45.7, 18

(3 Vols) 150x3

12632

LA

FACE DE LA TERRE

(DAS ANTLITZ DER ERDE)

TOME III (2e partie)

FAC. N. FILOSOFIA - BIBLIOTECA

BIBLIOTECA

LIBRAIRIE ARMAND COLIN

La Face de la Terre (*Das Antlitz der Erde*), par **ED. SUESS**, traduit de l'allemand et annoté sous la direction de Emm. de Margerie, de l'Académie des Sciences, avec une *Préface* par Marcel Bertrand, de l'Académie des Sciences.

Tome I. — **Les Montagnes.** In-8° de xvi-836 pages, avec *2 cartes en couleur* et *122 figures*, dont 76 exécutées pour l'édition française, broché.

Tome II. — **Les Mers.** In-8° de 878 pages, avec *2 cartes en couleur* et *128 figures*, dont 85 exécutées pour l'édition française, broché.

Tome III. — **La Face de la Terre** : 1re Partie. In-8° de xii-530 pages, avec *3 cartes en couleur* et *94 figures*, dont 67 exécutées pour l'édition française, broché.

— 2e Partie. In-8° de xii-426 pages, avec *2 cartes en couleur* et *124 figures*, dont 101 nouvelles (89 exécutées spécialement pour l'édition française), broché.

— 3e Partie. In-8° de xii-404 pages, avec *1 carte en couleur*, *2 planches* et *92 figures*, dont 80 exécutées spécialement pour l'édition française, broché.

— 4e Partie (*Fin*). Avec un *Épilogue* par P. Termier, de l'Académie des Sciences. In-8° de xvi-364-258 pages, avec *2 cartes en couleur*, *3 planches* et *115 figures*, dont 90 exécutées spécialement pour l'édition française.

A cette 4e *partie* du Tome III sont jointes les *Tables générales* de l'ouvrage.

FAC. FILOSOFIA
BIBLIOTECA
1940

LA FACE DE LA TERRE

(DAS ANTLITZ DER ERDE)

PAR

ED. SUESS

ANCIEN PROFESSEUR DE GÉOLOGIE A L'UNIVERSITÉ DE VIENNE (AUTRICHE)
ASSOCIÉ ÉTRANGER DE L'INSTITUT DE FRANCE (ACADÉMIE DES SCIENCES)

TRADUIT DE L'ALLEMAND, AVEC L'AUTORISATION DE L'AUTEUR
ET ANNOTÉ

SOUS LA DIRECTION DE

EMM. DE MARGERIE
MEMBRE DE L'ACADEMIE DES SCIENCES

TOME III (2e PARTIE)

AVEC 2 CARTES EN COULEUR ET 124 FIGURES
dont 101 nouvelles (89 exécutées spécialement pour l'Édition française)

Troisième Tirage

O.
551.14
S944F
V.3
PT. 2

LIBRAIRIE ARMAND COLIN
103, BOULEVARD SAINT-MICHEL, PARIS
1939

Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays.

Valéria

UFRJ
Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza
Biblioteca Central
N.º REGISTRO | DATA
001261-0 07/11/78
Doação - FNF

PREMIER TIRAGE, 1911. — DEUXIÈME TIRAGE, 1921.

TROISIÈME TIRAGE, 1939.

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

QUATRIÈME PARTIE

LA FACE DE LA TERRE (SUITE)

CHAPITRE X

Pénétration des Altaïdes en Europe.

Altaïdes Européennes, p. 531. — Le horst d'Azov, p. 540. — Prolongement du Caucase, p. 549. — Crimée et Plate-forme Bulgare, p. 552. — Balkans et Carpathes, p. 554. — La lisière des Carpathes au Sud-Est, p. 565. — La Chaine Cimmérienne, p. 569. — Coup d'œil général, p. 572. — Fractures varisques, p. 573 : 1° Accidents en rapport avec le plissement, p. 575; 2° Accidents d'origine étrangère : fractures N. ou N.N.E. (fractures rhénanes ou africaines), p. 580; fractures W.N.W. ou N.W. (fractures hercyniennes ou asiatiques, alignements de Karpinsky), p. 584.

CHAPITRE XI

Armorique et Altaïdes Américaines.

La bordure Ouest du Plateau Central, p. 595. — La Bretagne, p. 599. — Élargissement du Bassin de Londres, p. 609. — Altaïdes Transatlantiques, p. 617. — Relations pré-carbonifères, p. 619. — Succession des couches dans le terrain carbonifère, p. 624. — Les Appalaches jusqu'au Mississipi, p. 630. — Caractères atlantiques et caractères pacifiques, p. 640. — Les Appalaches au delà du Mississipi, p. 651. — Conclusion : l'Océan Atlantique Nord, p. 660.

CHAPITRE XII

Altaïdes Africaines.

La mer intérieure africaine, p. 663. — Le Sahara Central, p. 669. — Altaïdes du Sahara, p. 682. — Le Haut-Atlas, p. 686.

CHAPITRE XIII

Les Alpes. — I. Partie Occidentale.

Situation des Alpes, p. 693. — Développement des recherches, p. 695. — Division des Alpes, p. 698. — Zone du Mont-Blanc, p. 699. — L'éventail houiller et la zone du Briançonnais, p. 702. — Lambeaux de recouvrement, p. 708. — Glaris, p. 718. — Simplon et Tessin, p. 725. — Jusqu'à la Doire Baltée, p. 731. — Zone d'Ivrée et Massif de la Dent Blanche, p. 736. — De la Doire Baltée au Gesso, p. 746. — Jusqu'à la Mer, p. 750. — Les Alpes en Corse, p. 756. — Relations avec l'Apennin, p. 760.

CHAPITRE XIV

Les Alpes. — II. Partie Orientale.

Limite Sud des Alpes Orientales, p. 771. — Nappes lépontiennes, p. 775. — Silvretta, p. 779. — Alpes de la Mur, p. 785. — Oetzthal. Ortler, p. 792. — Disgrazia et Bernina, p. 795. — Laas, p. 799. — Les Tauern, p. 801. — Les Alpes Calcaires Orientales, p. 815. — Le Flysch et la bordure lépontienne, p. 826.

CHAPITRE XV

Altaïdes posthumes.

P. 837. I. *Les Alpes.* La nappe austro-alpine, p. 838; les nappes lépontiennes, p. 841; la nappe helvétique, p. 844; remarques générales, p. 846. — *Prolongement des Alpes vers le Nord-Est et vers l'Est*, p. 847 : Haute-Hongrie, p. 848; Tatra, p. 849; zone des Klippes, p. 851; zones externes des Carpathes, p. 854. — *Prolongement des Alpes vers le Sud et vers le Sud-Ouest*, p. 859 : Apennins et Chaîne Métallifère, p. 861; Calabre, p. 864; Sicile, p. 869; l'Atlas Méditerranéen, p. 873; Cordillère Bétique, p. 886; Baléares, p. 890. — II. *Les plis Provençaux*, p. 894; Montagne Noire, p. 895; Montagnes Catalanes, p. 895; Provence, p. 896; Basses-Cévennes, p. 899; Corbières, p. 901. — III. *Pyrénées*, p. 902; le Nord, p. 904; Hautes Pyrénées, p. 913; Basses Pyrénées, p. 918; l'Ouest et le Sud, p. 920; Coup d'œil général, p. 923.

