chilham, de Cliffe et de Bobbing, au Sud de la Tamise; sondages de Filling au Nord-Ouest de Southend, au Nord de la Tamise.) Dans Londres et sa banlieue, de nombreux sondages n'ont recoupé que du Dévonien et du Silurien. A l'Ouest de Londres, un nouveau sondage à Lower Missenden (Bucks) a recoupé le Dévonien. Seul le sondage ancien de Burford a trouvé du Houiller supérieur, indiquant la présence d'un lambeau du type malvernien. Aussi il n'y a pas de doute que le grand bassin houiller passe beaucoup au Sud de Londres.

3° Le bassin du Kent a, comme celui de Forest of Dean, une forme grossièrement circulaire et une allure en cuvette classique, les couches pendant très faiblement vers le centre du bassin. Aucun des deux ne montre de traces notables de failles ou de plissement hercynien.

4° Comme l'autre bassin, il y a une lacune sédimentaire considérable, allant du Viséen au Houiller fort élevé. Dans l'autre bassin la lacune est un peu plus forte et le Dinantien se termine par un facies gréseux (*Drybrook sandstone*).

5° Dans le Kent, partout où la surface du Dinantien a été atteinte, elle était très irrégulière et au sondage d'Ebbsfleet on y a même observé des poches remplies de schiste houiller indiquant donc que le Dinantien avait été émergé et que des érosions continentales y avaient creusé des poches profondes.

6° Dans les deux bassins, du Houiller fort élevé déborde, en transgression les limites du bassin, par-dessus le Dinantien, pour reposer sur la bordure dévonienne du bassin. Dans le Kent, la transgression est vers le Nord-Ouest.

7° Quoique le bassin du Kent soit fort éloigné des autres bassins du Sud de l'Angleterre, il se rapproche de leur type lithologique, car il possède, comme eux, une série gréseuse stérile ou pauvre (*Pennant Grit*) dans sa partie supérieure.

8° Il y a dans le Kent plus de 900 mètres de Houiller appartenant au sommet du Yorkien (assise de Charleroi) et au Staffordien (assise du Flénu), donc des couches élevées, comme dans la Forest of Dean, où la présence du Yorkien n'est pas certaine. Tous deux ont donc été remplis par une transgression de Houiller supérieur, dont on voit les traces partout dans le Sud de l'Angleterre, le Nord-Ouest de la France, la Westphalie septentrionale et orientale. D'après tout cela, on voit que le bassin du Kent, par ses caractères paléogéographiques, se place à une distance au Nord du Grand Bassin, plus forte que celle du bassin du Boulonnais, ce qui concorde avec sa position topographique actuelle.

Nous avons dit précédemment qu'entre l'anticlinal accessoire de Saint-Omer et l'anticlinal principal du Pays de Galles il y a une série de synclinaux plus ou moins bien marqués, calédoniens, qui dessinent sur le flanc Sud de l'anticlinal hercynien *Galles-Brabant* une série de chenaux. C'est dans ceux-ci qu'on a le plus de chance de trouver du Houiller préservé des érosions tectoniques hercyniennes et des érosions externes posthouillères. Un de ces chenaux comprend les bassins des South-Wales et

des Cleve Hills. Un autre comprend le bassin de Forest of Dean, un troisième celui de Bristol et les bassins malvernien. Le Houiller du sondage de Burford (Oxfordshire) semble en indiquer un autre. Enfin il y en a probablement un autre, très important, comprenant les deux rives du Pas-de-Calais. Son existence est prouvée par la présence du Houiller du Kent, du Calaisis et du Boulonnais. Comme tous les autres, il s'épanouit fortement au Sud, au niveau du prolongement du Grand Bassin et c'est sur cet épanouissement que les recherches ont le plus de chance de trouver du Houiller. Des deux côtés du détroit il est donc à conseiller de commencer les recherches au bord de la mer, là où l'on a chance d'être plus près du centre de ce synclinal transversal. Sur la côte anglaise, comme sur la française d'ailleurs, des recherches judicieusement placées, doivent partir du connu vers l'inconnu, donc du Nord vers le Sud. Pour savoir où pourrait passer, en Angleterre, le prolongement du bassin du Boulonnais, on peut faire appel au principe du parallélisme des plis, vu la faible distance. Si l'on savait exactement où passe, sur le continent, l'axe du bassin de Calais, en prenant la distance de cet axe à celui du bassin du Boulonnais et en reportant cette distance, dans le Kent, au Sud de l'axe du bassin du Kent, on aurait chance, théoriquement, de tomber dans l'axe du prolongement anglais du bassin du Boulonnais. Malheureusement, on ne sait pas où passe l'axe du bassin de Calais-Kent. En France on n'en connaît que le bord Sud, dévonien, très plat (voir la carte). J'estime que la distance des deux axes susdits ne doit pas dépasser 20 kilomètres. Cette distance, portée sur la carte au Sud de l'axe du bassin du Kent (sondage de Waldershare), tombe dans le Rhomney marsh, un peu au Nord de New Rhomney.

Reste maintenant à savoir où passe, en Angleterre, le prolongement du Grand Bassin.

Nous avons vu, au chapitre précédent, que ce bassin, dans sa partie profonde, continue avec une direction Est-Ouest. On ne peut admettre que cette direction se continue indéfiniment jusqu'en Irlande, car alors il faudrait admettre que la Grande Faille aurait de ce côté un rejet inadmissible.

Voyons ce qu'indique le parallélisme des plis, en partant du fait indéniable, semble-t-il, que la partie Sud-Ouest du bassin des South-Wales est le prolongement direct du bassin du Nord et du Hainaut. Nous avons vu plus haut que la branche armoricaine de la Grande Faille a une direction générale Ouest-15°-Nord. Si nous réunissons le centre des deux bassins homologues

du Kent et de Forest of Dean par une droite, celle-ci a la même direction. Enfin, si nous réunissons la limite Sud du bassin des South-Wales à celle du bassin de Valenciennes, nous obtenons une direction fort semblable : Ouest-20° Nord.

Le bassin principal décrit donc une légère courbe concave vers le Nord. La limite Sud du Grand Bassin passerait donc plutôt à l'embouchure de l'Authie qu'à celle de la Somme et de là gagnerait la côte anglaise près du cap Dungeness.

On voit donc que les idées théoriques des promoteurs du célèbre sondage de Battle (sub-wealden boring) étaient plus justes que celles qui proposaient de faire la recherche sous la crête ou même au Nord de la crête des North-Downs. A l'époque où il avait été pratiqué, on avait choisi la position la plus rationnelle, en le mettant au point où l'on voyait l'affleurement de la couche la plus ancienne du grand anticlinal du Weald, le Purbeckien. Le sondage a dû être abandonné au delà de 600 mètres, à cause de l'épaisseur anormale et absolument inattendue du Kimmeridgien, où l'on s'est arrêté. Une nouvelle recherche serait mieux placée à Winchelsea ou à Rye, car en se rapprochant de l'Est, je pense qu'on se trouverait mieux placé pour atteindre la plate-forme paléozoïque. En effet, le grand anticlinorium du Weald vient se terminer, en France, dans le Boulonnais et la plate-forme houillère y est si fortement remontée, qu'elle vient affleurer dans le bassin d'Hardinghen avec les autres terrains primaires. Cette plate-forme a donc une pente générale vers l'Ouest, qui se poursuit bien à l'Ouest de Battle, pour remonter ensuite vers les affleurements primaires du Devonshire et du Somersetshire.

Des sondages échelonnés du Nord au Sud, le long de la côte, en partant du sondage de Folkestone, donneraient de sérieuses indications sur l'allure de cette plate-forme, car la côte, ayant une direction Sud-Ouest, on aurait ainsi une composante entre la pente du Nord au Sud et celle de l'Est à l'Ouest et probablement donc la ligne de plus grande pente.

III. — BASSINS HOUILLERS DE PICARDIE.

Ce n'est pas seulement dans le grand synclinorium de Namur que le terrain houiller existe, il y en a aussi dans le synclinorium de Dinant. En Belgique, il y a sept petits bassins, dont deux ont donné lieu à trois concessions où il y a eu une exploitation assez longue. Mais il n'y a certainement là que du Houiller inférieur de l'assise d'Andenne.

En Angleterre, dans le centre du bassin carboniférien des Cornouailles et du Devonshire, il y a aussi du Houiller allant jusqu'au niveau de l'assise de Charleroi et contenant quelques couches d'un combustible terreux inutilisable (Culm).

En Allemagne, il est très difficile de tracer la limite entre les bassins de Namur et de Dinant, mais l'opinion la plus générale est que le bassin de l'Inde ou d'Eschweiler appartient au bassin de Dinant. Sans être de première importance, ce bassin est néanmoins très intéressant et très fructueux, à cause du bon nombre de veines et de leur régularité. C'est le seul, en tous cas, dont la découverte, ailleurs, pourrait justifier des travaux coûteux de recherches.

Gosselet, le premier, a montré que le bassin de Dinant se poursuit, dans le Nord de la France, sous les couches plus récentes du bassin de Paris, et les faits n'ont cessé de confirmer cette opinion. Après avoir traversé la Manche, le bassin vient se terminer en Angleterre, où il est connu, comme nous venons de le dire, au Sud du canal de Bristol, et aussi, je pense, dans la presqu'île de Gower, dans celle de Pembroke et dans le Sud de l'Irlande.

En France, on sait que les mêmes petits bassins qu'en Belgique y existent, car Meugy et Gosselet y ont signalé deux petits bassins à Aulnoye et à Taisnières (Nord). Aussi de nombreuses tentatives ont été faites, en Picardie et ailleurs, pour rechercher du Houiller, et cela depuis longtemps.

Il est donc opportun, puisqu'aucune de ces recherches n'a eu de succès, de savoir s'il convient de les poursuivre et, éventuellement, comment il faudrait les orienter, s'il y a des chances affirmatives.

Il y a des différences notables de facies, quant au système carboniférien, entre les deux extrémités belge et anglaise, du Grand Bassin; néanmoins tout le monde admet leur unité de destinées, surtout au point de vue des actions tectoniques qu'ils ont subies. D'un autre côté, la partie française du Bassin est si intimement soudée à la partie belge, que c'est évidemment avec celle-ci qu'elle a les plus grandes ressemblances. Pour savoir comment les choses se passent en France, nous pouvons donc voir ce qu'il en est en Belgique. Nous allons donc étudier, dans le bassin de Dinant, en Belgique, ce que nous pouvons y observer au point de vue de l'application des principes qui doivent guider toute recherche de bassin houiller.

A. — *Bassin de Dinant en Belgique.*

1° Nous allons d'abord indiquer où passe la limite Nord du Bassin qui le sépare de celui de Namur. On sait maintenant que cette limite n'est pas constituée, chez nous, comme on l'a cru longtemps, par le massif silurien du Condroz et, en Angleterre, par la chaîne des Mendips. Ces deux entités tectoniques forment, avec les anticlinaux qui les prolongent à droite et à gauche, la séparation entre les deux sous-bassins du Grand Bassin de Namur. Personne ne saurait dire où se trouve la vraie limite Sud du bassin de Namur, car elle est cachée sous un grand massif charrié au Nord par la Grande Faille du Midi. A cause de cela, on est convenu de prendre maintenant comme limite Nord du bassin de Dinant la seule limite visible, celle que nous indique l'affleurement, au sol ou aux morts-terrains, de la Grande Faille. Entre les deux bassins, il y a donc une zone où les deux bassins se recouvrent, celui de Dinant étant au-dessus. Le Houiller qui existe dans cette zone intermédiaire appartient, pour ce que nous savons, au bassin de Namur, et nous en avons fait l'étude aux chapitres précédents.

2° Grâce aux facilités d'observation, le bassin de Dinant nous apparaît comme un merveilleux champ d'étude d'une région soumise à un plissement longitudinal intense, compliqué par un plissement transversal moins marqué et par des plissements obliques. Dans l'Est du bassin, d'anciens plis calédoniens, les massifs cambriens de l'Ardenne, jouent un certain rôle, mais ailleurs, seul le ridement hercynien intervient. Il n'en est probablement plus ainsi quand on se rapproche des régions où le ridement calédonien a été intense, en Irlande et au Pays de Galles; mais, en France, nous ne possédons pas assez de données pour dire si des influences calédoniennes sont discernables, comme elles le sont, faibles d'ailleurs, en Bretagne.

3° Le parallélisme des grands plis du bassin de Dinant avec ceux du bassin de Namur est remarquable et instructif. Aussi le bassin n'est pas rectiligne; il a trois grandes orientations, comme celui de Namur. Une branche centrale a la direction générale Est-Ouest, avec des ondulations. Elle commence, à l'extrémité orientale, à une ligne ondulée allant de Namur à Virton. Son extrémité Ouest est, en France, on ne saurait encore dire où. La branche orientale, dirigée aussi bien que celle de l'autre bassin, au Nord-Est, se poursuit jusqu'au bord du Graben de la vallée du Rhin. La branche occidentale, ou armo-

ricaine, forme, comme celle du bassin de Namur, une ligne brisée par deux alignements alternatifs Est-Ouest et Nord-Ouest, dont l'ensemble donne un alignement Ouest-Nord-Ouest, jusqu'à l'Océan. Le bassin forme donc une grande ligne courbe concentrique à celle du bassin de Namur et excentrique, et par conséquent ses parties sont toutes plus longues. Par hypothèse, en se basant sur cette ressemblance, on peut supposer que la branche centrale est limitée à l'Ouest par une droite symétrique à celle qui marque l'extrémité Est. Cette droite irait alors, avec une direction Nord-26°-Est, approximativement de Douai à Beauvais, comme l'autre va de Namur à Virton avec une direction Nord-26°-Ouest.

4° En étudiant le bassin de Namur, nous avons dit que celui-ci ne se coudait pas en profondeur à Douai, mais se prolongeait, avec sa direction peut-être légèrement oblique, jusqu'à la mer. Il semblerait logique de supposer la même chose pour le bassin de Dinant et de ne faire commencer le coude qu'à la mer. Mais il ne faut pas perdre de vue que le parallélisme dont nous venons de parler est d'origine tectonique et surtout vrai pour les massifs superficiels. Ce sont donc les massifs superficiels du bassin de Namur qui doivent nous guider ici. Or, ceux-là se coudent manifestement aux environs de Douai.

5° M. F. Kaisin a promis de nous montrer que le bassin de Dinant est aussi un pays de nappes charriées. Mais son travail n'a pas encore paru, et d'ailleurs il passera du temps avant que l'on connaisse la structure de la partie française du bassin. Nous n'aurons donc pas à faire appel ici aux études faites sur les grands charriages.

6° Nous n'aurons pas non plus à utiliser les grands effondrements. Nous l'avons déjà dit, on n'en a encore vu aucune trace notable dans le bassin de Paris, et la structure superficielle, bien visible, de ce bassin n'est pas celle qui résulterait de ces effondrements (1).

7° Le principe de Godwin-Austen ne pourra pas non plus nous être utile. Son application en Picardie est restée longtemps dans le domaine spéculatif, les faits manquant pour contrôler son application à cette région. Les premiers faits révélés par les sondages ne lui sont pas favorables. C'est ce que Gosselet a déjà signalé (51). Nous n'aurons donc pas à y revenir.

(1) M. Delecourt a montré (28) que dans la bande dinantienne entre Hazebroek et Ath, l'anticlinal longitudinal du Mélantois est bordé par des failles d'effondrement. C'est donc un Horst.