CHAPITRE XVI

Laurentia et Iles Nordiques.

1. La Chaîne des États-Unis, p. 927. — 2. Laurentia, p. 931; Groenland, p. 936. — 3. Iles de l'Atlantique Nord, p. 942; Islande, p. 950.

TABLE DES PLANCHES ET FIGURES[1]

Pages

Pl. IV. *Croquis tectonique du Massif Bohémien, d'après Franz E. Suess. . . 578
Pl. V. *Nappes de recouvrement des Carpathes Roumaines (Région du Flysch et Zone sub-carpathique), par L. Mrazec et J. Popescu-Voiteşti. . . 594
Pl. VI. *Esquisse géologique du Haut-Atlas Occidental, d'après Louis Gentil. 690
Pl. VII. *Extension des Nappes de recouvrement dans les Alpes, d'après l'état de la Science en 1908. 926

Fig. 95. *Croquis tectonique du Portugal, d'après P. Choffat. 537
— 96. *Coupe de la Chaîne de l'Arrabida, d'après P. Choffat. 539
— 97. *Croquis tectonique de la Russie méridionale, d'après V. Laskarev. 541
— 98. *Esquisse tectonique de la partie Nord-Ouest du Bassin de Donetz, d'après A. Borissjak. 547
— 99. Le Détroit de Kertch, d'après Androussov. 551
— 100. *Croquis tectonique des Balkans, d'après J. Cvijic 555
— 101. *Carte géologique du Plateau de Mehedintzi, des Monts de la Cerna et du Miroci Planina, d'après G. M. Murgoci 559
— 102. *La zone sub-carpathique en Olténie, d'après G. Murgoci 563
— 103. L'éperon de Valeni, d'après Mrazec. 567
— 104. *Évolution de la Chaîne Cimmérienne au voisinage des Carpathes Orientales, d'après R. Zuber 571
— 105. *Failles morcelant la bande des diabases du Harz Occidental entre Osterode et le Clausberg, d'après M. Koch 578
— 106. *Failles de la région houillère du Lancashire, d'après les cartes du *Geological Survey* et W. Prinz. 579
— 107. *Le fossé Rhénan, d'après la carte de C. Regelmann. 581
— 108. *Croquis tectonique d'une partie des Sudètes : Environs de Glatz, d'après K. Flegel 589
— 109. Le bassin houiller de Döhlen (Saxe), d'après R. Hausse. 592
— 110. La bordure Ouest du Plateau Central près de Brive, d'après G. Mouret. 596

1. Les figures dont le titre est précédé d'un astérisque sont ajoutées à l'illustration de l'édition originale allemande (90 ont été exécutées spécialement pour l'édition française); les autres sont empruntées à l'édition allemande (F. Tempsky et G. Freytag, éditeurs, Vienne-Prague-Leipzig).

Pages.

Fig. 111. *Plissements des terrains secondaires du Bassin de l'Aquitaine, d'après Ph. Glangeaud 598
— 112. La péninsule armoricaine, d'après Ch. Barrois. 600
— 113. *Carte tectonique du bassin du Ménez-Bélair, d'après Ch. Barrois. . 601
— 114. Recoupement du synclinal du Ménez-Bélair par l'anticlinal de Dinan, d'après Ch. Barrois. 603
— 115. *Esquisse tectonique de la partie Nord-Est du Massif Armoricain, d'après A. Bigot. 605
— 116. *Carte géologique du synclinal cambro-silurien des Coëvrons, d'après D.-P. Oehlert 608
— 117. *Coupe du massif de Saint-Aubin-du-Cormier suivant le méridien de Dourdain, d'après Ch. Barrois 609
— 118. Les Malvern Hills, d'après J. Phillips. 610
— 119. Les Abberley Hills, d'après T. T. Groom. 611
— 120. *Accidents post-carbonifères du Sud de la Grande-Bretagne, d'après A. Strahan 615
— 121. *Extension de l'étage de Pottsville dans le bassin des Appalaches, d'après David White. 627
— 122. *Charriages du Sud des Appalaches. Coupe théorique passant par Buffalo Mountain (Tennessee), d'après A. Keith 636
— 123. Recouvrements de la bordure concave des Appalaches, d'après C. W. Hayes 638
— 124. *Coupes des recouvrements de la Georgie, d'après C. W. Hayes. . . 639
— 125. *Croquis du bassin houiller de Narragansett (Massachusetts et Rhode Island), d'après Shaler, Woodworth et Foerste. 641
— 126. *Coupe de la bande triasique du Connecticut, d'après W. M. Davis. 642
— 127. La bordure atlantique entre Washington et Baltimore, d'après la carte du *Maryland Geological Survey*. 644
— 128. Les plateaux crétacés du Texas, d'après R. T. Hill 648
— 129. La région des Novaculites de l'Arkansas, d'après L. S. Griswold. . 652
— 130. *Plis en chevrons de la région des Novaculites de l'Arkansas (Environs de Hot Springs), d'après John C. Branner et L. S. Griswold. 653
— 131. *Carte géologique des Arbuckle Mountains (Territoire Indien), d'après J. A. Taff 657
— 132. La Sierra Comanche et les Davis Mountains, d'après la carte de R. T. Hill. 660
— 133. *Le Moyen-Niger, d'après R. Chudeau. 667
— 134. *Les massifs anciens et les bassins de l'Afrique Occidentale, d'après R. Chudeau. 669
— 135. *Esquisse géologique du Sahara Central, d'après la carte de R. Chudeau 672-673
— 136. *Essai de schéma du Massif Central Saharien, d'après R. Chudeau. 675
— 137. *Carte géologique du Dahomey et dépendances, d'après H. Hubert. . 677
— 138. *Coupe de la chaîne volcanique de l'Aïr, d'après R. Chudeau. . . . 681
— 139. *Virgation des plis hercyniens du Sahara Central, d'après E.-F. Gautier. 685
— 140. *Croquis tectonique des Alpes Franco-Italiennes, d'après W. Kilian. 703
— 141. *Coupe transversale de la zone du Briançonnais le long de la vallée du Guil, d'après W. Kilian. 707

Pages.