8° Quand on constate que les terrains primaires ont une direction presque perpendiculaire à celle des couches secondaires et tertiaires sous lesquelles elles s'enfoncent dans le bassin de Paris, on saisit que le principe de la continuité en direction des plis doit jouer ici un rôle de premier plan. Si ce principe était le seul ayant à intervenir et si les plis étaient rectilignes, le problème serait d'une simplicité enfantine. Mais l'influence des plis transversaux et des plis obliques intervient et trouble la rectitude d'allures. Nous allons donc étudier simultanément ce que l'on peut déduire des effets combinés de ces trois principes. Nous prendrons comme guide ce que la partie visible en Belgique nous enseigne. En général, la chose est très visible et élémentaire; les plis se prolongent en ligne droite, jusqu'au moment où des axes transversaux les arrêtent ou que des plis obliques les dévient. Ce sont donc, finalement, les emplacements de ces plis obliques ou transversaux qu'il importe de connaître. Que nous montre la carte géologique? Nous utiliserons la 2^e édition de la carte géologique de Belgique de G. Dewalque, au 1/500.000^e (1903), qui néglige les détails et est très intuitive à cause de sa petite échelle. Elle figure aussi d'ailleurs une bonne partie de la région intéressante du bassin de Paris située dans le bassin de Dinant. Voici ce qu'on y voit :

a) On peut se permettre de prévoir la régularité et la symétrie, tandis que l'irrégularité et la dissymétrie doivent découler des faits observés. On peut donc appliquer au coude gauche du bassin de Dinant, caché, en France, et à la moitié gauche de la région centrale ce qu'on reconnaît dans le coude droit et l'autre moitié de la région centrale, visibles en Belgique.

b) Le bassin de Dinant est le plus large, précisément là où il se coude.

c) A distance à peu près égale de ce coude, à l'Est et à l'Ouest, le bassin est coupé par un anticlinal transversal affectant toute la largeur du bassin. Le plus puissant des deux est celui de droite, que M. A. Renier a appelé l'anticlinal de Fraipont. Il arrête complètement et fait venir au jour le remplissage carboniférien et dévonien supérieur et moyen du bassin. L'autre, que j'ai appelé l'anticlinal de Beaumont ⁽¹⁾, est plus étalé, plus large, mais moins puissant, car il n'arrête que le remplissage carboniférien.

d) Chose à noter, c'est dans la moitié de droite, donc à côté

(1) A la suite du chanoine Carpentier, qui l'appelait le seuil de Beaumont (18, p. 153).

de ce relèvement plus puissant, que le bassin est le plus profond, car on y trouve les couches houillères les plus élevées, dans les bassins de Clavier et de Bende.

e) Dans les deux parties, la région la plus profonde, là où il y a le Houiller le plus épais, à Bende et à Clavier, d'un côté, à Florennes, de l'autre, se trouve tout près du bord Sud du remplissage dévonien moyen. Le même fait s'observe d'ailleurs dans le bassin de Namur et le mécanisme des plissements l'explique aisément.

f) La largeur de la zone carboniférienne du bassin est réduite de moitié dans les deux parties de ce bassin, par un pli oblique bien symétrique de part et d'autre. En effet, il est placé près du pli transversal terminal; celui de l'Est a des ennoyages descendant vers l'Est et celui de l'Ouest les a descendant vers l'Ouest. Mais la diminution est plus forte dans la partie Ouest du bassin, car le pli oblique, entre Villers-Potteries et Laneffe, est plus fort que celui de l'Est. De plus, un premier petit pli, dans la pointe de Puagne, aussi oblique, ajoute son effet à celui du grand pli.

Nous allons passer maintenant à l'étude du pli transversal de Beaumont, dont la structure est particulièrement importante pour notre sujet. En effet, il longe la frontière et c'est la dernière grande unité tectonique bien visible avant la disparition du Primaire sous les morts-terrains.

g) L'axe de ce pli oblique un peu au Sud-Est (il va de La Buisserie à Chimay). Cela provient sans doute de ce que la direction générale du bassin oblique aussi un peu vers le Sud-Ouest.

h) Ce pli n'est pas très symétrique. Du côté Nord, il y a, sur le flanc Est (belge), comme nous venons de le dire, un pli oblique faisant remonter les plis au Nord. Sur le flanc Ouest (français), il y a un petit pli oblique, mais il fait descendre les plis au Sud. A l'extrémité Sud du pli transversal, le flanc Est (belge) est soulevé par un fort anticlinal au Sud-Est de Philippeville, tandis que le flanc Ouest (français) est déprimé par plusieurs petits synclinaux carbonifériens. La conséquence c'est que la largeur du remplissage carboniférien, réduite à 5 kilomètres sur le flanc Est de l'anticlinal, remonte à 13 kilomètres sur le flanc Ouest, à sa pénétration en France ⁽¹⁾.

(1) Nous utiliserons ici largement l'important travail déjà cité de l'abbé Carpentier (18).

i) Dans cette bande française, comme dans le reste du bassin, la partie la plus profonde, celle où il y a le bassin houiller le plus important, celui de Taisnières (18), se trouve plus près de la limite Sud.

j) Dans les derniers affleurements visibles au Nord, les bandes famenniennes et dinantiennes mises à nu par les affluents de la rive droite de la Sambre, la direction générale des plis est Ouest-Sud-Ouest. La même direction s'observe au Sud, à l'extrémité des bandes de Dévonien moyen et inférieur, entre Ohain et Fourmies.

k) Au Nord, près de Bavai, la vallée de l'Hogneau et celles de ses affluents nous montrent encore des affleurements précieux, car ce sont les plus occidentaux du bassin de Dinant, dont le bord Nord fait cependant quelques percées des mortsterrains sur la crête de l'Artois, à Pernes, etc.

Les affleurements dévoniens moyens de la vallée de l'Hogneau ont une direction Ouest-5°-Nord. Cette direction, mise en regard de celle que nous venons d'indiquer à l'article précédent, montre que les deux bords du bassin s'évasent et que le bassin s'élargit vers l'Ouest. C'est la dernière donnée que nous fournissent les affleurements.

Il nous reste maintenant à interpréter les résultats des sondages qui, dans le bassin de Paris, ont percé les mortsterrains et atteint la plate-forme primaire. Cette étude est délicate et appelle les expresses réserves. Les sondages sont peu nombreux et leurs résultats toujours sujets à caution, aucun n'ayant fourni de fossiles et les échantillons, surtout dans les anciens sondages, étaient probablement fort réduits et peu déterminables. Aucune allure d'ailleurs n'est connue. C'est donc bien peu.

B. — *Le bassin de Dinant en France.*

Dans la vaste étendue que cette partie du bassin doit occuper, voici quels sont, à ma connaissance, les sondages ayant atteint la plate-forme primaire.

Nous les étudierons en partant du connu vers l'inconnu, c'est-à-dire d'abord de l'Est à l'Ouest, puis du Nord au Sud.

1° Nous avons d'abord une première série de sondages encore peu éloignés de la limite des affleurements. Elle comprend, du Nord au Sud : le sondage d'Ors, à 6,5 kilomètres à l'Est du Câteau-Cambrésis (3). On y a recoupé les Psammites du Condroz

en prolongement d'une des nombreuses bandes de ce terrain, visibles dans les vallées de la Grande et de la Petite Helpe.

Il y a ensuite le sondage de Nouvion (3), qui aurait recoupé le Couvinien supérieur. Cela paraît impossible et en contradiction avec la dernière direction des couches visibles, à proximité, et avec le résultat des sondages suivants. Le Couvinien à Nouvion indiquerait une direction Est-Ouest, presque impossible.

Vient ensuite le sondage d'Étreux, à 11 kilomètres au Nord-Nord-Est de Guise. On y a recoupé (3) 200 mètres de calcaire tournaisien. La forte épaisseur reconnue rend la détermination probable. En réunissant par une droite cette recoupe aux deux affleurements tournaisiens les plus méridionaux, ceux des environs d'Avesnes, on obtient une direction Nord-Est à Sud-Ouest, qui est précisément la direction visible dans les affleurements les plus occidentaux, ceux du Famennien de la vallée de la Petite Helpe, en aval d'Étroeungt. La droite en question passe à proximité de Nouvion, où il est donc probable qu'on a trouvé du Famennien et non du Couvinien. La présence du Tournaisien à Étreux implique un élargissement considérable du bassin de Dinant. On s'en rendra compte en voyant qu'Étreux est sur la latitude du Gedinnien du bord Sud du bassin. Les nombreux plissements dans la vallée de la Petite Helpe me font croire que le Tournaisien arrive à Étreux, non pas directement, grâce à une direction Nord-Est, mais par une série de petits plis obliques dont il y a tant d'exemples sur les deux bords du bassin.

Nous arrivons alors au sondage de La Capelle (3). La présence signalée du Couvinien s'accorde très bien avec l'allure des affleurements couviniens visibles à 6 kilomètres seulement de là, dans la vallée de la Petite Helpe. Le Couvinien à La Capelle rend le Couvinien de Nouvion encore plus douteux.

Enfin on arrive au sondage de Guise (3), qui aurait traversé du Gedinnien inférieur. Si cette détermination est exacte, elle concorde avec la direction reconnue aux derniers affleurements gedinniens, à 31 kilomètres de Guise, et elle indique que la direction générale finale du bassin de Dinant, soit Est-Nord-Est, a persisté jusqu'à cette distance. Combinée avec la direction reconnue au Nord, dans la vallée de l'Hogneau (Est-Ouest), elle indique encore un élargissement du bassin, vers l'Ouest. Dans le bassin de Dinant les élargissements ne concordent pas avec des approfondissements, car les deux zones profondes de Florennes à l'Ouest et de Bende-Clavier à l'Est ne sont pas du tout dans des élargissements.

2° Nous avons ensuite une deuxième rangée formée par les sondages d'Artres (3) et de Solesmes (3). Le Givetien du premier, à 6,4 kilomètres au Sud-Sud-Est de Valenciennes, indique que la direction Est-Ouest constatée dans la vallée de l'Hogneau persiste jusqu'à Valenciennes au moins. L'extrémité Ouest des affleurements primaires de la vallée de la Sambre, en amont de Maubeuge, montre un retroussement manifeste vers l'Ouest-Nord-Ouest. Si cette direction persiste, le Dinantien du sondage de Solesmes doit prolonger les affleurements méridionaux dinantiens de l'Avesnois. Mais il est aussi possible que cette direction, qui cesse brusquement au Sud de Noyelles, soit locale et indique que les synclinaux septentrionaux se ferment à l'Ouest par suite de l'existence, dans l'Ouest de la vallée de la Sambre, d'un petit anticlinal transversal. Le Famennien de Poix, à 8 kilomètres et juste à l'Est de Solesmes, formerait cet anticlinal, entre le Dinantien d'Aulnoye et celui de Solesmes (3).

3° Il y a une troisième rangée, encore plus éloignée, dans les environs de Cambrai. Du Nord au Sud, on a le sondage de Cambrai-Saint-Roch (3) : Dévonien; le sondage de Crèveœur (3), à 8 kilomètres Sud-Sud-Est de Cambrai : Dinantien; le sondage de Banteux (3), à 13 kilomètres Sud-Sud-Ouest de Cambrai : schiste dévonien. On a donc là la même succession Nord-Sud de plis famenniens et dinantiens, visible dans la vallée de la Sambre. Cela indique que la direction générale Est-Ouest du bord Nord du bassin se poursuit jusqu'ici.

4° Nous avons ensuite une autre rangée, bien plus complète et où les sondages systématiquement placés et bien étudiés vont permettre une précision plus grande. Elle débute au Nord par la belle série de sondages de la Société de Commeny, qui a permis à M. Barrois (3) de tracer une coupe certaine de tout le bord Nord du bassin de Dinant. Complétée par les puits et sondages du bord Sud du bassin houiller, elle va jusqu'au Famennien du vieux puits de Monchy-le-Preux, au Sud-Est d'Arras. Sur 12 kilomètres, on a une succession régulière de couches, faiblement inclinées au Sud. Environ 17 kilomètres au Sud, on a retrouvé le Famennien à Bihucourt (3), à 4 kilomètres au Nord-Ouest de Bapaume. Dans l'intervalle, s'étend probablement une région plissée, prolongeant les plis des environs de Cambrai. Le Dinantien de Crèveœur et de Solesmes s'y poursuivent sans doute (1). On doit être là au centre du Bassin.

(1) G.-F. DOLLFUS signale (36) un sondage à Belincourt, que je n'ai pu retrouver. Ne serait-ce pas une faute d'impression pour Bihucourt ?

Le Houiller, s'il y existe, serait entre Monchy et Bihucourt, plus près de ce dernier, à cause des faibles inclinaisons du bord Nord. Enfin, plus au Sud vient l'important sondage de Péronne, déterminé par Gosselet (3) comme Famennien. Hermary (53), promoteur du sondage, en donne une description : « Schistes calcaireux, schistes verts et rouges ». Cela me paraît rendre douteuse la détermination. Les schistes famenniens du bord Sud ne sont pas rouges comme sur le bord Nord, et, sous une épaisse couverture crétacique, toutes les roches deviennent calcaireuses par infiltration. La présence incontestable du Gedinnien à Amiens est venue accentuer le doute. Je penche pour l'attribution au Burnotien.

5° Le récent sondage d'Amiens est venu nous apporter une donnée précieuse. La détermination par M. P. Pruvost (3), bien certaine, du Gedinnien en ce point, est importante à plus d'un titre. Nous avons là une recoupe de l'extrême bord Sud du bassin de Dinant. De ce Gedinnien à celui du bord Nord, il y a 75 kilomètres maximum. En Belgique, dans la partie élargie du bassin, de Binche à Macquenoise, il n'y a que 50 kilomètres. Dans la vallée de la Meuse, le bassin n'a que 45 kilomètres de large. Plus à l'Est, de Huy à Dochamps, en traversant la région la plus profonde, où gît le Houiller de Bende et Clavier, le bassin n'a plus que 40 kilomètres. Donc de l'Est vers l'Ouest, le bassin va en s'élargissant, mais il perd en profondeur ce qu'il gagne en largeur. En Angleterre, le bassin s'est encore élargi (au moins 110 km.) et il est cependant plus profond.

Le Gedinnien d'Amiens présente ceci de curieux, c'est qu'il a le facies lithologique du bord Nord, quoique situé sur le bord Sud.

6° Les résultats extrêmement intéressants du sondage de Gouy-en-Artois nous montrent qu'il n'y a probablement pas de Cambrien sous la Picardie, mais une mince nappe de Silurien supérieur reposant sur l'Archéen qui, à Gouy, perce cette nappe silurienne et vient en contact avec le Dévonien. Ce fait combiné avec la rencontre de l'Archéen directement sous les morts-terrains au sondage de Ferrières (Pays de Bray) fait prévoir une grande extension de l'Archéen en bordure Sud du bassin de Dinant.

7° Pour retrouver des sondages ayant atteint le Primaire, il nous faut aller jusqu'à la côte où nous trouvons, du Nord au Sud, les sondages suivants : sondage de Framzelle (n° 74) au cap Gris-Nez : Silurien fossilifère (c'est le point le plus septen-

trional atteint par le bassin de Dinant dans l'Ouest, sur le Continent); sondage de Pas-du-Gay (n° 75) : Silurien; sondage de Samer (n° 50) : Gedinnien. Ces trois sondages figurent sur la carte (60).

Sondage de Paris-Plage (3): Gedinnien; sondage de Merlimont-Plage (3), à 6 kilomètres au Sud du précédent : Gedinnien. Si l'interprétation de ces deux derniers sondages est exacte, le Gedinnien formerait une bande large de 21 kilomètres du Nord au Sud. C'est possible, mais très peu vraisemblable. Il y a probablement des plis dans cette bande, la carte annexée le montre, mais l'attribution au Gedinnien des deux derniers sondages est des plus douteuse, surtout celle de Merlimont, où l'on renseigne du quartzite vert ou rouge. Dans les régions d'affleurement, le Gedinnien ne renferme pas de quartzite. La couleur rouge provient vraisemblablement d'infiltrations bien connues du Triasique surmontant le Primaire. Aussi il s'agit probablement du Coblencien (Hunsrueckien).

Enfin il y a le sondage de Saigneville, près d'Abbeville (3), ou l'on aurait atteint du grès famennien qui pourrait prolonger, à l'Ouest, celui de Bihucourt.

CONCLUSIONS. — Il reste encore énormément d'espaces inconnus dans la partie française du bassin de Dinant, surtout dans la région méridionale, où l'on a le plus de chance de rencontrer du Houiller plus épais. Rien dans les résultats obtenus ne semble indiquer que cette partie française soit différente de son prolongement belge et contienne quelque chose d'anormal, tel qu'un important bassin houiller. Rien non plus n'empêche la supposition contraire. Le bassin d'Eschweiler se rencontre dans une région où, aux alentours, rien n'indique pourquoi il y a là un bassin important. Il semble y avoir, somme toute, trop peu de données pour qu'on puisse indiquer où il faudrait diriger de nouvelles recherches qui, dans ces conditions, à moins d'un hasard heureux, seraient donc longues et coûteuses. Il serait en tous cas indispensable que de nouvelles recherches n'abandonnent pas les sondages sans avoir percé assez de Primaire pour que sa détermination ne laisse pas de doute. Faute de cela, le sondage est à peu près complètement perdu et ne sert en rien à éclairer de nouvelles recherches. Comme exemple, on peut citer le sondage de Péronne, qui aurait pu être si instructif si l'on était sûr de savoir ce qu'il a rencontré. Dans le doute, aujourd'hui, on n'oserait dire si de nouvelles recherches doivent être faites au Nord ou au Sud de Péronne.

C. — *Le bassin de Dinant en Angleterre.*

Il est intéressant de déterminer l'âge des couches charbonneuses du Devonshire, car c'est probablement là que se trouve le niveau le plus élevé dans le bassin de Dinant, exception faite du bassin d'Eschweiler.

N. Arber (5) avait cru pouvoir les raccorder à un niveau assez élevé, celui du Houiller moyen (*Middle Coal Measures*), d'après la flore qu'il avait déterminée. Il pensait que la faune qu'il cite ne s'opposait pas à ce raccordement.

Mais cette faune est certainement d'âge plus ancien. W. Hind a précisé la position de cette faune et il a affirmé (54) que les couches à végétaux (*Bideford beds*) sont au sommet avec une faune d'eau douce (*Carbonicola acuta*, *C. aquilina*). En dessous viennent les couches d'Instow avec nodules calcaires à *Gastrioceras Listeri*, *G. carbonarium*, *Dimorphoceras Gilbertsoni*, qu'il rapporte aux *Lower Coal Measures* (assise de Châtelet) ou au *Millstone grit*. L'association des deux premiers fossiles caractérise en effet les *Lower Coal Measures*, tandis que le troisième est du *Millstone grit*. Les deux auteurs, en tous cas, sont d'accord sur l'âge des couches supérieures, alors que, dans le bassin de Dinant, pour retrouver des niveaux aussi élevés, il faut aller jusqu'au bassin d'Eschweiler. Le Houiller productif ne se trouverait donc qu'aux deux extrémités du bassin. C'est peu encourageant pour les recherches en Picardie.

J'estime que le Dévonien, le Dinantien et le Houiller qui se trouvent au Sud de la faille qui limite au Sud le bassin houiller de Pembroke appartiennent au bassin de Dinant. La question est importante, car s'il en est ainsi, on peut dire que cette faille est la Grande Faille du Midi. Voici sur quoi je me base. J'ajouterai que j'étends la même assimilation aux mêmes terrains de la presqu'île de Gower, mais là avec doute, car la faille passe probablement dans la bordure Sud du bassin houiller, dans une région dérangée mais inexplorée, donc mal connue.

Le Dévonien de Pembroke est le seul de la région galloise qui renferme des fossiles marins, comme le Dévonien du Devon. Ce Dévonien présente même une ressemblance assez forte avec le Dévonien du bord Nord du bassin de Dinant en Belgique. En effet, le Dévonien inférieur y est aussi du facies *Old red sandstone* avec faune ichthyologique du *Lower old red sandstone* d'Écosse et des *Lingula*, des débris de plantes. Le Dévonien supérieur y a une faune marine très abondante (2, *Pembroke and Tenby Memoir*, pp. 35 et 54 à 64). La différence consiste

dans l'absence du Calcaire et probablement du Dévonien moyen.

En Belgique, le passage du type dévonien du bassin de Namur à celui du Dévonien du bassin de Dinant est brusque, parce que la Grande Faille a mis brusquement côte à côte, par son charriage, deux régions jadis très éloignées. Il est probable que dans le Pembrokeshire nous avons un type de Dévonien du bassin de Dinant, plus septentrional, la Grande Faille ayant probablement affecté des régions plus septentrionales aussi. La différence beaucoup moins grande entre ce Dévonien et celui du bassin de Namur, visible sur les autres bords du bassin houiller des South-Wales, indique que le rejet de la Grande Faille doit être beaucoup moins grand qu'en Belgique. La seule différence notable est, en effet, là-bas, l'absence complète de faune marine invertébrée. Au point de vue lithologique et ichthyologique, il y a ressemblance complète entre le bassin de Namur et celui de Dinant, au Pays de Galles.

Le Dinantien de Gower et de Pembroke présente aussi le caractère du Dinantien du bassin de Dinant, c'est-à-dire la plus forte épaisseur de la contrée et la présence du facies récifal. Nous avons donné précédemment les chiffres montrant la puissance du Dinantien à Pembroke, sur les deux bords du bassin. La différence est de même ordre que celle qui existe en Belgique dans les mêmes conditions. Quant aux récifs, c'est la seule place où on les trouve en pays gallois (cf. même mémoire, p. 127).

La faille qui limite le bassin et qui met en contact avec le Houiller, du Silurien avec roches éruptives, a absolument le type et l'importance du rejet apparent de la Grande Faille belge. Aucune région de l'Angleterre ne présente une coupe ressemblant plus à une coupe du Houiller belge du bassin de Namur que celle de la falaise de Tenby (cf. même mémoire, p. 146).

Dans le Dinantien de la presqu'île de Gower, il y a un petit bassin houiller, mais trop peu épais pour qu'on puisse dire qu'il y ait là du Houiller avec facies du Culm du Devonshire.

Ces caractères me paraissent suffisants pour prouver que les roches de ces deux presqu'îles appartiennent au bassin de Dinant et que la faille de Pembroke est donc la Grande Faille du Midi de Belgique et de France.

§ 2. Y A-T-IL ENCORE DU HOUILLER INCONNU EN BELGIQUE ?

La Belgique est l'un des pays les plus riches en terrain houiller, car la surface occupée par ce terrain y est très grande par rapport à la superficie totale du pays. Il semble donc pré-

somptueux de vouloir augmenter encore l'étendue de ce Houiller. Certes les régions houillères les plus riches sont connues en Belgique, mais il m'a semblé intéressant de voir si réellement nous devons désespérer de voir encore de nouvelles découvertes, sinon de nouveaux bassins, du moins d'extensions notables des bassins déjà connus. Voici quelles sont les régions où il est encore possible de supposer que des découvertes pourraient se faire.

I. — RÉGION DU MASSIF SILURO-CAMBRIEN DU BRABANT.

A l'époque où l'on s'imaginait que la rencontre du Houiller sur ce massif impliquerait la présence autour de ce Houiller de tout le cortège de terrains concordants, jusqu'au Dévonien moyen inclus, qui l'accompagnent dans le bassin de Namur, à cette époque, dis-je, on pouvait croire qu'il n'y a plus, sur ce massif, place pour loger pareil cortège entre les mailles serrées des sondages. En effet, la région inconnue la plus grande forme une bande peu étendue en Flandre, limitée par les sondages de Bray-Dunes, Ypres, Gheluwe, Lichtervelde, Meulebeke, Meylegem, Grammont, Ninove, Alost, Gand, Beernem et Ostende puis par la mer. La partie orientale, étroite, de cette bande n'offre, je pense, aucune chance. Seule la partie élargie entre la mer et le chemin de fer d'Ypres à Lichtervelde et Bruges est un peu étendue et peut procurer des surprises.

Deux considérations doivent entrer en ligne de compte :
 1° l'ancienne extension du Houiller sur le massif du Brabant;
 2° l'influence des érosions posthouillères sur ce Houiller.

Extension du Houiller. — Je suis convaincu que le Houiller a jadis recouvert tout le massif. Mais il est non moins certain qu'il y a en Angleterre toute une région, à la crête du massif, où le Houiller ne s'est pas étendu. Nous manquons de données pour dire où passe la limite entre ces deux types de régions.

D'après ce que l'on peut déduire de l'étude paléogéographique résumée dans les pages précédentes, on est certain que la limite devait être irrégulière et qu'en approchant de cette limite, le Houiller diminuait progressivement par le bas, conséquence de la transgression si manifeste du Houiller supérieur. Si la limite s'étendait jusqu'en Belgique, il pourrait subsister des traces de cette extension du Houiller supérieur, sous forme de petits lambeaux ou de petites cuvettes, dans le genre de ceux que nous avons vus grimper jusqu'au sommet du massif, dans le Shropshire. La moindre rencontre de Dinantien ou de Houiller infé-

rieur dans la région inconnue serait, au contraire, la preuve que tout le Houiller a recouvert le massif en Belgique et enlèverait tout espoir de trouvaille houillère, car, même en cas de rencontre du Houiller, ce serait du Houiller inférieur stérile provenant de la transgression beaucoup moins forte du Houiller inférieur.

Influence des érosions. — Les seuls matériaux déterminables avec certitude comme provenant de l'érosion du massif Brabant-Galles sont des cailloux roulés de tuffoides cambriennes provenant de l'assise de Chokier et de l'assise du Flénu, du bassin de Mons. J'ai démontré, je pense (78), que ces cailloux ne pouvaient provenir de Belgique, mais venaient probablement des gisements de « Feldspathic ashes » du Pays de Galles. Cela prouverait que le massif, en Brabant et en Flandre, n'a été débarrassé de son manteau dévonien et carboniférien qu'après le Houiller. Dans ce cas il n'y a aucun espoir de trouver du Houiller supérieur transgressif chez nous. En tous cas, l'exemple du Pays de Galles le prouve, le Houiller aurait été déposé dans des chenaux creusés dans le massif par des érosions antéhouillères ou produits par le ridement calédonien. C'est aussi grâce à son abri, dans des chenaux, contre les érosions, que ce Houiller aurait pu être préservé. Ces chenaux ne concordent pas nécessairement avec ceux que nous devons aux érosions posthouillères. Nous n'avons donc aucun indice de leur localisation.

Si, comme je le crois, l'anticlinal transversal de Saint-Omer, est d'origine calédonienne, il se prolonge peut-être jusqu'en Belgique. Avec sa direction, il doit atteindre la Belgique au voisinage de la frontière, vers Furnes ou Nieupoort. C'est cet anticlinal qui borde, vers l'Est, le grand chenal qui renferme les bassins du Kent, du Calais et du Boulonnais. Ce n'est donc qu'à l'Est de cet anticlinal qu'il y a une faible chance de retrouver des lambeaux de Houiller supérieur. La chance est si faible qu'elle ne justifierait pas une recherche entreprise uniquement en vue de trouver du charbon. Mais, éventuellement, pour quelqu'un au tempérament aventureux, cette perspective pourrait s'ajouter à celle de trouver une matière plus certaine : l'eau.

Quand on trace la carte géologique du bord Nord du bassin de Namur, en Flandres belge et française, on remarque tout de suite que les divers terrains dévonien et carboniférien dessinent une inflexion en forme de golfe dont la pointe s'engage dans la vallée de la Lys. Gosselet, dans les esquisses paléogéographiques de son livre *l'Ardenne*, avait déjà montré ce fait.

g. Delépine a développé le même fait (31). La rencontre du Dévonien dans les sondages de Courtrai montrerait que ce golfe a une grande extension. Mais, malheureusement, il paraît que l'âge des roches de ces sondages n'est rien moins que certain. Un sondage, à Rumbekke, a recoupé du grès blanc, à aspect peu métamorphique et dont je ne connais pas d'équivalent dans le Silurien du massif du Brabant. En tous cas, la vallée de la Lys est une région à surveiller et il serait désirable que les futurs sondages fussent faits de façon à ne pas laisser de doute sur l'âge des roches primaires qu'ils recouperaient.

Une inflexion semblable, mais très faible, existe dans la vallée de la Senne et une autre dans la vallée de la Dyle. Cette dernière présente la particularité de coïncider avec un plissement transversal des couches cambriennes et siluriennes.

A propos de lambeaux isolés de Houiller sur le massif du Brabant, je crois utile de rappeler le fait suivant : Il y a plus de quarante ans, on m'a montré un morceau de roche comme ayant été trouvé dans une fouille faite dans les prairies de la ferme de la Bruyère à Sart-Dame-Avelines (Brabant). C'était, sans aucun doute, du Poudingue houiller de l'assise d'Andenne. A cette époque je n'attachai aucun intérêt à la présence de cette roche, sachant que le sous-sol était certainement constitué par du Silurien. Je supposai qu'il s'agissait de roches transportées là pour une raison ou l'autre. Connaissant maintenant l'existence d'une transgression houillère de l'assise d'Andenne, il est possible, si ces roches sont en place, qu'elles y soient arrivées par la susdite transgression. Je n'ai jamais eu l'occasion, récemment, de vérifier la matérialité du fait lui-même.

II. — RÉGIONS VOISINES DE LA GRANDE FAILLE DU MIDI.

A. HAINAUT. — La série de sondages pratiqués pour étudier la prolongation au Sud du terrain houiller du Hainaut a atteint l'extrême limite où la rencontre du Houiller soit industriellement intéressante. A l'Ouest de l'anse de Jamioux, aucune donnée n'a fourni la preuve qu'on fût arrivé sur le bord Sud extrême du massif superficiel dit du Borinage. En de nombreux endroits, des affleurements ou des travaux miniers avaient montré les strates inférieures du Houiller et l'on aurait pu croire qu'on était arrivé à la limite de ce massif. Mais le sondage de Sars-la-Bruyère (n° 39), au Sud-Sud-Ouest de Mons, a montré que ces roches inférieures appartenaient à un anticlinal sur le flanc Sud duquel on a encore retrouvé du Houiller productif en plateure.

Quant au massif sous-jacent au précédent, aucun sondage à l'Ouest de Jamioulx n'a atteint le bord Sud du massif. A l'Est de l'anse de Jamioulx, plusieurs sondages ont atteint le Houiller inférieur, en dressant, des divers lambeaux de poussée situés là devant la faille du Midi. Pour être sûr que le Houiller supérieur ne réapparaît pas plus au Sud, il faudrait une nouvelle série de sondages, qui pourrait encore se faire sans avoir à traverser des épaisseurs trop grandes de massifs charriés par la faille du Midi. Les recherches ont en effet été confinées au voisinage de l'affleurement de la faille et son inclinaison paraît être là plutôt faible. Comme le sondage de Gozée (n° 24) du charbonnage de Forte-Taille a encore rencontré du Houiller supérieur au Sud d'une grande voûte de Houiller inférieur, il est possible que le même fait se reproduise à l'Est, si la présence d'épais lambeaux de poussée ne vient pas contrarier les recherches.

a) *Basse-Sambre et Condroz.* — Vu les résultats du sondage du Bois des Malagnes à Bouffioulx (n° 96), j'estime qu'il est possible de trouver du Houiller dans le lambeau de poussée dit d'Ormont, limité au-dessous par la faille de ce nom. J'ai représenté sur une coupe (92, pl. II, coupe n° 1) les allures déduites du sondage, au moyen desquelles il est possible de calculer à quelle distance au Sud de ce sondage il faudrait en placer un second pour recouper du Houiller.

Le chanoine H. de Dorlodot a jadis (27, pl. VI) développé les ingénieuses considérations sur lesquelles on peut s'appuyer pour démontrer l'existence d'un nouveau bassin houiller sous la faille d'Ormont, dans le massif en place (relativement) du Carabinier. Au moyen de la carte et des coupes annexées à ce travail (92) il est facile de voir quels sont les endroits où il est possible de trouver du Houiller supérieur sous les lambeaux de poussée qui, dans la Basse-Sambre, bordent l'affleurement de la Grande Faille du Midi.