Fig. 142. *Plis des Alpes Maritimes. Trois coupes à travers le faisceau du Littoral, d'après L. Bertrand 710
— 143. *Croquis tectonique d'une partie des Alpes Maritimes françaises, d'après L. Bertrand 711
— 144. Les lambeaux de recouvrement de Sulens et des Annes, d'après M. Lugeon 713
— 145. Plis couchés du Mont-Joly, d'après E. Ritter 715
— 146. *Les trois nappes helvétiques des Alpes de la Suisse Occidentale, d'après M. Lugeon. 717
— 147. *Coupes échelonnées du Schächenthal au Col du Klausen, d'après Alb. Heim. 721
— 148. *Coupe du flanc Nord de la Vallée du Lac de Walenstadt, d'après Arn. Heim 723
— 149. *Schéma de la Klippe du Roggenstock (Environs d'Iberg), d'après Edm. C. Quereau. 725
— 150. Coupe du tunnel du Simplon. Réduction d'un dessin communiqué par H. Schardt. 727
— 151. *Carte géologique de la région du Simplon, d'après C. Schmidt et H. Preiswerk 729
— 152. *Les langues nord-orientales du Massif du Tessin, d'après Alb. Heim 733
— 153. *Schéma des nappes de recouvrement de la Chaîne Pennine, d'après Ém. Argand. 735
— 154. *Coupe géologique du Mont Cervin, d'après Ém. Argand. 742
— 155. Les Alpes Cottiennes, d'après S. Franchi 747
— 156. *Coupe de Grenoble au Massif d'Ambin, d'après P. Termier 749
— 157. *Zone du Briançonnais. Coupe des lambeaux de recouvrement de l'Eychauda et de Serre-Chevalier, d'après P. Termier. 750
— 158. *Croquis tectonique de la Ligurie, d'après G. Rovereto. 753
— 159. *Carte géologique de la Corse, d'après J. Deprat. 761
— 160. *Carte géologique de l'Ile d'Elbe, d'après B. Lotti. 765
— 161. *Carte géologique des Collines de Turin, d'après F. Sacco 769
— 162. Coupe Est-Ouest à travers la région tertiaire du Vicentin, d'après un croquis de l'auteur 774
— 163. *Schéma montrant la succession des nappes de recouvrement dans le Rhätikon, d'après W. von Seidlitz 778
— 164. *Coupe du Prättigau à la fenêtre de Gargellen (Rhätikon), d'après W. von Seidlitz 780
— 165. *Croquis tectonique d'une partie de la Basse-Engadine, d'après W. Schiller 781
— 166. *Coupe de la vallée de l'Inn au Piz Sesvenna (Basse-Engadine), d'après W. Schiller. 782
— 167. *Répartition des Roches vertes dans la Suisse Orientale et les régions voisines, d'après G. Steinmann 784
— 168. *Carte géologique des Environs du Semmering, d'après Fr. Toula. . 789
— 169. *Coupe à travers le Massif de l'Ortler, d'après P. Termier. 793
— 170. *Coupe de la Valteline au Münsterthal, d'après P. Termier. 794
— 171. *Coupe du Tribulaun au Tuxerkern (Brenner), d'après P. Termier. 803
— 172. *Carte géologique de l'extrémité occidentale des Hohe Tauern (Zillerthal), d'après F. Becke et F. Löwl. 804

Pages.

Fig. 173. *Coupe à travers l'extrémité occidentale des Hohe Tauern et la plaine de Sterzing, d'après P. Termier. 805
— 174. *Coupe du Muttenjoch au Kraxentrager (Brenner), d'après P. Termier. 807
— 175. *Croquis tectonique des Radstädter Tauern, d'après V. Uhlig. . . . 808
— 176. *Coupe des nappes des Radstädter Tauern, d'après V. Uhlig 809
— 177. *Coupe longitudinale du gîte de sel de Hallein (Salzbourg), d'après A. Aigner. 817
— 178. *Coupe du Sonnwendjoch au Rofan, d'après Fr. Wähner. 819
— 179. *Stéréogramme du Karwendelgebirge, d'après W. Hammer et O. Ampferer. 821
— 180. *Déferlement des plis crétacés du Säntis sur le Flysch et la Mollasse, d'après Alb. Heim. 827
— 181. *Terminologie des nappes de recouvrement, d'après M. Lugeon. . . 849
— 182. *Klippes alignées de Falstin et de Czorstyn (Hongrie et Galicie), d'après V. Uhlig. 852
— 183. *Klippes en amas de Jarembina (Comitat de Szepes, Hongrie), d'après V. Uhlig 852
— 184. *Les Klippes de Krempach (Comitat de Szepes, Hongrie). Vue prise de l'Ouest, d'après V. Uhlig 853
— 185. *Carte schématique des nappes des Carpathes, d'après V. Uhlig. . . 857
— 186. *Coupe au Nord-Ouest du Monte Pisano (Toscane), d'après B. Lotti . 860
— 187. *Coupe de Muro Lucano à la plaine du Vulture (Basilicate), d'après G. De Lorenzo. 863
— 188. *Plis couchés des Environs de Taormina (Sicile), d'après M. Limanowski 871
— 189. *Croquis tectonique de la Tunisie Centrale, d'après L. Pervinquière 874
— 190. *Schéma tectonique du bassin de la Tafna (Algérie), d'après L. Gentil 875
— 191. *Coupe des plissements du Massif de Blida, d'après E. Ficheur. . . 877
— 192. *Croquis tectonique des Chaînes du Sud Algérien, d'après E. Ritter. 881
— 193. *Vue du front septentrional de la Peña Rubia (province de Murcie), d'après R. Nicklès 888
— 194. *Lambeaux de recouvrement des Environs de Jaen (Andalousie), d'après R. Douvillé 889
— 195. *Croquis tectonique de l'Archipel Baléare, d'après H. Nolan. 891
— 196. *Coupe de la Chaîne de la Sainte-Baume à la Bourine (Basse-Provence), d'après M. Bertrand 897
— 197. *Coupe des terrains traversés par la Galerie de la Mer, entre le bassin de Fuveau et la Chaîne de l'Étoile, d'après H. Domage et A. Boistel. 898
— 198. *Coupe de l'écaille plissée du Roucan (Hérault), d'après R. Nicklès . 900
— 199. La vallée de l'Aude et les Corbières, d'après Emm. de Margerie . . 901
— 200. *Croquis tectonique de la partie Nord-Est des Pyrénées, d'après L. Bertrand 905
— 201. *Coupes structurales des Pyrénées Ariégeoises, d'après L. Bertrand. 909
— 202. *Croquis des Rochers de la Plage, au Sud de Biarritz, d'après H. Douvillé et L. Bertrand 912
— 203. *Coupe de la bande crétacée des Environs des Eaux-Chaudes, d'après A. Bresson 915

Pages.

Fig. 204. La frontière franco-espagnole aux Environs de Gavarnie, d'après la feuille de *Luz* de la Carte géologique de la France 916
— 205. *Coupe de la nappe de recouvrement des Environs de Gavarnie, d'après A. Bresson. 917
— 206. *Esquisse tectonique de la partie orientale des Pyrénées Basques, (feuilles de *Mauléon* et d'*Urdos*), d'après L. Bertrand. 918
— 207. *Coupes des Pyrénées Basques au Sud de Tardets, d'après L. Bertrand. 919
— 208. *Carte géologique des Environs de Sainte-Engrace (Basses-Pyrénées), d'après A. Bresson 920
— 209. *Coupe des lambeaux de recouvrement situés au Sud de Sainte-Engrace, d'après A. Bresson. 921
— 210. *Carte géologique des Terres d'Ellesmere et Heiberg (Archipel Polaire Nord-Américain), d'après P. Schei. Tracé des côtes d'après O. Sverdrup et G. Isachsen 929
— 211. *Carte géologique d'une partie de la côte orientale du Groenland, d'après O. Nordenskjöld 939
— 212. *Profondeurs du Bassin Polaire Arctique, d'après F. Nansen. . . . 943
— 213. *Carte géologique de l'Ile aux Ours (Beeren Eiland), d'après J. G. Andersson. 947
— 214. Le rocher basaltique de Dun Beag (Écosse), d'après A. Geikie . . . 949
— 215. La presqu'île nord-occidentale de l'Islande, d'après Th. Thoroddsen. 953
— 216. Extension de quelques tremblements de terre en Islande, d'après Th. Thoroddsen 955

Ont collaboré à la traduction du Tome III (2e Partie) :

MM. Baulig (Henri), assistant de Géographie à la Faculté des Lettres de l'Université de Paris.

Jacob (Ch.), Docteur ès Sciences, Maître de conférences à la Faculté des Sciences de l'Université de Bordeaux.

Lemoine (Paul), Docteur ès Sciences, chef des travaux de Géologie au Laboratoire colonial du Muséum d'Histoire Naturelle, Préparateur à l'École des Mines.

Toutes les indications ajoutées par les traducteurs, dans le texte ou en notes infrapaginales, ont été mises entre crochets [. . . .].

Les renvois aux pages des Tomes I, II et III (1re Partie) s'appliquent à l'édition française.

Sauf indication contraire, les longitudes, dans le texte et sur les cartes, sont rapportées au méridien de Greenwich.

Les notes et références bibliographiques ont été traduites, vérifiées sur les documents originaux et mises à jour par Emm. de Margerie.

CHAPITRE X

PÉNÉTRATION DES ALTAÏDES EN EUROPE[1]

Altaïdes européennes. — Le horst d'Azov. — Prolongement du Caucase. — Crimée et Plate-forme Bulgare. — Balkans et Carpathes; la lisière des Carpathes au Sud-Est. — La Chaîne Cimmérienne. — Coup d'œil général. — Fractures varisques : 1° accidents en rapport avec le plissement; 2° accidents d'origine étrangère : fractures N. ou N.N.E. (rhénanes ou africaines); fractures W.N.W. ou N.W. (hercyniennes ou asiatiques), alignements de Karpinsky.

Altaïdes européennes. — L'Europe presque toute entière fait partie de l'édifice asiatique. L'accident calédonien (II, p. 116; III, p. 514) en forme la limite; les Hébrides Occidentales, qui viennent ensuite, ainsi qu'un certain nombre des péninsules écossaises, appartiennent à un autre élément, l'élément atlantique (III, p. 512). La région volcanique de l'Islande, avec Jan Mayen, les Färöer, Saint-Kilda et un prolongement qui s'avance jusque dans le Nord-Est de l'Irlande, occupe en partie le domaine atlantique et en partie la zone de l'accident calédonien. Tout le reste de l'Europe doit être attribué à l'édifice asiatique.

Jusqu'à présent, nous avons parlé de deux des éléments asiatiques de l'Europe : les Dinarides (III, p. 416) et la Plate-forme Russe avec les Ouralides (III, p. 472).

Les Dinarides font partie des arcs périphériques de bordure, et la Plate-forme Russe a été regardée, dans cet ouvrage, comme un fragment du faîte du Baïkal (Saïan). Dans l'intervalle s'étendent, dans l'Ouest de l'Asie, les chaînes des Altaïdes Occidentales; elles s'avancent jusqu'à la limite de l'Europe, et dans l'Europe même elles sont représentées par un vaste système de montagnes, qui est encore reconnais-

[1. Traduit par Emm. de Margerie.]

sable au delà de l'Océan Atlantique et au delà de la Méditerranée. Nous le considérons, en raison de sa position et de beaucoup d'autres circonstances, comme le prolongement naturel des Altaïdes de l'Asie; aussi le désignons-nous sous le même nom[1].

Nous allons maintenant partir de la continuité des horsts antépermiens en Europe (II, p. 208), et nous appuyer sur l'esquisse (I, p. 611, fig. 89) dans laquelle j'ai essayé d'indiquer les relations existant entre les chaînes asiatiques et les chaînes européennes; nous tiendrons compte également du schéma des lignes directrices alpines (I, p. 302, fig. 51), où les Dinarides ont été représentées séparément (I, p. 659), et du croquis du tome I (p. 643, fig. 96), qui ajoute à cet ensemble les Balkans et les Carpathes Roumaines.

Dans l'Asie Occidentale se fait jour peu à peu une diversité sensible des directions entre les lignes orientées N.W., qui restent fidèles à l'allure du faîte, et les lignes qui, partant principalement du Tien-Chan, s'infléchissent davantage vers l'W.N.W. Cette divergence finit par devenir si considérable, que les annexes les plus jeunes des Ouralides, les Erghéni, rencontrent presque à angle droit la direction du Caucase, qui est lui-même un rameau des Altaïdes (III, p. 476).

L'Asie possède, comme l'Europe, des plis plus anciens et des plis plus récents que le Carbonifère supérieur ou le Permien; ils se séparent souvent par une discordance; mais, en Asie, les plis plus récents font encore partie des mêmes montagnes et *n'occupent pas dans l'espace un domaine particulier*. Les observations de Merzbacher et de Keidel sur la rivière Kok-Chal, dans le Sud du Tien-Chan, nous en fournissent un exemple : on y observe, dès la base du Carbonifère inférieur, une discordance aussi nette que dans la Bretagne ou en Silésie, et le mouvement qui correspond à la base du Carbonifère supérieur y est

1. Ce que l'on entend ici par « Altaïdes » n'est pas identique avec la désignation fréquemment employée d' « hercynienne ». Marcel Bertrand dit : « Le mot de *chaîne hercynienne*, que j'ai proposé pour l'ensemble des plissements carbonifères du Nord de l'Europe, a été critiqué non sans raison, puisque le sens que je lui ai donné est une extension et, par suite, une déviation de son sens primitif. Je continue à l'employer, sans le défendre, en attendant qu'on en ait proposé un meilleur. » (*Sur la continuité du phénomène de plissement dans le bassin de Paris*; Bull. Soc. Géol. de Fr., 3e sér., XX, 1892, p. 119, note 3). Le nom a été étendu, depuis, à des chaînes anté-permiennes situées dans beaucoup d'autres parties de la Terre. Il fut créé par l'inoubliable maître pour marquer, avant toute chose, une antithèse avec les Alpes.