Mais il y a dans le Namurois un problème beaucoup plus vaste qui se pose. Nous venons de le dire, dans la Basse-Sambre la Grande Faille est bordée d'importants lambeaux de poussée séparant le Houiller de la Grande Faille. Celle-ci, nous l'avons suffisamment dit dans ce travail, a un rejet énorme; nous allons en parler d'ailleurs. Qu'y a-t-il sous la faille? Existe-t-il du Houiller dans le massif sous les roches charriées au Nord par la faille? On ne peut tenter de donner réponse à cette question

qu'en envisageant le problème dans son ensemble. C'est ce que nous allons tenter.

La Grande Faille traverse la Belgique d'outre en outre et l'on peut y reconnaître trois régions : a) la région occidentale, de la frontière française à Loverval, au Sud-Est de Charleroi. La faille y est le plus souvent en contact direct avec le Houiller, car les lambeaux de poussée, surtout dans l'Ouest, n'y jouent qu'un rôle accessoire le long de la faille. Cette région a été bien étudiée par de nombreux sondages; nous venons d'en tirer les conclusions. b) Il y a ensuite la région orientale, de Clermont-sur-Meuse à la frontière allemande. Nous en parlerons plus loin. c) Enfin la troisième région, centrale, réunit les deux régions précédentes. Dans tout son parcours, la faille y longe l'affleurement de la bande silurienne du Condroz. Nous allons voir ce que l'on peut conjecturer de la structure de la région qui, dans cette partie centrale, s'étend sous les massifs charriés par la Grande Faille. Le problème a déjà été étudié dans de nombreux travaux par M. P. Fourmarier, et M. B. Willis s'en est aussi occupé. Je vais résumer l'état de la question et les déductions à tirer des faits déjà connus.

La première chose à faire c'est d'étudier le prolongement de la bande silurienne à ses deux extrémités, pour savoir ce qu'elle devient à partir des points où elle cesse d'affleurer.

b) *Extrémité occidentale.* — Cette extrémité se trouve dans une région à structure très compliquée et très intéressante, où il y a de bons affleurements et de nombreux sondages, mais dont tous les secrets ne sont pas dévoilés.

1° La faille y exécute trois plis transversaux bien visibles, car ils se traduisent par de fortes ondulations de l'affleurement de la faille et par les plis qu'exécutent, en même temps que la faille, les terrains qui forment le massif charrié par elle. Ces plis sont en effet visibles jusqu'à une grande distance au Sud de l'affleurement de la faille, avant que le massif charrié ne reprenne sa direction générale Est-Ouest.

Le premier de ces plis, à l'Ouest, est celui qui, crevé par les érosions, a donné naissance à l'anse de Jamioulx. L'affleurement de la faille y dessine une courbe fortement concave vers le Nord. Vu l'allure en voûte de la faille, c'est évidemment dans son axe Nord-Sud que le massif sous-jacent vient le plus près de la surface, d'autant plus que l'inclinaison de la faille est assez faible, surtout sur le flanc Ouest de l'anse. C'est grâce à cela que le sondage de Gozée (n° 24),

quoique distant de l'affleurement de la faille de 1.720 mètres, l'a déjà rencontrée à 560 mètres. L'influence de ce pli se fait sentir jusqu'à 10 kilomètres au Sud, dans le bord Nord du bassin de Dinant, sur l'axe de l'anse, et c'est sur le flanc Est de cette anse que se trouve le beau pli oblique dont nous avons parlé plus haut (p. 147).

A l'Est de ce pli s'en forme un autre, synclinal, à axe dirigé au Sud-Est. L'affleurement de la faille y dessine une courbe convexe vers le Nord. Il fait sentir son influence synclinale jusque vers Biesme, suivant un axe recourbé de près de 9 kilomètres de long.

Le troisième pli, à l'Est du précédent, c'est l'important anticlinal bien connu sous le nom de pointe de Puagne. Sa géologie nous est maintenant bien connue par le travail de M. Michot (59), grâce auquel je puis rectifier une idée erronée que j'ai émise (82) en me fiant aux données inexactes de la carte géologique (feuille Biesme-Mettet). Son axe est encore plus oblique que celui du pli précédent, étant dirigé Est-Sud-Est. Son influence anticlinale se fait sentir avec une concordance et un parallélisme parfaits, sans faille, sur les terrains dévoniens qui l'entourent et cela jusqu'au delà de Bioulx, se transformant graduellement en un pli longitudinal. Grâce aux levés de M. Michot, on peut suivre, dans la bande silurienne, le passage des deux branches entre lesquelles se divise la Grande Faille et y voir la courbe concave vers le Nord (anse) qu'elles décrivent, vers l'entrée de la dite pointe de Puagne (59, pl. VII).

M. Michot avait déjà noté que la courbure de la faille de Sart-Eustache témoigne d'un bombement de la faille, dont l'axe coïncide avec celui de l'anticlinal du Dévonien entourant la pointe de Puagne (59, p. 94).

2° J'ai démontré ailleurs (82) que la bande silurienne du Condroz se compose en réalité, malgré son unité tectonique apparente, de deux unités tectoniques superposées par la faille du Midi.

Au Sud et sur la faille, le Silurien fait partie du bassin de Dinant, bord Nord. Il a été arraché par la faille d'un ou de plusieurs anticlinaux situés bien loin au Sud et charrié vers le Nord avec le Dévonien qui le recouvrait dans son pays d'origine. Au Nord et sous la faille, se trouve du Silurien relativement en place qui fait partie d'un anticlinal séparant le grand bassin de Namur en deux sous-bassins. Le flanc Sud de cet anticlinal a été complètement cisailé par la faille, enlevé et

remplacé par le Silurien charrié. Il est extrêmement difficile de séparer dans le Silurien ce qui appartient au massif en place ou au massif charrié. Tous deux sont d'âge silurien, et rien jusqu'à présent ne permet de les distinguer lithologiquement ou paléontologiquement. Je pense cependant que, sur la carte précitée de M. Michot, on peut admettre que les diverses branches de la Grande Faille visibles dans la région : failles du Bois de Châtelet, du Bois de Presles et de Sart-Eustache; réunies en une seule, à l'Est de Sart-Eustache, séparent les deux parties de la bande silurienne. Les massifs siluriens entre ces failles et au Sud ont en effet une allure si différente de celle du massif situé au Nord de ces failles, qu'on peut y voir deux unités tectoniques importantes et différentes. De plus, l'allure du Silurien au Nord de ces failles concorde bien avec celle du bord Sud du bassin de Namur, tandis que celle des massifs entre les failles et au Sud concorde avec celle du bord Nord du bassin de Dinant, particulièrement à l'Ouest de l'extrémité de la pointe de Puagne.

Les allures du Couvinien autour de la ferme de Golias se sont montrées un peu différentes de celles figurées par H. de Dorlodot, suggérant l'idée d'un sommet de voûte couvinienne au flanc Sud coupé par la faille du Bois de Presles. Ce serait là le terminus de l'affleurement du Silurien en place.

3° La voûte silurienne en place s'enfoncerait d'abord sous la faille du Bois de Châtelet, puis un peu plus loin, à l'Ouest, sous la faille de Sart-Eustache, donc sous le massif charrié par la Grande Faille, puis sous les lambeaux de poussée de la région de Châtelet et de là sous l'anse de Jamioux.

Au delà de la ferme de Golias, on perd sa trace, car elle s'enfonce si profondément qu'aucun travail minier et aucun sondage ne l'ont rencontrée, malgré qu'ils soient allés à une profondeur dépassant le kilomètre. On peut simplement conjecturer qu'elle garde la direction qu'elle montre en affleurement, soit l'Ouest-Sud-Ouest.

4° Il est possible qu'au delà la voûte soit constituée, au voisinage de la faille, non plus par du Silurien, mais par des terrains plus récents. Mais nous n'en savons absolument rien.

Aux affleurements cette voûte est manifestement contenue dans le massif d'Ormont, superposé à la faille de ce nom. Or, au-dessus de cette faille, sur le flanc Ouest de l'anse de Jamioux, on voit une importante voûte dans le Houiller. On peut suivre cette voûte sur les diverses coupes que j'ai

publiées (97) pour montrer la structure du bord Sud du Bassin, entre Charleroi et Mons. Ces coupes ont été établies en admettant que la faille Masse est le prolongement occidental de la faille d'Ormont. Dans le Borinage, cette voûte porte le nom de voûte d'Eugies. Si cette hypothèse (ce n'est qu'une hypothèse) est vraie, nous aurions, dans cette voûte le sommet, décapité, de l'anticlinal silurien réellement en place, situé bien loin au Midi sous la faille du Midi. L'hypothèse restera telle longtemps, à cause de la solution de continuité que les lambeaux de poussée du pays de Châtelet introduisent entre cette voûte et l'affleurement de la ferme de Golias. Si l'hypothèse est vraie, le Houiller au Nord de cette voûte appartient au sous-bassin Nord de Namur, et celui au Sud appartient au sous-bassin Sud.

5° Le massif du Borinage, limité au-dessous par la faille Masse, a été arraché par celle-ci au massif sous-jacent et charrié au Nord sur plusieurs kilomètres. Dans ce massif sous-jacent, il y a aussi une grande voûte houillère, mais celle-là est, sans conteste, le prolongement de la voûte dite du Carabinier, dans le massif du même nom. On n'a pas encore trouvé d'autre voûte notable dans ce massif, au Sud de celle du Carabinier, ce qui concorde d'ailleurs avec le fort rejet de la faille Masse. Tout le Houiller découvert par les sondages du bord Sud du Hainaut appartient donc au sous-bassin Nord de Namur, au Midi duquel, sous la faille Masse, doit s'étendre le sous-bassin Sud.

La conséquence inéluctable de ces diverses hypothèses est de nous montrer que nous ne connaissons en affleurement qu'une faible partie du bassin de Namur. De plus elles démontrent aussi l'énorme rejet de la faille du Midi en Belgique. Et il est certain que, dans le Pas-de-Calais, le rejet est plus considérable qu'en Belgique.

c) *Extrémité orientale.* — 1° Il y a longtemps déjà, j'ai montré que le Silurien du Condroz ne se termine pas, sous la Grande Faille, à Clermont-sur-Meuse, comme on le croyait (77). A cet endroit, il se sépare de la faille et continue dans la vallée de la Meuse; il disparaît, entre Chokier et Ramioulle, sous une voûte de Dévonien et de Carboniférien s'ennoyant fortement vers l'Est et située entre les failles de Seraing et d'Yvoz. Après un court synclinal transverse, un puissant anticlinal reparait : l'anticlinal de Cointe de M. Fourmarier, et l'on peut le suivre se prolongeant à travers le Plateau de Herve, bordé d'une faille

de refoulement : la faille des Aguesses. M. Fourmarier pense (41, pl. XXI) que cet anticlinal et sa faille se prolongent, à l'Est, dans la voûte (Aachener Sattel) et la faille qui, à Aix-la-Chapelle, refoule le Dévonien supérieur sur le Houiller. Le tracé de cette voûte est important à fixer, car, théoriquement, comme je l'ai montré (82), c'est cette voûte, prolongement de la voûte en place silurienne, qui sépare les deux sous-bassins du grand bassin de Namur, c'est-à-dire, dans la région orientale, les bassins de Liège et de Herve. Ce dernier est le seul affleurement du sous-bassin méridional. Sa limite Sud, laquelle serait la vraie limite de tout le bassin de Namur, n'a pas encore été reconnue. On ne peut donc la qualifier que théoriquement. Je pense que le seul critérium important que l'on puisse choisir pour délimiter ce vrai bord Sud, c'est la ligne où a commencé la grande transgression de la base du Dévonien moyen. Cette ligne sera probablement tracée sur un anticlinal silurien ou cambrien, au Sud duquel s'étendra du Dévonien inférieur, alors qu'au Nord le Dévonien le plus ancien sera du Dévonien moyen, le tout en place. Si ce critérium est valable, on peut en déduire que les terrains visibles au travers de la fenêtre de Theux ne sont pas en place, mais charriés eux-mêmes, comme M. Fourmarier l'a avancé. En effet, dans la série de ces terrains, figure le Dévonien inférieur, au complet, comme sur le bord charrié du bassin de Dinant. Ces terrains, situés dans la fenêtre, constituent donc un lambeau de poussée resté en arrière lors du charriage vers le Nord.

2° Nous avons maintenant à nous occuper de déterminer le rejet réel de la Grande Faille, dans la région située au Sud de la bande silurienne.

M. Fourmarier, dans les très nombreux travaux qu'il a consacrés à l'étude de nos grandes failles de charriage et autres, a fréquemment touché ce sujet et il a exprimé l'opinion que ce rejet pouvait atteindre 50 kilomètres. Les géologues familiarisés avec la géologie alpine et qui sont venus visiter notre pays semblaient disposés à être plus généreux. Par contre, M. Bailey, E.-B., admettrait plus volontiers un chiffre moindre (6).

Une évaluation précise est évidemment impossible. On ne peut tenter que des estimations.

Pour déterminer le rejet réel d'une faille de refoulement ou de charriage, on se base généralement, quand on n'a pas d'autre critérium, sur la différence de facies lithologique ou paléontologique des massifs d'un même terrain, que la faille a amenés

en présence. C'est un critérium fort douteux. En Belgique surtout, vu la petitesse de notre territoire, nous manquons d'une juste échelle des proportions et les termes et qualificatifs que nous employons sont utilisés, avec de tout autres valeurs, par nos collègues américains, russes ou même français. Dans l'espèce le critérium conduit à des estimations décevantes. Il est certain que le Dévonien moyen des deux lèvres de la faille (donc du bord Sud du bassin de Namur et du bord Nord de celui de Dinant) montre des ressemblances beaucoup plus grandes que celle qui existe entre le Dévonien moyen des deux bords du bassin de Namur. On devrait donc en conclure que le rejet de la faille est moindre que la distance qui sépare ces deux bords.

Mais il y a, dans ce cas-ci, un moyen de se faire une idée plus exacte de ce rejet : c'est de se baser sur une différence considérable qui existe entre les deux lèvres de la faille et de rechercher la cause et les conséquences de cette différence. Celle-ci consiste dans le fait que le Dévonien inférieur existe, au Sud de la faille, sur le bord Sud de la bande silurienne, et qu'il fait défaut au Nord de cette faille et de la même bande, qui, par places, n'a que 200 mètres de large. Comment expliquer que ce Dévonien inférieur, épais de plus de 2.000 mètres dans la vallée de la Meuse, disparaisse à si courte distance?

Pour répondre à cette question, il faut faire l'histoire géologique de ce Dévonien inférieur.

Il est certain que le soubassement silurien sur lequel s'est déposé ce Dévonien a subi, durant ce dépôt, plusieurs mouvements en sens divers.

Au début, un affaissement du sol permet à la mer gedinnienne d'envahir le bord Nord du bassin de Dinant, qui atteint alors son extension maximum, contre un rivage silurien. L'active sédimentation qui suivit, au détriment des reliefs d'origine calédonienne, transforma bientôt le bord Nord du bassin en contrée lagunaire, habitée par les poissons venus de l'Ouest, des lacs de l'*Old red sandstone* du Pays de Galles. La mer venant du bord Sud du bassin venait de temps en temps faire des incursions dans les lagunes, comme nous l'a montré M. Leriche. Près de 1.400 mètres de sédiments furent ainsi accumulés. Comme terme de comparaison, on voit qu'en Angleterre, dans le Sud, où existait une situation semblable, les lagunes de l'*Old red sandstone* s'étendent, au Nord de la Grande Faille, jusque dans le Shropshire, soit sur 180 kilomètres, chiffre qui devrait encore être augmenté du rejet, inconnu, de la Grande Faille.