En définissant son « herzynisches System », Léopold de Buch avait en vue surtout la direction N.W. (orographique); Marcel Bertrand s'appuyait sur l'âge des accidents tectoniques. Dans le présent ouvrage, où il s'agit de déterminer les grandes lignes de la structure, le fait considéré comme essentiel est la liaison avec l'Altaï (III, p. 250-251); et il existe un grand nombre de chaînes anté-permiennes qui n'appartiennent pas aux Altaïdes : tel est, en Europe, le soubassement Carnique des Dinarides. Il aurait d'ailleurs été difficile de nous servir, ici, d'un terme qui continue à être employé dans un sens différent, conforme à son acception primitive (voir, par exemple, R. Lepsius, *Geologie von Deutschland*).

également reconnaissable. Des interruptions se sont produites, mais dans l'ensemble, le plissement s'y est répété suivant les mêmes lignes, et une bordure externe commune est poussée vers le Sud par-dessus les couches du Gobi[1]. Un exemple semblable nous est offert dans l'arc marginal de l'Himalaya par la zone des Siwaliks. Beaucoup d'autres cas analogues pourraient être indiqués.

En Europe, il en est autrement.

Dans la partie méridionale de la Plate-forme Russe, celle que les géologues russes désignent sous le nom de « horst d'Azov », surviennent deux modifications importantes.

Les chaînes des Altaïdes, plissées jusque-là vers le Sud, se montrent désormais plissées vers le Nord; et cette inversion est *d'autant plus remarquable que les prolongements de la Chaîne du Timan-Kanin au Nord, et aussi les Dinarides au Sud, conservent jusqu'en Europe le plissement asiatique vers le Sud*, de telle sorte que, dans l'intervalle, les Altaïdes apparaissent comme une exception.

La seconde modification consiste en ce que les chaînes qui sont plus récentes que le Carbonifère supérieur ou le Permien *se séparent nettement dans l'espace*. Elles sont presque exclusivement cantonnées dans les dépressions des Altaïdes, encadrées de lignes qui, très souvent, sont obliques à la direction des Altaïdes. On peut regarder ces *chaînes encadrées* comme des Altaïdes posthumes. Les Chaînes Alpines (Alpides) en représentent le terme principal.

Les Alpides possèdent une bordure tertiaire. Dans la zone varisque, au Nord des bassins houillers de la Belgique, par exemple, on n'observe rien d'analogue. D'une façon générale, d'ailleurs, des plissements récents ne sont visibles que très rarement dans les horsts des Altaïdes de l'Europe et leur amplitude y est médiocre. *Il semble que le cadre soit devenu rigide et que le plissement, à partir du Carbonifère supérieur, se soit restreint aux aires affaissées.*

Nulle part, sur le globe, on ne connaît encore de cas analogue, sauf peut-être en Mandchourie, où des fragments anciens, plissés pour leur compte, ont été signalés au milieu des plis plus récents.

Ces deux modifications ont besoin, l'une et l'autre, de quelques commentaires.

La longue chaîne des Monts Adak (III, p. 491) suit jusqu'au Nord de l'Oussa, à travers la Bolchesemelskaïa Toundra, la direction de la chaîne majeure de l'Oural, qui, dans ces parages, est presque exactement N.E.[2]. Puis les Ouralides envoient au N.W., vers la Novaïa

1. H. Keidel, *Geologische Untersuchungen im Südlichen Tian-Schan*, etc. (Neues Jahrb. f. Min., Beilage-Bd. XXII, 1906, p. 266-384, pl. XIV : carte); en particulier p. 277.

2. Th. Tschernyschew, *Quelques nouvelles données sur la géologie de la Bolchesemelskaïa*

également reconnaissable. Des interruptions se sont produites, mais dans l'ensemble, le plissement s'y est répété suivant les mêmes lignes, et une bordure externe commune est poussée vers le Sud par-dessus les couches du Gobi [1]. Un exemple semblable nous est offert dans l'arc marginal de l'Himalaya par la zone des Siwaliks. Beaucoup d'autres cas analogues pourraient être indiqués.

En Europe, il en est autrement.

Dans la partie méridionale de la Plate-forme Russe, celle que les géologues russes désignent sous le nom de « horst d'Azov », surviennent deux modifications importantes.

Les chaînes des Altaïdes, plissées jusque-là vers le Sud, se montrent désormais plissées vers le Nord; et cette inversion est *d'autant plus remarquable que les prolongements de la Chaîne du Timan-Kanin au Nord, et aussi les Dinarides au Sud, conservent jusqu'en Europe le plissement asiatique vers le Sud*, de telle sorte que, dans l'intervalle, les Altaïdes apparaissent comme une exception.

La seconde modification consiste en ce que les chaînes qui sont plus récentes que le Carbonifère supérieur ou le Permien *se séparent nettement dans l'espace*. Elles sont presque exclusivement cantonnées dans les dépressions des Altaïdes, encadrées de lignes qui, très souvent, sont obliques à la direction des Altaïdes. On peut regarder ces *chaînes encadrées* comme des Altaïdes posthumes. Les Chaînes Alpines (Alpides) en représentent le terme principal.

Les Alpides possèdent une bordure tertiaire. Dans la zone varisque, au Nord des bassins houillers de la Belgique, par exemple, on n'observe rien d'analogue. D'une façon générale, d'ailleurs, des plissements récents ne sont visibles que très rarement dans les horsts des Altaïdes de l'Europe et leur amplitude y est médiocre. *Il semble que le cadre soit devenu rigide et que le plissement, à partir du Carbonifère supérieur, se soit restreint aux aires affaissées.*

Nulle part, sur le globe, on ne connaît encore de cas analogue, sauf peut-être en Mandchourie, où des fragments anciens, plissés pour leur compte, ont été signalés au milieu des plis plus récents.

Ces deux modifications ont besoin, l'une et l'autre, de quelques commentaires.

La longue chaîne des Monts Adak (III, p. 491) suit jusqu'au Nord de l'Oussa, à travers la Bolchesemelskaïa Toundra, la direction de la chaîne majeure de l'Oural, qui, dans ces parages, est presque exactement N.E. [2]. Puis les Ouralides envoient au N.W., vers la Novaïa

1. H. Keidel, *Geologische Untersuchungen im Südlichen Tian-Schan*, etc. (Neues Jahrb. f. Min., Beilage-Bd. XXII, 1906, p. 266-384, pl. XIV : carte); en particulier p. 277.

2. Th. Tschernyschew, *Quelques nouvelles données sur la géologie de la Bolchesemelskaïa*

Zemlia, un rameau passant par l'Ile de Vaigatz et un second dans la direction Timan-Kanin (III, p. 497). Dès 1891, Reusch a remarqué que, sur les bords du Varanger et du Tanafjord, des grès bruns et gris et des schistes, qui se montrent plissés, représentent le prolongement des roches observées par Böthlingk à la Presqu'île des Pêcheurs, au large de la côte Nord de la Péninsule de Kola. En même temps, on y a trouvé des intercalations de blocs polis et striés[1]. On regardait alors ces grès comme affaissés en contre-bas des terrains primitifs situés au Sud; mais Ramsay a reconnu depuis, sur la côte Nord de Kola, que ces grès appartiennent réellement à la bordure d'une chaîne plissée du Nord au Sud, qui n'est autre que le prolongement de la chaîne des Monts Timan.

L'Ile Kildin est la première trace de ce bord montagneux. La Presqu'île des Pêcheurs en constitue un second reste: dans l'étranglement qui sépare le Srednii Pouostrov (la « Presqu'île du Milieu ») du continent passe la limite avec les formations archéennes. La direction est N.N.W.; le plongement des couches au N.E. indique un chevauchement de la bordure[2].

Les recherches de Dal nous apprennent que ces plis occupent toute la largeur de la Presqu'île de Varanger jusqu'au Tanafjord[3].

L'âge de ces grès est inconnu; on suppose qu'ils sont dévoniens. Ils sont, en tout cas, postérieurs aux mouvements calédoniens du Nord de la Norvège, car leurs plis croisent la direction de ces derniers.

Dans le Nord de l'Europe dominent, par conséquent, des mouvements dirigés vers le Sud. Il est inutile d'insister sur leur prépondérance au Sud, dans les Dinarides. Le plissement, dirigé vers le Nord, de la partie des Altaïdes située à l'Ouest du Horst d'Azov est bien, par conséquent, une exception, qui se maintient jusqu'au delà de l'Océan Atlantique.

Il nous faut maintenant considérer les champs d'affaissement des Altaïdes et les horsts qui les délimitent, ceux-là mêmes qui en forment le cadre.

Toundra, r. (Bull. Acad. Imp. Sc. St.-Pétersbourg, VIe série, 1907, p. 205-208). — Le Pytkov (et non Poutkov) Kamen, à l'Est de l'embouchure de la Petchora (III, p. 491), est formé de schistes à séricite, comme la Presqu'île de Kanin.

1. H. Reusch, *Det nordlige Norges geologi* (Norges Geol. Undersögelse, n° 4, 1892, p. 22-51 [résumé anglais, p. 198-200]); voir aussi *Aarbog for 1891* (Ibid., n° 1, 1891, p. 78-85 [et angl., p. 97-100]). A. Strahan, *On Glacial Phenomena of Palæozoic Age in the Varanger Fiord* (Quart. Journ. Geol. Soc. London, LIII, 1897, p. 137-146, pl. VIII-X).

2. W. Ramsay, *Neue Beiträge zur Geologie der Halbinsel Kola* (Fennia, XV, 1899, n° 4, p. 6-11).

3. Adolf Dal, *Geologiske iagttagelser omkring Varangerfjorden* (Norges Geol. Undersögelse, n° 28, Aarbog f. 1896 til 99, Kristiania, 1900: n° 5, 16 p., résumé en anglais, carte); H. Reusch, *Ein Teil des timanschen Gebirgssystems innerhalb Norwegens* (Geogr. Zeitschrift, v. Hettner, VI, 1900, p. 391-392, carte).

Nous connaissons déjà les horsts de l'arc *varisque* et *armoricain* (II, p. 147 et 131).

Un autre fragment important des Altaïdes est la *Meseta Ibérique* (II, p. 198). Le bassin des Asturies (II, p. 201, fig. 40) a été considéré ici même comme la partie la plus interne d'une torsion plus ancienne, analogue au coude de Gibraltar. Termier croit pouvoir mieux en expliquer la structure par le charriage de nappes. Les observations futures en décideront. Tandis qu'une ligne allongée et presque droite, courant d'Oporto vers le S.S.E., jalonne la limite occidentale de la Meseta, du côté des terrains secondaires, on voit surgir en dehors de leurs affleurements, au large du Cap Carvoeiro, des îlots de granite et de gneiss, les *Barlengas*, comme s'il existait au-dessous de l'Océan un prolongement des roches anciennes.

La *Montagne Noire* est un rameau autonome des Altaïdes, incorporé au Sud du Plateau Central par des contours communs, mais qui se distingue de ce massif ancien par une direction différente (W.S.W.) et par des charriages évidents. Les Cévennes en sont le prolongement à l'E.N.E. Les montagnes des environs de Barcelone, au delà des Pyrénées, montrent une structure analogue. Nous aurons à considérer de plus près la Montagne Noire quand nous parlerons des Pyrénées.

Comme tous les horsts que nous venons de citer, la branche *Corsarde* atteste son appartenance aux Altaïdes par la superposition discordante du Carbonifère supérieur. Elle comprend la plus grande partie de la Corse et toute la Sardaigne, s'oriente S.S.E. et est visible sur 3 degrés 3/4 de latitude. Des transgressions mésozoïques spéciales la caractérisent; il y aura lieu d'y revenir en parlant de l'Apennin Septentrional.

Un massif autonome est formé par la Calabre et les Monts Péloritains, dans le Nord-Est de la Sicile. Il montre, au-dessus de ses terrains anciens, une transgression cénomanienne de type africain, dont les traces sont également connues en Sardaigne. On signale en Sicile de grands charriages, affectant des territoires entiers; mais on ignore s'ils influent, et jusqu'à quel degré, sur ce massif lui-même.

Outre les fragments cités, on voit surgir au milieu des chaînes de plissement plus jeunes des parties plus anciennes, encore reconnaissables. C'est le cas, en particulier, dans les Pyrénées, et aussi au Pelvoux, au Tœdi et sur d'autres points. Dans les Alpes Styriennes, on voit parfois la série fossilifère commencer avec les empreintes végétales du terrain houiller moyen ou supérieur.

Dans ces conditions, il est très difficile de se faire une idée de la structure primitive des Altaïdes Occidentales, et ce n'est que de façon tout à fait provisoire que l'on peut admettre, en se basant sur la

constitution des Appalaches, la situation de la Montagne Noire contre le Plateau Central et l'allure de leurs rameaux en Afrique, qu'elles ont dû former une grande virgation, s'ouvrant vers le Sud-Ouest et le Sud.

Les affaissements qui ont affecté ce grand édifice ne suffisent pas, en certains points de l'espace, pour les chaînes plus récentes se poussant l'une après l'autre; ailleurs, ces chaînes, dessinant de vastes courbes, laissent des espaces vides entre elles et le cadre irrégulier qui leur sert d'enveloppe, dans l'Allemagne du Sud par exemple. De même, le front méridional de la Meseta dépasse vers l'Ouest l'arc de Gibraltar [1]. Mais les nouveaux plis se dirigent en certains points perpendiculairement aux anciens; c'est ce qui arrive pour les Sudètes et pour le Haut-Atlas.

L'exemple le plus frappant de cet état de choses se présente dans les Alpes. Après les premières inflexions, si violentes, des Portes de Fer et du Sud-Est de la Transylvanie, les Carpathes débordent en décrivant un grand arc sur le Sud de la Plate-forme Russe et passent par-dessus les Sudètes. C'est seulement la Bohême Méridionale qui les fait rentrer dans le cadre des horsts varisques, ainsi qu'en un entonnoir. Désormais incapables de chevaucher sur l'avant-pays comme les Carpathes, ou de se décharger par l'émission d'une branche libre, les Alpes deviennent le siège des charriages les plus énergiques.