Au Nord de ces lagunes, devait s'étendre un rivage montagneux silurien. En effet, vers la fin du Dévonien inférieur, un soulèvement de ce rivage, durant le Burnotien, refoula la mer en régression vers le Sud. En effet, le Burnotien, épais de plus de 500 mètres, contient des bancs puissants de pou-dingue. Ceux-ci sont formés de cailloux de roches empruntées au Dévonien sous-jacent, émergé par le soulèvement du sol. Avec cela il y a de nombreux cailloux d'un phtanite noir inconnu dans les affleurements siluro-cambriens de notre pays, mais bien connu ailleurs. Il doit donc y avoir dans le soubassement en place du bassin de Dinant, du Silurien ou du Cambrien contenant de ces phtanites. Pour avoir une idée du rejet de la faille, il faut donc encore ajouter, à la largeur inconnue de l'ancienne bordure lagunaire du Dévonien inférieur, une largeur indéterminable du rivage silurien entraîné dans le charriage ou, plus probablement, resté en place sous le bassin actuel.

Si l'on tient compte de tout cela, on voit que le chiffre de 50 kilomètres de rejet est un minimum. C'est le chiffre que M. Fourmarier a déduit de la comparaison des facies (46) et c'est le calcul le plus sérieux qui ait été fait en employant ce critérium.

3° Que peut-on espérer trouver sous la faille du Midi dans l'espace de ces 50 kilomètres que nous cache le rejet supposé de la faille?

Au Nord on doit y trouver d'abord le sous-bassin Sud de Namur, prolongement vers l'Ouest de ce sous-bassin en partie visible dans le plateau de Herve et en partie caché sous le massif de poussée de la Vesdre. Ces deux parties mesurent, de la faille des Aguesses au Houiller de Jusleville-Theux, une largeur de 12 kilomètres. Mais ce chiffre est un minimum, puisque les terrains de la fenêtre de Theux sont eux-mêmes charriés au Nord. On est donc certain qu'au Sud de la bande silurienne du Condroz il y a au moins 12 kilomètres sous la faille du Midi qui appartiennent au sous-bassin de Namur. Au delà nous sommes dans l'ignorance complète et nous ne pouvons même pas faire la moindre supposition.

En Angleterre, on voit aussi 13 kilomètres du sous-bassin entre les Mendips et l'affleurement supposé de la Grande Faille, mais la plus grande partie est cachée sous du Secondaire, très épais.

De quels terrains sont composés ces 12 kilomètres? On ne peut répondre que par des suppositions. Il est à craindre que le sous-bassin de Namur Sud soit moins profond que le bassin

Nord, puisque le bassin de Herve, au Sud est moins profond que le bassin de Liège, au Nord. Mais ceci n'est vrai qu'au point de vue général, car sur le plateau de Herve, le bassin au Sud de la faille des Aguesses (bassin de Herve, donc) est beaucoup plus profond que le bassin de Liège, au Nord de la faille. La partie du sous-bassin de Herve située à l'Ouest de Liège nous étant inconnue, nous ne savons pas si la même proportion existe de ce côté avec le bassin de Liège, très profond.

En raisonnant par simple comparaison, nous pourrions supposer qu'en arrière de la bande silurienne du Condroz, on doit trouver, dans le sous-bassin Sud, le même anticlinal transversal que celui de Samson, dans le sous-bassin Nord. Si cela était vrai, le sous-bassin sous la faille aurait très peu de chance de renfermer du Houiller productif épais. Mais, nous l'avons montré ailleurs (76) par des exemples, les plis transversaux ne doivent pas nécessairement occuper toute la largeur d'un bassin ou d'un sous-bassin. Bien souvent ils alternent, un synclinal faisant suite à un anticlinal et vice versa. En résumé, seules des recherches pourraient trancher la question.

4° Seules ces recherches pourraient aussi nous dire quelle est l'inclinaison de la Grande Faille et par conséquent, quelle est l'épaisseur du massif charrié à traverser pour atteindre les terrains sous-jacents à la faille. Nous ne possédons pour ainsi dire aucune donnée sur ce problème. Seul le sondage du Bois des Malagnes précité (n° 96) a percé la faille, mais on était près de son affleurement et près du bout de la bande silurienne. Le sondage de Gerpennes (même région) n'a pas été poursuivi assez bas pour l'atteindre. On est donc dans l'inconnu à ce sujet.

B. RÉGION DU PAYS DE LIÈGE. — Depuis l'Irlande jusqu'à Liège, la Grande Faille présente une uniformité de caractère bien surprenante sur pareille distance. Son affleurement ne montre que de faibles ondulations; les plus marquantes sont celles de l'anse de Valenciennes et celle de l'anse de Jamioulx. De plus cet affleurement est constitué ou de Silurien ou de Dévonien inférieur, sauf dans le Somersetshire, où intervient du Dévonien moyen. La masse du Dévonien inférieur, qui peut dépasser 2.000 mètres, et la solidité de ses roches ont dû opposer une vive résistance aux poussées tangentielles. Aussi le massif charrié par la Grande Faille est-il, le long de l'affleurement, d'une grande simplicité de structure, se prêtant mal à révéler des relations avec l'allure de la faille, en profondeur.

A partir de Liège, cet état de choses se modifie radicalement. Le biseau terminal du massif charrié se montre formé d'alternances de roches variées, d'inégale solidité et bien moins métamorphiques. Aussi la géologie de ce biseau devient immédiatement très compliquée par un enchevêtrement de plis longitudinaux, transversaux ou obliques. L'affleurement de la faille y dessine les indentations les plus capricieuses; les failles secondaires se multiplient, donnant naissance à de nombreuses écaillés de poussée et même à de nombreuses contre-pentes de ces failles avec, comme conséquence, la production de fenêtres typiques.

Il y a donc là une belle occasion de vérifier si les relations que nous avons signalées autour de l'anse de Jamioux se vérifient ici, ce qui leur donnerait un caractère de généralité plus sérieux. Et, si ces relations se confirment, il serait désirable qu'on recherche si elles existent aussi autour de l'anse dessinée par la faille entre Valenciennes et Azincourt.

Je rappelle tout d'abord que les allures profondes de la faille se manifestent par les indentations de son affleurement, les angles rentrants ou anses correspondant à des voûtes transversales et les saillants ou caps correspondant à des bassins, aussi transversaux, de la faille.

Quant à la relation, elle consiste dans la coïncidence des axes de ces plis transversaux avec les axes des plis exécutés par les terrains du massif charrié, limité inférieurement par la faille. Autour de l'anse de Jamioux la relation est directe, c'est-à-dire qu'à une voûte de la faille correspond une voûte du massif charrié.

Cela étant, il nous reste à utiliser la carte géologique du Pays de Liège pour constater si ces relations existent. Mais là se présente une difficulté. Dans aucune région de la Belgique nos connaissances n'ont autant évolué que dans le Pays de Liège et cela se comprend. C'est là que la complication des allures est la plus grande et elles résultent d'accidents géologiques donc de causes impossibles à prévoir. La carte géologique est l'œuvre de H. Forir et de G. Dewalque et depuis son apparition elle a déjà subi de profondes modifications successives que nous devons à M. Fourmarier. Grâce à ces retouches, nous avons des tracés de plus en plus compliqués, mais aussi de plus en plus rationnels et intéressants. Comme il ne s'agit que d'une question d'interprétation de faits bien connus, je me permettrai de proposer quelques légères modifications à certains tracés récents (45). Ces modifications,

d'ailleurs hypothétiques, auraient pour résultat de normaliser le tracé de la Grande Faille et de mieux mettre ainsi en évidence les relations que je vais exposer, et c'est ce qui m'engage à proposer ces modifications. Voici en quoi elles consistent.

J'estime que, jusqu'à Magnée, le tracé de l'affleurement de la Grande Faille est parfaitement d'accord avec les faits actuellement connus. Il découle de ce tracé qu'entre Liège et Magnée le biseau terminal du massif charrié est déchiré par plusieurs failles secondaires qui, en se réunissant en profondeur, déterminent un grand plan de charriage qui n'est autre que la Grande Faille. La pression qui a déterminé les plis et les déchirures a été telle que l'allure longitudinale seule est visible dans cette région. En conséquence nous ne pouvons faire aucun usage des indentations extraordinaires que ces failles occasionnent dans l'affleurement de la faille, pour en montrer la relation avec des plis transverses inexistants. Dans la partie de la faille située entre Clermont-sur-Meuse et Liège, nous n'avons non plus de relations à découvrir, pour la raison que la faille y est d'une rectitude extraordinaire. Ce fait explique aisément l'insuccès des sondages forés de ce côté. On sait, en effet, que plus un plan (faille ou joint de stratification) est voisin de la verticale, moins son tracé, en plan, est affecté par des plissements transversaux ou par son intersection avec la surface du sol.

Mais la région à l'Est de Magnée est d'un autre type et va nous fournir matière à observations fructueuses.

D'après les divers travaux de M. Fourmarier, à l'Est de Magnée, la faille de ce nom, qu'il considère avec raison comme le prolongement du grand charriage, montrerait des caractères complètement nouveaux, inconnus à l'Ouest de Magnée, jusqu'en Irlande. A l'Ouest de Magnée, l'affleurement de la faille ne pénètre jamais dans le Houiller, mais il le longe, en le séparant du massif charrié formé de terrains beaucoup plus anciens. Aussi son tracé est-il, là, toujours très visible, très net et fort certain. Seules pénètrent dans le bassin houiller les failles secondaires délimitant les lambeaux et écailles de poussée, accumulés devant le front du grand charriage. Or, à l'Est de Magnée, la faille de ce nom pénétrerait en plein Houiller, et, de plus, de ce fait, son rejet apparent, qui partout ailleurs annonce l'importance de son rejet réel, devient ici insignifiant. C'est ce qu'on peut voir sur les coupes (44, pl. X) où M. Fourmarier a figuré cette faille. D'après ces coupes, elle produirait une simple déchirure avec léger redoublement,

dans une écaille de poussée limitée inférieurement par une faille beaucoup plus importante : la faille du Tunnel. Et cependant, cette faille à rejet apparent insignifiant aurait là des kilomètres de rejet réel. Théoriquement cela n'a rien d'impossible et l'on devrait l'admettre. Mais il me semble que les faits semblent autoriser une autre solution bien plus conforme aux caractères habituels de la Grande Faille. La coïncidence de la faille houillère avec le plan du grand charriage, est un fait accidentel des plus fréquents. C'est une coïncidence semblable qui a pendant si longtemps induit les géologues en erreur lorsque, à Angleur, ils prolongeaient la Grande Faille au Nord-Est, dans le Houiller, suivant la faille houillère des Aguesses, alors qu'elle obliquait brusquement au Sud-Est. Or, je pense qu'ici aussi la faille oblique au Sud, au lieu de continuer vers l'Est. Elle suit une faille Nord-Sud, le long du ruisseau de Soumagne, que M. Fourmarier a tracée dans son plus récent ouvrage sur la région (45, fig. 2, p. 344).

Après un court trajet, la faille doit se recourber et reprendre sa direction générale vers l'Est. Divers tracés s'offrent là. On peut la poursuivre par une faille extrêmement importante, puisqu'on peut la suivre jusque près du Rhin : c'est la faille de Soiron, bien autrement importante comme rejet visible que la partie houillère de la faille de Magnée.

On peut aussi la poursuivre, comme le fait la carte de Forir (Fléron-Verviers) et comme M. Fourmarier l'a fait, dans les divers tracés antérieurs à celui de la figure 2 susdite. J'estime que ce tracé plus ancien était mieux en rapport avec les faits. Le contact du Houiller et du Dinantien me paraît bien se faire par une faille qui serait la lèvre Nord de la faille de Soiron. Le niveau *V2c* du sommet du Viséen fait défaut là. Il en est de même de l'assise de Chokier. Certes celle-ci n'affleure jamais et peut aisément passer inaperçue. Mais si elle existait, nous le saurions, car à cause de la grande valeur industrielle que possédait l'ampélite de cette assise pour fabriquer de l'alun, les anciens mineurs, qui connaissaient bien sa situation géologique, la recherchaient activement et l'auraient trouvée, d'autant plus qu'il y avait, à un pas de là, une alunière, celle de la Rochette, qui a eu une très longue existence. Enfin, si le contact était normal, on devrait voir des affleurements du poudingue houiller *H1c*, qui, grâce à sa dureté et à sa résistance à l'altération, ne manquerait pas d'affleurer dans une région à nombreux affleurements de Houiller.

Enfin il y a un troisième tracé, mais il est tellement hardi

et hypothétique que ce n'est qu'avec les plus extrêmes réserves que je me hasarde à le mentionner. Sur la figure 2 susdite, à Nessonvaux, M. Fourmarier indique une amorce de faille à direction Est-Nord-Est. J'ai montré récemment qu'une faille très nette traverse la ville de Verviers (80). Si nous réunissons cette faille, dirigée Est-Ouest, à l'amorce susdite de la faille, à travers le plateau famennien de Cornesse, nous pourrions alors avoir un tracé qui par Verviers rejoindrait, au delà de Stembert, comme je l'ai montré, la faille de Walhorn de M. Fourmarier (47, pl. IX). Celle-ci rencontre une faille transversale, la faille de Welkenraedt. Comme je le montrerai en parlant des prétendues failles de décrochement horizontal du Boulonnais (voir annexe), ces failles ne sont, dans les régions à failles de charriage, que l'affleurement terminal d'une de ces failles venant au jour, généralement en pente très forte. J'en ai vu des exemples typiques et certains dans le Houiller belge. Les rejets de valeur très différente, suivant les points considérés de cette faille de Welkenraedt, montrent bien qu'elle est dans le même cas et qu'elle a un rejet bien plus fort que celui qui semblerait découler de la planche IX en question. Si le Grand Charriage suivait cette faille de Welkenraedt, il rejoindrait bientôt l'importante faille de Moresnet (47, pl. IX), la faille bien connue qui, à Aix-la-Chapelle, refoule la grande voûte de Dévonien sur le Houiller du bassin de la Wurm. Là il y a un rejet digne de la Grande Faille. Avec pareil tracé la faille continuerait jusqu'à son extrémité connue avec les caractères généraux qu'elle a partout. Dans cette hypothèse, la bande de terrains dinantiens et famenniens comprise, entre Welkenraedt et Olne, entre ce nouveau tracé et la faille de Soiron serait une grande écaille de poussée, limitée au-dessous par cette faille de Soiron et recouvrant une autre écaille visible à travers les fenêtres de cette faille, découverte par M. Fourmarier (45). On aurait là une région fort semblable comme structure au Boulonnais primaire. Le Houiller superposé aux failles de Magnée (partie houillère), de Saint-Hadelin et du Tunnel serait un autre lambeau de poussée important, déchiqueté par des cassures secondaires (voir annexe n° 2).

Ce préambule, fort long, était indispensable pour comprendre ce qui va suivre.

Du moment où l'on admet que la Grande Faille se replie au Sud, à l'Est de Magnée, on voit qu'elle décrit, entre ce point et Welkenraedt, une courbe plus ou moins accusée, suivant le tracé adopté, et qui s'ouvre vers le Nord. Nous l'appellerons

l'anse de Herve. Cette courbe correspond à une voûte dissymétrique de la Grande Faille et, ce qui le prouve, c'est que la voûte se poursuit bien loin, fait capital. Ici nous en avons la preuve, car l'axe de cette voûte passe par l'axe transversal de la fenêtre de Theux, fenêtre qui doit si manifestement son existence au croisement de deux voûtes : l'une transversale, dont nous venons de voir l'origine, et l'autre longitudinale.