Les Alpes se terminent aux îles Baléares; mais il existe au Nord un nouveau champ d'affaissement, dans lequel prennent naissance les plis provençaux, qui vont se rattacher aux Pyrénées dans des circonstances particulières. De même, la Meseta, jusqu'au delà de Santander, n'atteint pas l'Océan : une chaîne de plis récents la limite de ce côté, — il s'agit là probablement du bord d'une nouvelle dépression.

Dans l'affaissement de l'Ouest du Portugal (fig. 95) se manifestent aussi des plissements récents. Là, le Culm, dont nous avons considéré la discordance comme le symptôme précurseur de la formation des Altaïdes, joue un rôle important dans la constitution de la Meseta. De nombreuses intrusions granitiques troublent le tableau, et l'on doit se méfier, plus encore qu'ailleurs, des conclusions tirées du simple examen de la surface. Il résulte des documents publiés par Choffat que la série plissée récente débute, comme dans le Nord des Alpes Orientales, avec

1. Th. Fischer, *Versuch einer wissenschaftlichen Orographie der Iberischen Halbinsel* (Petermanns Mitteil., XL, 1894, p. 249-256 et 277-285, pl. 17 : carte). D'après Choffat, une jonction avec la bordure, dans l'Algarve, n'est pas démontrée.

LÉGENDE DE LA FIGURE 95.

1. Archéen; 2. Précambrien et Cambrien; 3. Silurien et Dévonien; Carbonifère (H); 4. Roches éruptives anciennes (granite, etc.); 5. Bordure mésozoïque de la Meseta; 6. Roches éruptives post-crétacées; 7. Bassins tertiaires et alluvions; 8. Lignes de faîte; 9. Anticlinaux, etc.; 10. Synclinaux; 11. Failles et décrochements; 12. Effondrements. — Échelle de 1 : 3 000 000.

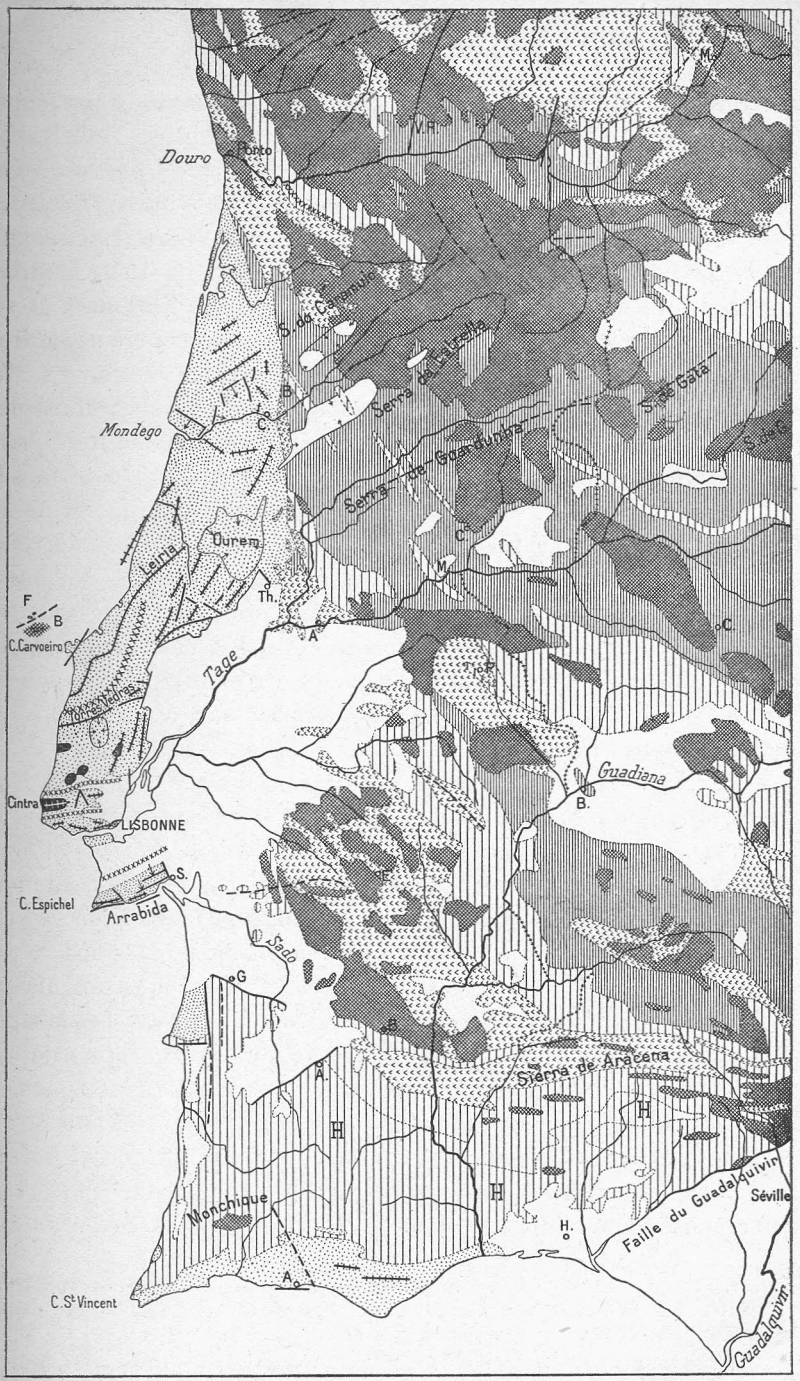


FIG. 95. — Croquis tectonique du Portugal, d'après P. Choffat (*Communicações do Serviço Geologico de Portugal*, Tom. VII, 1907).

le Trias, que les plis sont généralement peu saillants et assez courts, mais que, dans la Chaîne de l'Arrabida, qui atteint la mer au Cap Espichel [1], il se produit, sous l'influence de mouvements violents, une structure imbriquée, avec écailles faisant face au S.S.E. (fig. 96). Malheureusement, cette chaîne est si courte qu'il n'est guère possible de se prononcer sur l'importance que peut avoir cette direction exeptionnelle [2].

L'effondrement de Paris et de Londres présente également des plis récents (Weald, etc.).