La carte géologique montre aussi que les différentes bandes dinantiennes et dévoniennes bordant au Sud l'affleurement de la Grande Faille épousent la courbure de cet affleurement. Si maintenant nous utilisons la feuille Fléron-Verviers de la carte géologique, nous verrons que la voûte de la faille est en réalité un anticlinorium montrant une série de voûtes et de bassins secondaires alternant et disposés en éventail, car leurs axes convergent vers la courbe de l'affleurement de la Grande Faille. Ces plis secondaires sont multiples et serrés sur le flanc Ouest, raide, de l'anticlinorium. Le premier pli, de ce côté, c'est une voûte du massif charrié, dont l'axe dirigé au Nord-Est aboutit à Ayeneux, à la pointe du cap, si bien marqué, de l'affleurement de la faille. Il est suivi, à droite, par d'autres plis de plus en plus transverses, jusqu'au synclinal aboutissant à Olne, à une légère anse de la faille, avec un axe dirigé Sud-Est-Sud. Sur le flanc Est en pente douce et très étalé de l'anticlinorium il n'y a guère qu'un faible et court repli en voûte, aboutissant à l'affleurement de la Grande Faille de Soiron, sur un léger cap, à Xhendelesse avec un axe dirigé au Sud-Est.

La conclusion donc, c'est qu'on observe sur la Vesdre les mêmes relations qu'à Charleroi, entre les allures de la faille et celles du massif qu'elle a charrié. Mais il y a une différence capitale, c'est qu'ici la relation est inverse : les synclinaux du massif charrié sont superposés aux anticlinaux de la faille et leurs axes aboutissent à une anse de son affleurement. Les anticlinaux du massif reposent sur des synclinaux de la faille.

L'origine de la relation directe est aisée à expliquer. Il n'en est pas de même de la relation inverse. D'où peut provenir la différence entre la relation à Charleroi et celle à la Vesdre? La cause de cette différence saute aux yeux. Elle provient du fait qu'à Charleroi on trouve des terrains de plus en plus anciens, en allant vers l'affleurement de la faille, alors que sur la Vesdre c'est le contraire. Cette disposition fait naturellement que les voûtes d'une région sont des bassins dans l'autre.

Nous trouvons dans le fait suivant une preuve convaincante

que telle est bien la cause de la différence : la Grande Faille du Midi, en se relevant au Sud, produit la fenêtre de Theux, comme l'a montré M. Fourmarier (41). Or, sur trois des quatre côtés de cette fenêtre, les allures des terrains épousent l'allure de l'affleurement de la faille d'une façon réellement extraordinaire. Au coin Nord-Est de la fenêtre, l'affleurement de la faille dessine un angle rentrant (par rapport à l'intérieur de la fenêtre). Avec l'axe de cet angle coïncide l'axe d'un anticlinal des terrains environnants, que l'on peut suivre sur 8 kilomètres jusqu'à Stembert. Au coin Nord-Ouest de la fenêtre, il y a un autre angle rentrant, coïncidant aussi avec un axe d'anticlinal des terrains, mais on ne peut le suivre que sur 600 mètres. Entre ces deux coins il y a un petit cap de la faille coïncidant, lui, avec un petit synclinal des terrains environnants. Enfin, sur le côté Est de la fenêtre, la faille dessine une grande courbe saillante vers la fenêtre. Son axe coïncide avec celui d'un énorme synclinal des terrains environnants, visible sur 8 kilomètres, jusqu'au delà de Verviers. Il y a peut-être aussi une coïncidence à l'angle Sud-Ouest de la fenêtre, mais elle est moins nette (1). Les axes de tous ces plis des terrains entourant la fenêtre s'étalent autour d'elle en éventail et la relation avec les indentations de la faille est exactement la même qu'à Charleroi, parce que, comme à Charleroi, les terrains deviennent de plus en plus anciens en allant vers l'affleurement de la faille.

La convergence des plis vers l'affleurement de la faille, si visible dans les trois cas de Charleroi, de la Vesdre et de la fenêtre de Theux, rend facile à expliquer la production de ces allures locales. Le fait que la relation entre l'allure des terrains et celle de la faille s'observe ainsi dans trois cas différents nous permet de présumer qu'on peut utiliser cette relation pour indiquer les points les plus favorables pour recouper le plus tôt la faille dans les recherches. Il faudra voir si les recherches confirment la relation.

Je n'ai encore pu découvrir aucune relation entre l'allure des plis longitudinaux du massif charrié, et celle que pourrait présenter la faille et la chose est d'autant plus regrettable que cette allure est de très loin prédominante, ce qui s'explique aisément. Pour nous guider, nous n'avons donc encore que les

(1) D'après M. A. Renier, les anticlinaux devilliens de Grand-Halleux et de Ligneuville convergent vers la fenêtre de Theux (cf. *Ann. Soc. géol. de Belg.*, t. XXXV, 1925, p. 191). La convergence des plis existerait donc aussi au bord Sud de la fenêtre.

allures transversales ou obliques et nous allons voir l'application qu'on peut en faire dans les recherches du prolongement au Sud du bassin de Herve.

La carte des mines du bassin de Liège, de M. Ledouble, montre que la partie importante du bassin de Herve, celle qui est située au Sud de la faille des Aguesses, se compose d'un grand synclinorium transversal dont l'axe passe à peu près par Micheroux et Olne. Dans les hypothèses que l'affleurement du grand charriage aurait un tracé passant par Soiron ou par Verviers, la carte géologique montre que l'anse de Herve a son axe de figure à peu près coïncidant avec celui du bassin houiller. C'est un fait très frappant et important dont nous n'avons pas encore vu ailleurs d'exemple aussi net. La relation inverse signalée plus haut se continue donc sous la Grande Faille; l'anticlinal que décrit la faille est donc sous-jacent à un synclinal, celui du massif charrié, et superposé à un autre synclinal, celui du bassin houiller. Je ne saisis pas comment on peut expliquer cette intercalation bizarre, mais je crois qu'il est bien facile d'expliquer la relation inverse entre l'allure de la faille et celle du Houiller sous-jacent.

La carte de M. Ledouble montre que le grand synclinorium transversal du bassin de Herve a une tendance très nette à se fermer au Sud, tout au moins dans les couches supérieures, mais il ne représente pas cette fermeture. La raison est facile à deviner. La continuité des couches vers le Sud est interrompue parce qu'elles viennent buter contre de puissantes écaillés de poussée dont M. Fourmarier a fait l'étude (44). Or, sur la carte annexée à ce travail, on voit que les failles qui limitent, au-dessous, ces écaillés et surtout la plus importante et la plus profonde, la faille du Tunnel, ont des affleurements décrivant des courbes convexes vers le Nord (caps); tandis que la courbe de l'affleurement de la Grande Faille est concave vers le Nord (anse). Une courbe convexe vers le Nord, avec pente au Sud, indique évidemment un synclinal. L'axe du synclinal des failles des écaillés de poussée est parallèle à celui du synclinorium sous-jacent, mais légèrement plus à l'Ouest. Le synclinorium a son flanc occidental plus raide et plus plissé que son flanc oriental, moins plissé et beaucoup plus étalé. Nous avons vu plus haut que le massif charrié par la Grande Faille du Midi a exactement la même particularité. Ces trois massifs superposés sont des synclinaux. Dans un synclinal, la poussée qui l'a produit est venue du côté du flanc le plus raide, donc, ici, de l'Ouest. Par conséquent, la pression qui a

déterminé les allures transversales du bassin de Herve et du massif charrié qui le borde au Sud venait de l'Ouest. Mais l'anticlinorium que décrit la Grande Faille a aussi son flanc Ouest plus raide, en vertu de la relation inverse exposée précédemment. Dans un anticlinal, la pression est venue du côté en pente douce, donc, ici, de l'Est. Cela complique encore l'explication à donner de la relation inverse.

Appliquons maintenant tout cela aux recherches sur le bord Sud du bassin de Herve.

1° La portion de ce bord, située le plus près possible de l'axe de la voûte de la faille, c'est-à-dire une ligne passant approximativement par Micheroux, Olne et Theux, était la région la plus favorable au point de vue de la question de rencontrer le moins profondément possible la Grande Faille et le Houiller sous-jacent, abstraction faite des influences contraires, possibles mais inconnues, exercées par des plissements longitudinaux.

2° Cette ligne, coïncidant à peu près avec l'axe de plus grande épaisseur du bassin de Herve, était la ligne où l'on pouvait espérer trouver, sous la faille, le Houiller le plus récent et le bassin le plus épais. Bien entendu, il faut tenir compte que le synclinorium de Herve pouvait se fermer au Sud sous les failles et être suivi, au Sud, de bassins peu profonds, plus ou moins riches donc, ou même suivi d'un anticlinal, transversal ou longitudinal.

3° Malheureusement, le charriage a accumulé dans le synclinorium de Herve une telle masse d'écaillés de poussée de Houiller inférieur stérile, qu'il a été transformé de synclinorium riche en massif bombé stérile.

C'est la façon d'expliquer l'insuccès industriel des sondages de Pepinster et de Theux. Ils ont bien et très tôt recoupé le gisement houiller, mais c'était du Houiller inférieur stérile distribué dans plusieurs lambeaux de poussée, ce qui me fait croire que ces lambeaux ne sont autres que la continuation de ceux qui couvrent l'axe du bassin de Herve. Ce fait s'explique mieux ainsi que si l'on supposait que les sondages sont tombés sur un anticlinal de Houiller inférieur.

Les massifs de poussée ont-ils rongé complètement le Houiller du bassin de Herve prolongé au Sud? Ou bien, parmi les lambeaux de poussée des deux sondages précédents, l'inférieur représente-t-il ce qui reste de ce bassin? Ou bien le bassin passe-t-il encore plus bas? Ce sont toutes questions qui doivent rester sans réponse.

Grâce aux connaissances que nous avons maintenant, serait-il possible de donner l'indication d'une région plus favorable que celle de la ligne Micheroux-Olne-Theux, dont nous venons de voir les inconvénients?

Les trois considérations que nous venons d'émettre sur ces inconvénients montrent qu'il y a dans la région une ligne ayant deux avantages, mais un désavantage. En pareil cas il faut transiger. Il faut évidemment s'écarter de cette ligne où les inconvénients dépassent les bénéfiques. Il faut se placer, non sur l'axe, mais sur le flanc du grand pli transversal. On recoupera ainsi la Grande Faille plus bas, mais il y aura compensation, parce qu'on aura une épaisseur moindre de massifs de poussée à traverser. De plus, en ne s'écartant pas trop de l'axe du synclinorium du bassin houiller, on aura encore chance de trouver assez de Houiller supérieur, si celui-ci se prolonge au Sud.

Des deux flancs du pli transversal, quel est le plus favorable? Encore ici il y a du pour et du contre et il faut biaiser.

Je donnerais la préférence au flanc oriental, et voici pourquoi : La carte de M. Ledouble indique qu'il est plus étalé, donc plus sûr d'être atteint. Il est moins plissé et les redou-

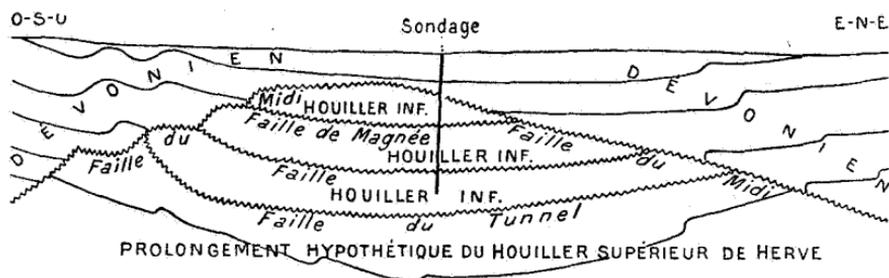


FIG. 6. — Coupe schématique par le sondage de Pepinster.

tables lambeaux de poussée y paraissent très réduits. Le massif charrié paraît aussi moins accidenté. Il serait difficile de dire plus; les chances sont plutôt faibles (1).

(1) Quand on examine une carte géologique récente, comme celle jointe au travail de M. R. ADERCA (*Ann. Soc. géol. de Belgique*, t. LV, 1932, M., p. 37) on voit que l'allure du Grand Charriage doit être très différente des deux côtés de la Fenêtre de Theux. A l'Est, la faille doit rester près de la surface, si l'on en juge d'après les nombreuses fenêtres que cette carte montre et d'après l'allongement extrême de l'angle Sud-Est de la Fenêtre de Theux. A l'Ouest, la faille doit s'enfoncer profondément, si l'on en juge d'après les allures du massif superficiel et les résultats des sondages.

Pour faciliter l'intelligence de ce que nous venons de dire sur le Pays de Herve et la région de la vallée de la Vesdre, nous donnons ici une coupe très schématique à travers les grandes allures transversales que nous y avons signalées (fig. 6).

CONCLUSION FINALE

Il est certain que les bassins houillers faciles à découvrir, bien accessibles et riches, sont tous, ou à peu près tous, découverts. Je n'aurai pas perdu mon temps si je suis parvenu à convaincre ceux qui me liront jusqu'au bout, qu'on ne peut entreprendre de nouvelles recherches au petit bonheur. Savoir où il faut faire des recherches et comment, est un des problèmes les plus ardues de la géologie appliquée. Néanmoins, nous ne sommes pas complètement désarmés pour l'attaquer. C'est cela et rien que cela que j'ai voulu exposer.

ANNEXE N° 1.

JUSTIFICATION DES TRACÉS DE LA CARTE ANNEXÉE (pl. II).

La comparaison de cette carte avec la carte n° III annexée au mémoire de M. Olry (60) montrera tout de suite les nombreux et importants emprunts que j'ai faits à cette carte. Je vais dire ici les modifications et les ajoutés que j'ai faites à cette carte n° III, en me basant sur l'interprétation des documents sur la géologie de la région contenus dans le mémoire et sur l'application à cette région des principes exposés dans le présent travail.

1° Au moyen des coupes de sondages données par Olry, j'ai tenté de tracer les allures des terrains dans la vaste partie de sa carte n° III qu'il avait laissée en blanc. Il est inutile de dire combien pareil tracé est aléatoire. Non seulement la détermination des terrains primaires rencontrés par ces sondages est des plus douteuse, mais, même pour les meilleurs sondages, il est rare que l'on possède des indications sur la direction, l'inclinaison et le sens de l'inclinaison des couches. Le tracé n'est cependant pas dénué de valeur, vu le grand nombre de sondages, dans certaines régions, et le fait que ce tracé indique des allures parfaitement conformes à ce que prévoit la théorie pour ces régions. Les tracés n'ont d'ailleurs été adoptés qu'après en avoir essayé quantité d'autres.

2° Je n'ai pas figuré sur la carte les limites du ou des bassins que je suppose exister sous la Grande Faille, comme je l'ai montré dans le travail. Si l'existence d'un bassin peut être supposée, il n'en est pas de même de la position précise de ses limites. Figurer ces limites sur une carte, ce serait forcément leur donner un caractère de précision qu'elles ne peuvent avoir et qu'elles garderaient, malgré toutes les réserves insérées dans le texte.

3° J'ai supprimé complètement le grand décrochement horizontal, « la faille présumée » d'Olry, au moyen de laquelle il a interprété la structure de la région située entre le bassin d'Hardinghen et la mer. Ma carte montre qu'on peut utiliser les données connues d'une autre façon, donnant une structure beaucoup plus conforme à celle de l'ensemble du pays.

On peut encore ajouter les considérations suivantes :

a) Il n'est rien de plus facile, pour résoudre une difficulté de tracé, que d'imaginer un décrochement horizontal. Un trait de plume suffit. En réalité ils sont extrêmement rares et n'existent pas dans les régions de grands charriages dont les failles, avec leurs affleurements raides, simulent des décrochements horizontaux. Ceux-ci, d'ailleurs, comme les failles normales, sont exceptionnels dans les régions de charriage.

b) Le bassin houiller de Strouanne ne peut pas être le prolongement de celui d'Hardinghen, car, comme nous l'avons rappelé dans le texte, la lacune sédimentaire y est bien autrement importante sous le Houiller.

c) La faille supposée d'Olry ne repose que sur deux faits : l'un la coupe du sondage du Bail (n° 76) (60, p. 183), l'autre celle du sondage de Withertun (n° 77) (60, p. 189 et fig. 19). Pour ce dernier, j'ignore qui a fait la détermination, mais elle me semble bien douteuse. On a recoupé la série régulière des assises dinantiennes, avec les épaisseurs suivantes : Calcaire Napoléon et calcaire du Haut-Banc : 360 mètres. Dolomie du Huré : 200 mètres, soit 560 mètres en tout. Or, d'après le travail précité (60), ces assises auraient : Calcaire Napoléon : 20 mètres. Calcaire Lunel et calcaire du Haut-Banc : 100 mètres. Dolomie du Huré : 120 mètres, soit 240 mètres. Comme l'inclinaison de 20° n'affecte guère la puissance réelle, l'énorme différence est inexplicable. Olry place à 622 mètres sa faille présumée qui superposerait le Dinantien au Silurien. D'après des renseigne-

ments qu'on m'a passés, on aurait foré ⁽¹⁾: 604 à 604,50 : Dolomie; 604,50 à 606,80 : Schistes argileux; 606,80 à 621,15 : Dolomie; 621,15 à 636,60 : Schistes; 636,60 à 642,90 : Grès très dur; 642,90 à 645,50 : Schistes; 645,50 à 695 : pas de renseignements; 695 à 695,50 : Schiste argileux. On a battu une carotte.

Jusqu'à 645 mètres, je ne vois aucune raison pour placer une faille. Il me semble que sous la Dolomie on a percé le Famennien, d'autant plus qu'Olry dit que les schistes étaient rougeâtres, teinte du Famennien et non pas celle de Silurien. Ces schistes renfermaient : *Atrypa reticularis*, dit Olry, fossile beaucoup plus abondant dans le Dévonien que dans le Silurien.

Olry a complété les renseignements sur ce sondage (61). La carotte du fond renfermait des débris de fossiles. Ils étaient siluriens, dit-il, et l'inclinaison était de 20° comme au-dessus de la faille, chose bien bizarre. Je pense que la faille est extrêmement douteuse. S'il y a faille, sous 645 mètres, c'est non pas une faille présumée, mais la faille de Ferques. Le sondage est près et au Sud de la faille de Ferques prolongée à l'Ouest. D'après l'épaisseur du Dinantien et du Dévonien au Nord de la faille, on serait, sous 645 mètres, dans le Silurien en place sous le Dévonien, au Nord de cette faille, et non sous une faille présumée.

Quant au sondage du Bail, il aurait recoupé, sous la Dolomie, également du Dévonien et non du Silurien. En effet, si l'on fait une coupe par les deux sondages, on voit que le contact Dinantien sur Dévonien a une pente de 11° au Nord-Nord-Est. Cela concorde bien avec la pente du Dinantien sur la coupe (60, p. 73) par le sondage de Blécquemecques, qui occupe la même situation géologique. Dans ces conditions, il n'y aurait pas de faille supposée et le Houiller d'Hardinghen continuerait à poursuivre ses allures, s'enfonçant de plus en plus vers l'Ouest.

4° J'ai corrigé la coupe du sondage de Coquelles (n° 62) d'après le travail de MM. Dehée et Dubar (32). Les schistes qu'Olry (60, p. 184) qualifiait de schistes ardoisiers siluriens étaient en réalité des schistes dévoniens remplis de fossiles ne laissant aucun doute. A la suite de la découverte, dans le Pas-de-Calais, du Silurien, on a eu une tendance à voir partout du Silurien.

(1) Je dois ces renseignements à M. J. Delecourt, entrepreneur de sondages à Saint-Ghislain, fils de M. Delecourt, qui a exécuté le sondage de Withertun. Je suis heureux de pouvoir le remercier ici.

5° J'ai arrondi le tracé de la faille d'Ellinghen, qui, manifestement, délimite inférieurement une écaille de poussée secondaire, découpée dans le puissant massif charrié recouvrant le nouveau bassin d'Hardinghen. Malgré ses apparences, je pense que la faille de Locquinghen est une faille semblable, délimitant une écaille laissée en arrière par les hasards du charriage, ce qui lui donne un faux aspect de faille normale.

Je suis convaincu que la faille de Ferques est aussi une fausse faille normale. Pour s'en convaincre, il suffit de voir la différence considérable d'allures visibles sur les deux lèvres de la faille, ce qui ne peut être le cas pour une vraie faille normale. Cela explique d'ailleurs comment le jeu de la faille peut être opposé à ses deux extrémités connues. Sur une bonne partie de son trajet, la faille du Nord, la faille d'Ellinghen et la faille de Ferques ont une surface commune.

6° Pour la raison que j'ai donnée dans ce travail, j'interprète la coupe du sondage de Sangatte (n° 63) comme celle du sondage de Coquelles voisin. On aurait là du Dévonien : Calcaire probablement silurien, dit Olry, reposant sur des schistes bleuâtres ardoisiers. Peut-être est-ce du Givetien ou plus probablement encore du Frasnien transgressif sur le Silurien. Il en serait de même du calcaire du sondage du Pont d'Ardres (n° 56), incliné à 55° avec de l'argile lie de vin, ce qui indique le Dévonien.

7° J'ai modifié la position de la limite entre le Silurien et le Dévonien, au Nord de la faille de Ferques, par suite de la rencontre du même niveau silurien que celui du sondage de Caffiers, à Audenfort (n° 94), à l'Est de Licques. (Cf. A. BRIQUET, *Ann. Soc. géol. du Nord*, 6-11-1907.)

ANNEXE N° 2.

LA FAILLE DU MIDI A L'EST DE LIÈGE

En étudiant la Grande Faille comme je l'ai fait, page 166, je me suis borné à la seule région intéressant mon sujet, que je n'ai pas voulu étendre au delà de la frontière allemande. Mais la faille ne finit certainement pas là. J'ai émis une hypothèse, avec les plus expresses réserves, sur la façon dont je conçois le tracé de la faille entre Liège et Aix-la-Chapelle. Pour que cette hypothèse soit intelligible, je dois dire quelques mots de

la façon, aussi extrêmement hypothétique, dont je conçois le tracé de la faille, sur la rive gauche du Rhin.

Jusqu'à La Rochette, personne n'hésitera à dire où passe la Grande Faille, mais plus à l'Est, on entre dans une région où il y a tant de failles inverses de refoulement, qu'on n'a que l'embaras du choix. Chose bizarre, bien loin à l'Est, au Nord de Düren, on voit reparaître une faille qui a tout à fait les caractères de la Grande Faille. C'est la faille de Jüngersdorf de Holzapfel, qui refoule tout le massif de Stavelot, avec sa bordure éodévonnaise, sur le Houiller supérieur du bassin de l'Inde. Du coup elle supprime, en affleurement, ces nombreuses bandes de Dévonien moyen ou supérieur et de carboniférien qui, depuis Liège, oblitèrent le tracé de la faille. Il y a en Belgique, mais en beaucoup plus petit, près du tracé de la Grande Faille, une région aussi formée de longues bandes des mêmes terrains, plissés et faillés; c'est la bande de lambeaux de poussée formés par les massifs de la Tombe, de Loverval, d'Ormont, etc. Les failles de ces lambeaux attireraient l'attention, et des géologues éminents ne voyaient pas la Grande Faille, qui semblait se cacher timidement dans les replis de la bande silurienne. Y a-t-il entre La Rochette et Jüngersdorf une faille inconnue

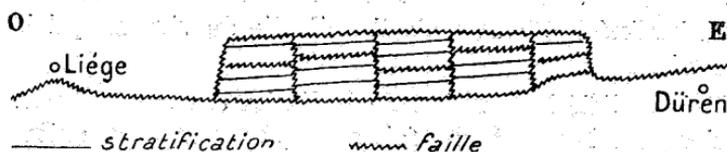


FIG. 7.

ou, plus exactement, méconnue, qui serait la vraie Grande Faille, réunissant la faille allemande à la faille belge? Je l'ignore et je pense que provisoirement il est plus vraisemblable de penser, que, dans l'intervalle, la Grande Faille s'effiloche en nombreuses branches englobant dans leurs ramifications toutes les bandes en question, parmi lesquelles il y a beaucoup plus de fenêtres qu'on ne pense, car je considère les failles longitudinales à inclinaison Nord figurées sur les coupes de nos collègues allemands comme des contrepentes de failles de charriage et non comme des failles normales. Quant aux failles transversales reconnues en Allemagne, il doit y en avoir de deux sortes. Les unes, dans le Nord, sont des failles bordières de Graben. Les autres, parfois bien à tort considérées comme le prolongement des premières, seraient, au Sud, simplement des affleu-

rements de failles de charriage. Le repli terminal Nord-Sud de la faille d'Ormont à Franière et de la faille du Midi (faille de Magnée), entre La Rochette et Ayeneux, nous donne une bonne idée de ces pseudo-failles transversales. En résumé, entre Liège et Düren l'affleurement de la faille aurait l'aspect très schématique de la figure 7.

Ce que je viens de dire m'a été inspiré par la lecture des travaux de Holzapfel (1899 et 1910), de Fliegel (1922) et d'E. Asselberghs (1927).

Liste des sondages et fosses repérés sur la carte.

Le repérage a été fait d'après la carte n° III de l'ouvrage d'Olry, où l'on trouvera, page 183, les renseignements sur ces sondages. Les fosses sont indiquées par un astérisque.

- | | | |
|-------------------------|----------------------|-----------------------|
| 1. Enguinegatte. | 33. Quesques 1. | 65. Folle Emprise. |
| 2. Délette n° 4. | 34. Escoeuilles 2. | 66. L'Anglaise. |
| 3. Théroüanne 2. | 35. Escoeuilles 3. | 67. La Pierre. |
| 4. Théroüanne 3. | 36. Escoeuilles 1. | 68. Strouanne. |
| 5. Théroüanne 1. | 37. Escoeuilles 4. | 69. Wissant-Nord. |
| 6. Clarques. | 38. Surques 3. | 70. Hervelinghen. |
| 7. Rebecq. | 39. Surques 2. | 71. Wissant-Sud. |
| 8. Coyécque 2. | 40. Surques 1. | 72. Colombier. |
| 9. Coyécque 1. | 41. Reberques 1-2-3. | 73. Tardinghen. |
| 10. Dohem. | 42. Rebergues 4. | 74. Framzelle. |
| 11. Délette 1. | 43. Fouxerolle. | 75. Pas-du-Gay. |
| 12. Délette 2. | 44. Fouxerolle 1. | 76. Le Bail. |
| 13. Délette 3. | 45. Cauchy. | 77. Withertun. |
| 14. Pont-Asquin. | 46. Breuil. | *78. Leulinghen. |
| 15. Arques 1. | 47. Sanghen. | 79. Blecquenecques. |
| 16. Arques 2. | 48. Bournonville. | 80. Hidrequent. |
| 17. Saint-Martin a. L. | 49. Wirvignes. | *81. Ferques n° 2. |
| 18. Hallines. | 50. Samer. | 82. Basse-Falize. |
| 19. Wavrans 2. | 51. Wast 2. | 83. Vallée-Heureuse. |
| 20. Wirquin. | 52. Wast 1. | *84. Caffiers. |
| 21. Ouvé. | 53. Alembon. | 85. Ch. de Fiennes. |
| 22. Wismes. | 54. Hermelingen. | *86. Du Souich. |
| 23. Nielle-lez-Bléquin. | 55. Guines. | *87. Renaissance. |
| 24. Lumbres 2. | 56. Pont d'Ardres. | *88. Providence. |
| 25. Lumbres 1. | 57. Bourbourg. | 89. Fiennes 3. |
| 26. Liauwette. | 58. Gravelines. | 90. Des Moines. |
| 27. Setques 2. | 59. Offekerke. | 91. Boursin 1. |
| 28. Setques 1. | 60. Marck. | 92. Mont des Boucart. |
| 29. Desvres. | 61. Calais. | 93. Wavrans 1. |
| 30. Menneville. | 62. Coquelles. | 94. Audenfort. |
| 31. Lottinghen. | 63. Sangatte. | |
| 32. La Creuse. | 64. Escalles 1-2. | |

BIBLIOGRAPHIE

1. ... *Eindverslag... der Rijksopsporing van Delftstoffen 1903-1916.* Amsterdam, 1918. Texte et atlas. Imp. 't Kasteel van Amsterdam.
2. ... *The geology of the S.-Wales coalfield. Geol. Survey.* 13 mémoires auxquels, pour ne pas surcharger la bibliographie, je renvoie en citant seulement le titre de la région auquel se rapporte le mémoire.
3. ... Sondages de la Picardie et de l'Aisne (*Ann. Soc. géol. du Nord*); La Capelle, t. V, p. 4; Guise, t. VI, p. 104; Banteux, t. XX, p. 401; Bihucourt, *ibid.*, p. 390; Crèvecœur, *ibid.*, p. 400; Tilloy, *ibid.*, p. 405; Cambrai-Saint-Roch, *ibid.*, p. 403; Solesmes, *ibid.*, p. 403; Nouvion, *ibid.*, p. 55; Ors, t. XXVIII, p. 161; Étreux, t. XXXIII, p. 98; Artres, t. LIX, p. 191; Merlimont, t. XXXII, p. 138; Paris-Plage, *ibid.*, p. 252; Amiens, t. LX, p. 73. — CH. BARROIS, *Sondages entre Douai et Arras*, t. XLII, p. 2. — Poix : GOSSELET, *Géol. élém. du dép. du Nord*, 1889, p. 29. — Saigneville et Péronne : GOSSELET, *C. R. Acad. des Sc. de Paris*, 23 juillet 1906.
4. ... *Ann. Soc. géol. de Belg.*, t. XXXIX, 1912, *Mém.*, p. 291.
5. ARBER, N., The upper carbon. of W. Cornwall & N. Devon. (*Quart. Journ. geol. Soc.*, 1907, p. 1.)
6. BAILEY, E., La dispos. en échelons des anticlin. du Condroz et de l'Ardenne. (*Ann. Soc. géol. de Belg.*, t. XLIX, 1923, B., p. 212.)
7. BARROIS, CH., Etude des strates marines du Houiller du Nord. (*Études des gîtes minér. de la France.* Paris, 1912.)
8. BARROIS, BERTRAND, PRUVOST, Nouvelle carte paléont. du bass. houill. du Nord. (*Rev. de l'Indust. minér.*, 14 juillet 1924.)
9. — Le terrain houiller d'Anzin. (*C. R. Acad. des Sc. de Paris*, 23 mai 1927.)
10. — Rapp. sur les courses, en 1926-1927, dans les bassins du Nord. (*Bull. de la carte géol. de France*, n° 170, 1927-1928.)
11. BERTAUT et GOSSELET, J., Études sur le terr. carbon. du Boulonnais. (*Mém. de la Soc. des Sc.*, 3^e sér., t. XI, 1873.)
12. BERTRAND, C. E., Le Boghead d'Autun. (*Bull. Soc. Ind. minér.*, 3^e sér., t. VI, 1892.)
13. BERTRAND, M., Sur le racc. des bass. houill. du N. de la France et de l'Angl. (*Ann. des Mines*, 9^e sér., t. III, 1893, p. 5.)
14. — Études sur le Bass. houill. du Nord et sur le Boulonnais. (*Ibid.*, t. V, 1894, p. 569.)
15. BERTRAND, P. et PRUVOST, P., Struct. du Bass. houill. du Pas-de-Calais. (*Ann. Soc. géol. du Nord*, t. LIX, 1934, p. 97.)
16. BOLTON, H., On a marine fauna in the Basement-beds of the Bristol coalf. (*Quart. Journ. geol. Soc.*, t. LXIII, 1907, p. 445.)
17. BRETON, L., Septième part. de la seconde vue du Bass. houill. du Pas-de-Calais. (*Bull. Soc. Ind. minér.*, juillet 1912.)

18. CARPENTIER, A., Contrib. à l'étude du Carbonif. du N. de la France. (*Mém. Soc. géol. du Nord*, t. VII, 1913.)
19. CORNET, J., Les plissements saxoniens dans le Hainaut. (*Bull. Acad. roy. Belg.*, 5^e sér., t. XIV, 1929, p. 109.)
20. — *Géologie*, t. I, p. 131, fig. 35. Mons. 1909, Leich-Putsage.
21. — *Ibid.*, p. 140, fig. 39.
22. — Le synclinal posthume de Quaregnon. (*Ann. Soc. géol. de Belg.*, t. L, 1927, B., fig. 1 et 3.)
23. — Le sondage de Bertaimont. (*Ibid.*, t. XXXIV, 1907, pl. XIV.)
24. — Le synclinal du Thiriau. (*Ibid.*, t. LII, 1926, p. 156.)
25. — *Premières notions de géologie*. Mois, 1903, Duquesne et Masquillier, p. 26.
26. CORNET et STEVENS, Le relief du socle paléozoïque. (*Service géol. de Belg.*, 15 feuilles 1/20.000, 1921-1923.)
27. DE DORLÓDOT, H., Recherches sur le prolongem. occident. du Silurien. (*Ann. Soc. géol. de Belg.*, t. XX, 1892, M., p. 289.)
28. DELECOURT, J., Le synclinal de Roubaix et l'anticlinal de Tournai. (*Ibid.*, t. XLVIII, 1925, B., p. 9.)
29. DELÉPINE, G., Rech. sur le calc. carbonif. de Belgique. (*Mém. et trav. publ. par la Faculté cathol. de Lille*. Lille, 1911, R. Giard.)
30. — La transgress. de la mer au début du Viséen. (*XIII^e Congrès géol. intern.*, 1922, p. 609.)
31. — Le calc. carbon. dans la région de Lille. (*C. R. Acad. des Sc. de Paris*, t. CLXVIII, 1919, p. 351.)
32. DEHÉE et DUBAR, Le sondage de Coquelles. (*Ann. Soc. géol. du Nord*, t. XLI, 1926, p. 34.)
33. DE JAER, J., Rech. de terr. houill. à Audenaerde... (*Ann. des Mines de Belg.*, t. V, 1900.)
34. DINES, H. G., Contrib. to the geol. of the Kent coalfield. (*Geol. Survey : Summary of progress.*, 1932, part. II.)
35. DIXON, E., The unconform. between the Millst. and the carb. limest. (*Geol. Magaz.*, t. LVIII, 1921, p. 157.)
36. DOLLFUSS, G., *Rapp. sur la possib. d'exist. du terr. houill. au Sud des Ardennes*. Charleville, 1913, A. Anciaux, p. 33.
37. DUBERNARD, Rés. géol. des rech. dans la concess. de l'Escarpelle. (*Ann. Soc. géol. du Nord*, t. LVI, p. 181.)
38. DUMONT, A., *Notic. sur le nouv. bass. du Limbourg*. Bruxelles, 1877, Decq et Duhent.
39. FORIR, H., *Cart. géol. de Belg. : feuilles Gemmenich-Borzelaer et Henri Chapelle*.
40. FORIR et LOHEST, La houille en Campine. (*Ann. Soc. géol. de Belg.*, t. XXIX, 1902, M., p. 81.)
41. FOURMARIER, P., Les résult. des rech. par sondages au Sud du bass. de Liège. (*Ann. Soc. géol. de Belg.*, t. XXXIX, 1913, M., p. 587.)
42. — La structure du massif de Theux. (*Ibid.*, t. XXXII, 1905, M., p. 109.)

43. FOURMARIER, P., Sur la prés. de poudingue dans le Houiller inf. (*Ibid.*, t. XL, 1912, B., p. 69.)
44. — Struct. de la part. mérid. du Bassin de Herve. (*Ibid.*, t. XXXVII, 1910, M., p. 219.)
45. — Observ. sur la nappe de Soiron. (*Ibid.*, t. LI, B., p. 343.) — IDEM, C. R. de l'excurs. extraord. dans les env. de Liège. (*Ibid.*, p. 350.)
46. — L'évaluation des phénomènes de charriage en Belg. (*XIII^e Cong. géol. intern.*, 1922, t. I, p. 507.)
47. — La limite mérid. du Bass. de Liège. (*Congrès intern. des Mines. Liège, 1905, sect. géol. appliquée.*)
48. GEORGE, T. N., The carbon. outlier of Pen-Cerig-Calch. (*Geol. Magaz.*, t. LXV, 1928, p. 162.)
49. GODWIN-AUSTEN, On the poss. extens. of the coal. meas. beneath. the S. England. (*Quart. Journ. geol. Soc.*, t. XII, 1856, p. 38.) Traduit par d'ANDRIMONT, J., *Rev. univers. des Mines*, t. III, 1858, p. 88; t. IV, p. 353.
50. GOSSELET, J., *Réflex. sur le gisem. de la houille dans le dép. du Nord et le Pas-de-Calais*, 2^e art.
51. — Deux sondages en Picardie. (*C. R. Acad. des Sc. de Paris*, 23 juillet 1906.)
52. GRAB, *Histoire de la rech. de la houille dans le Hainaut français. Valenciennes, 1847, 3 vol.*, A. Prignet, t. I.
53. HERMARY, J., La houille en Picardie. (*Ann. Soc. géol. du Nord*, t. XXXIII, 1904, p. 89.)
54. HIND, W., Excursion to N. Devon. (*Proceed. geologists' Assoc.*, t. XXI, 1909, p. 463.) — IDEM, Life zones in british carbonif. (*Rep. Brit. Assoc. f. adv. of Sc.*, 1904, p. 227.)
55. KAISIN, F., Etudes sur les caract. des roch. calcaires de Belg. (*Acad. roy. de Belg., Mémoires couronn.*, 2^e sér., t. VIII, 1927, p. 40.)
56. LAMBERT, G., Nouv. bassin dans le Limbourg hollandais. (*Ann. Soc. géol. de Belg.*, t. IV, 1876, M., p. 116.)
57. MARLIÈRE, R., Le sondage Léon Gravez. (*Ibid.*, t. LII, 1929, B., p. 17.)
58. — Contrib. à l'étude des form. second. et tert. du Bassin de Mons. (*Ibid.*, t. LVIII, 1934, M., pl. II.)
59. MICHOT, P., La bande silurienne entre Fosse et Bouffioulx. (*Ibid.*, t. LI, 1928, M., p. 37.)
60. OLRV, A., Topogr. souterr. du Bassin houill. du Boulonnais. (*Études des gîtes minér. de la France*, 1904.)
61. — Trav. de rech. et d'expl. dans le Boulonnais. (*Bull. service de la carte géol. de France*, t. XV, 1905, n^o 100.)
62. PRINGLE et PRUVOST, Synopsis of the geology of the Boulonnais. (*Proceed. of the geologists' Assoc.*, juillet 1923.)
63. PUMPELLY, R., Prelimin. rep. on iron ores and coalfields. (*Geol. Survey of Missouri*, 1872.)

64. PRUVOST, P., Aperçu stratigr. sur le Houiller du N. de la France. (*Bull. Soc. géol. de France*, 4^e sér., t. XXVIII, 1928, p. 441.)
65. — Subsidence et sédimentation. (*Soc. géol. de France. Livre jubilaire du Centenaire*, p. 545.)
66. — Sur l'exist. du Houiller à Merville. (*C. R. Acad. des Sc. de Paris*, t. CLXVIII, 1919, p. 94.) — IDEM, Note sur les résult. de sondages au S.-O. de Lille. (*Ann. Soc. géol. du Nord*, t. XLIII, 1924, p. 177.)
67. — Bass. houill. de la Sarre et de la Lorraine. (*Etudes des gîtes minér. de la France*. Lille, 1934, p. 157.)
68. RENIER, A., Les gisements houill. de Belg., 8^e suite. (*Ann. des Mines de Belg.*, t. XXII, 1921, p. 427.)
69. REYNOLDS, S., Progress in the study of Avonian of England. (*Rep. British Assoc. f. adv. of Sc.* Oxford, 1926, sect. C.)
70. — The rocks of the Avon. sect. (*Geol. Magaz.*, t. LVIII.)
71. REYNOLDS et SMITH, The carboniferous section at Cattybrook. (*Quart. Journ. géol. Soc.*, t. LXXXV, 1929, p. 1.)
72. RIGAUX, E., Not. géol. sur le Bas-Boullonnais. (*Mém. Soc. académ. de Boulogne*, t. XIV, 1889, *Mém.*)
73. SALÉE, A., C. R. excursion dans la vallée de la Méhaigne. (*Bull. Soc. belge de Géol.*, t. XXX, 1920, p. 197.)
74. SIBBLY, T., The carbonif. succession in the Forest of Dean. (*Geol. Magaz.*, 1912, p. 417.)
75. SOUBEYRAN, A., Topograph. souterr. du Bass. houill. du Pas-de-Calais. (*Etudes des gîtes minér. de la France.*)
76. STAINIER, X., Le Bass. houill. d'Assese. (*Bull. Soc. belge de Géol.*, t. XXXVIII, 1928, p. 113.)
77. — Sur la termin. orient. de la crête silurienne du Condroz. (*Ibid.*, t. VIII, 1894, p. v, 231.)
78. — Cailloux roulés intéress. du Houill. belge. (*Ibid.*, t. XXXIX, 1929, p. 57.)
79. — Le massif de Visé est-il un massif charrié? (*Ibid.*, t. XLI, 1931, p. 244.)
80. — La faille de Verviers. (*Ibid.*, t. XLIII, 1933, p. 286.)
81. — Le sondage de Kessel. (*Ibid.*, t. XLII, 1932, p. 50.)
82. — La bande silurienne du Condroz et la faille du Midi. (*Ibid.*, t. XXX, 1920, p. 63.)
83. — Le Bass. houill. du N. de la Belgique. (*Ibid.*, t. XVI, 1902, M., p. 77, pl. V.)
84. — Les plissements du Tertiaire sup. belge. (*Ibid.*, t. XXXVII, 1927.)
85. — Les calc. à crinoïdes du Houiller. (*Ibid.*, t. XXIX, 1919, p. 246.)
86. — The connex. between the N.-W. europ. coalfields. (*Trans. Inst. mining engtn.*, t. LI, 1916, p. 99, fig. 3.)
87. — Les débuts de nos connaiss. sur les failles de refoulem. (*Ann. Soc. scientif. de Bruxelles*, t. XL, 1920, p. 114.)
88. — Constit. géol. du soubassem. du Bass. de Paris. (*Ibid.*, t. LIII, 1933, p. 295.)

89. STAINIER, X., *Stratigraphie des ass. inf. du Houill. du Hainaut*. Jumet, 1932, P. Hosdain, 35 p., atlas de 153 pl.
90. — Struct. du bord S. du Bass. de Charleroi. (*Ann. des Mines de Belg.*, 2^e part., t. XVIII, 1913, p. 642; 4^e part., t. XXIII, 1922, p. 61.)
91. — Matér. pour l'ét. du Bass. de Namur, 4^e part. : L'extrém. Ouest du Bass. de Mons. (*Ibid.*, t. XXIX, 1928.)
92. — 2^e part. : Le Bass. de la Basse-Sambre. (*Ibid.*, t. XXVII, 1926, p. 491.)
93. — Le sondage de Wyvenheide. (*Ibid.*, t. XXIII, 1922, p. 394.)
94. — Relat. génétiq. entre les bass. houill. belg. (*Ibid.*, t. IX, 1904.)
95. — Relat. entre la compos. des charb. et les condit. de gisem. (*Ibid.*, t. V, 1900, p. 572.)
96. — Sur les recherches de sel en Campine. (*Ibid.*, t. XVI, 1911, p. 117.)
97. — Structure du bord Sud du Bass. de Charleroi. (*Ibid.*, 1^{re} part., t. XVIII, 1913, p. 213; 2^e part., t. XIX, 1914, p. 813.)
98. STEVENSON, J., Origin of the pennsylvanian anthracite. (*Bull. Soc. geol. of America*, t. V, 1893, p. 39.)
99. STRAHAN, A., Address at the anniversary meeting. (*Quart. Journ. geol. Soc.*, t. LXVII, 1913, p. LXX.)
100. — The coals of S. Wales, 2^e éd. (*Geol. Survey. The geology of the S. Wales coalf. Memoirs.*)
101. VAN WATERSCHOOT, The deeper geol. of the Netherlands... (*Mém. du Service officiel de recherches*. La Haye, 1909.)
102. WACHHOLDER, Die neueren Aufschlüsse... im Ruhrbezirk. (*Ber. über den VIII allgem. deutschen Bergmannstag z. Dortmund*, 1901, pl. I.)
103. WELSCH, F., The geol. struct. of central Mendips. (*Quart. Journ. geol. Soc.*, t. LXXXV, 1929, p. 51.) — IDEM, Eastern Mendips. (*Ibid.*, t. LXXXIX, 1933.)
104. WUNSTORF, W., Die linksrheinischen Steinkohlenbezirke Deutschl. (*Congrès stratigr. houill. de Heerlen*, 1927, p. 779.)
-

TABLE DES MATIÈRES

	Pages.
PREMIÈRE PARTIE. — <i>Comment découvre-t-on un nouveau bassin houiller ?</i>	25
§ 1. Principe de la continuité des bassins en direction	26
§ 2. Principe du parallélisme des plissements longitudinaux ...	32
§ 3. Principe des plis transversaux	35
§ 4. Principe de la récurrence des mouvements de l'écorce terrestre	37
§ 5. Principe des plis obliques et en relai	51
§ 6. Principe des grands effondrements	53
§ 7. Principe des grands charriages	57
§ 8. Principe paléographique	61
DEUXIÈME PARTIE. — <i>Y a-t-il encore, dans le Nord-Ouest de l'Europe, de nouveaux bassins houillers à découvrir ou des extensions importantes de bassins ?</i>	64
§ 1. Recherches des connexions entre les bassins du Nord-Ouest de la France et ceux du Sud de l'Angleterre	65
I. — Bassins du Pas-de-Calais	65
Première proposition : Application de la paléogéographie...	67
A. Époques silurienne et dévonienne	68
B. Histoire des mouvements du sol, dans le bassin de Namur et l'anticlinal Brabant-Galles du Sud, depuis le début du Dévonien moyen	69
C. Époque dinantienne :	
a) Belgique... ..	72
b) Angleterre	75
Bassin des South-Wales	76
Bassin de Bristol	83
D. Époque houillère :	
a) Belgique... ..	85
b) Angleterre	90
Bassin des South-Wales	90
Bassin de Bristol et autres bassins malverniers ...	99

Application aux bassins Nord-Ouest de la France	101
1 ^{re} conclusion : Bassin du Nord	102
2 ^e conclusion : Bassin du Pas-de-Calais	103
3 ^e conclusion : Lambeaux de Merville et de Seclin	108
4 ^e conclusion : Bassin houiller du Boulonnais	110
5 ^e conclusion : Bassin du Calaisis	114
Deuxième proposition : Conséquences du ridement hercynien... ..	116
A. Étude de la grande faille du Midi	117
B. Étude des plis transversaux et des plis obliques	126
C. Étude du parallélisme des plis	130
D. Étude des grands effondrements... ..	131
E. Étude de la récurrence des mouvements de l'écorce ...	131
F. Conclusions générales	131
II. — Bassins du Sud de l'Angleterre	138
III. — Bassins houillers de Picardie	142
A. Le bassin de Dinant en Belgique... ..	144
B. Le bassin de Dinant en France	148
C. Le bassin de Dinant en Angleterre	153
§ 2. Y a-t-il encore du Houiller inconnu en Belgique?	154
I. — Région du massif du Brabant	155
II. — Régions voisines de la grande faille du Midi	157
A. Hainaut	157
a) Basse-Sambre et Condroz	158
b) Extrémité occidentale de la bande silurienne	159
c) Extrémité orientale de la bande silurienne	162
B. Région du Pays de Liège	166
CONCLUSION FINALE	176
ANNEXE N° 1. <i>Justification des tracés de la carte</i> (pl. II)	176
ANNEXE N° 2. <i>La faille du Midi à l'Est de Liège</i>	179
LISTE DES SONDAGES REPÉRÉS SUR LA CARTE	181
BIBLIOGRAPHIE	182