La présence de ces plis posthumes récents dans les grandes dépressions des Altaïdes, même quand une jonction immédiate avec l'Asie

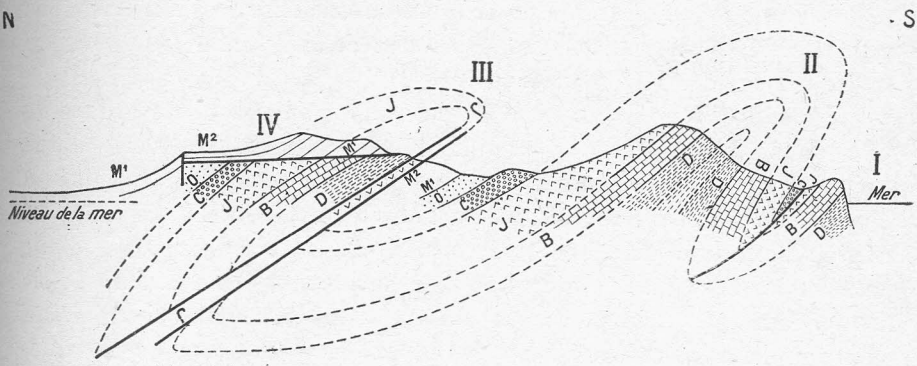


Fig. 96. — Coupe de la Chaîne de l'Arrabida d'après P. Choffat (*Notice sur la Carte hypsométrique du Portugal*. In-8°, Lisbonne, 1907, p. 48, fig. 1).

Les accidents successifs sont supposés ramenés sur une même ligne transversale. I. Pli et effondrement du littoral; II. Pli couché du Formosinho; III. Chevauchement de S. Luiz; IV. Chevauchement de Palmella. — D. Lias et Bajocien; B. Bathonien; J. Jurassique supérieur; C. Crétacique; O. Oligocène; M¹. Miocène inférieur; M². Miocène supérieur. — Échelle des longueurs, 1 : 80 000 environ.

manque, indique une force plissante très générale, qui ne se manifeste qu'à l'intérieur du cadre.

Il faut remarquer en outre que des affaissements analogues se sont produits même en dehors des Altaïdes. La dépression de Venise et celle de la Mer Egée se trouvent dans les Dinarides; un fragment de la table désertique africaine est effondré sous le Sud-Est de la Méditerranée. Mais aucun de ces effondrements situés en dehors des Altaïdes ne montre de plissement récent.

Les plissements alpins ont été précédés ou accompagnés par des affaissements qui, à en juger par les roches à Radiolaires, ont atteint

[1. Voir la belle monographie de P. Choffat, publiée par la Commission du Service Géologique du Portugal : *Essai sur la Tectonique de la Chaîne de l'Arrabida*. In-4°, 89 p., 10 pl. : cartes, coupes et photogr. Lisbonne, Impr. Nationale, 1908.]

2. P. Choffat, *Pli-faille et chevauchements horizontaux dans le Mésozoïque du Portugal* (C. R. Acad. Sc. Paris, CXLI, 1905, 2e sem., p. 335-337); et surtout : *Notice sur la Carte hypsométrique du Portugal* (Extr. des Communicações du Service Géol. du Portugal, VII, asc. I, 1907). In-8°, 71 p., 1 carte tectonique.

au moins 4 000 mètres à l'époque jurassique. Mais des affaissements ont également suivi le plissement. Le bassin de Vienne avec sa ceinture de sources thermales, la Hongrie avec l'arc de ses volcans tertiaires, le champ d'affaissement si bien délimité de l'Italie Occidentale, avec ses volcans, en sont des exemples. Nous nous sommes déjà demandé s'il ne se prépare pas encore aujourd'hui, dans l'effondrement tyrrhénien, un élargissement (I, p. 112). Des effondrements circulaires y ont pris naissance à une époque très tardive, par exemple dans le Roussillon. Dans certaines fenêtres, complètement isolées au milieu des Alpes, et qui, d'ailleurs, n'auraient pas pu résulter d'un affaissement, nous serons amenés à nous poser la question de savoir s'il n'existe pas dans les Alpes elles-mêmes un *plissement secondaire, à l'intérieur du cadre* (Secundäre Rahmenfatung).

Il résulte de ce qu'on vient de dire qu'aucune partie de la face de la Terre n'offre de plus grandes difficultés, pour qui veut la décrire d'une façon quelque peu ressemblante, que la partie des Altaïdes située à l'Ouest du horst d'Azov. Elle sera l'objet des chapitres suivants. La région pontique, où s'opère le contact direct avec l'Asie, est d'une telle importance qu'il y aura lieu d'en parler tout d'abord. Mais l'Asie ne pénètre pas seulement en Europe sous la forme de grandes chaînes plissées. Beaucoup de raisons tendent à prouver que certaines fractures allongées, s'orientant W.N.W. ou N.W. (« lignes de Karpinsky »), sont également de provenance asiatique.

Nous décrirons d'abord les environs de la Mer Noire et les lignes de Karpinsky.

Ensuite nous passerons aux Altaïdes d'Europe, avec leurs prolongements dans l'Amérique du Nord et dans le Nord de l'Afrique, et enfin viendra l'étude des chaînes plus récentes, enserrées dans ce cadre préexistant.

Le horst d'Azov. — Au Sud de la Plate-forme Russe (III, p. 508) s'individualise un horst. Ses limites ont été définies avec précision par Teisseyre [1] et Laskarev [2]. On le désigne sous le nom de *horst de Podolie* ou Plate-forme Podolienne (fig. 97).

La lisière des Carpathes porte l'empreinte de grands charriages.

1. W. Teisseyre, *Versuch einer Tektonik des Vorlandes der Karpathen in Galicien und in der Bukowina* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1903, p. 289-308); du même, *Der paläozoische Horst von Podolien und die ihn umgebenden Senkungsfelder* (Beitr. zur Geol. u. Paläont. Oesterr.-Ungarns u. des Orients, XV, 1903, p. 101-126, pl. XII-XIII : cartes).

2. V. Laskarev, *Recherches géologiques dans les districts d'Ostrog et de Doubno (Volhynie)*, r. f. (Bull. Comité Géol. St-Pétersbourg, XXIII, 1904, p. 425-461, pl. XIV); du même, *Notes sur la tectonique de la plate-forme cristalline de la Russie méridionale*, r. f. (Ibid., XXIV, 1905, p. 235-295, pl. V : carte).

1. Formations cristallines anciennes; 2. Terrains paléozoïques; 3. Roches éruptives (β, basaltes; δ, diabases; τ, trachytes); 4. Limite des plissements des Carpathes.

Accidents du horst podolien, d'après W. Teisseyre :
I. Ligne Berdo-Narol;
II. Ligne Tchernovtzy-Perkovtzy;
III. Ligne Kovalevka-Smykovtzy;
P. Dislocation de Peltcha;
R. Effondrement de Rovno;
K. Dislocation de Kanev;
I. Dykes diabasiques d'Issatchky;
ww. Faille de la Vistule;
aa, *a'a'*. Canal transversal du Dniestr (Golfe du Borysthène, N. Sokolov);
n, *ne*, *ss*, *b*, *c*. Bords Nord, Nord-Est, Sud et Sud-Ouest de la Plate-forme cristalline.

Principales localités :
1. Brykov; 2. Ostrog; 3. Zaslave; 4, Peltcha; 5. Rovno; 6. Klessov; 7. Lwow (Lemberg); 8. Kamenetz-Podolsk; 9. Iampol; 10. Kichinev; 11. Poltava; 12. Ilot granitique du district de Pavlovsk.

Échelle de 1 : 10 000 000 environ.

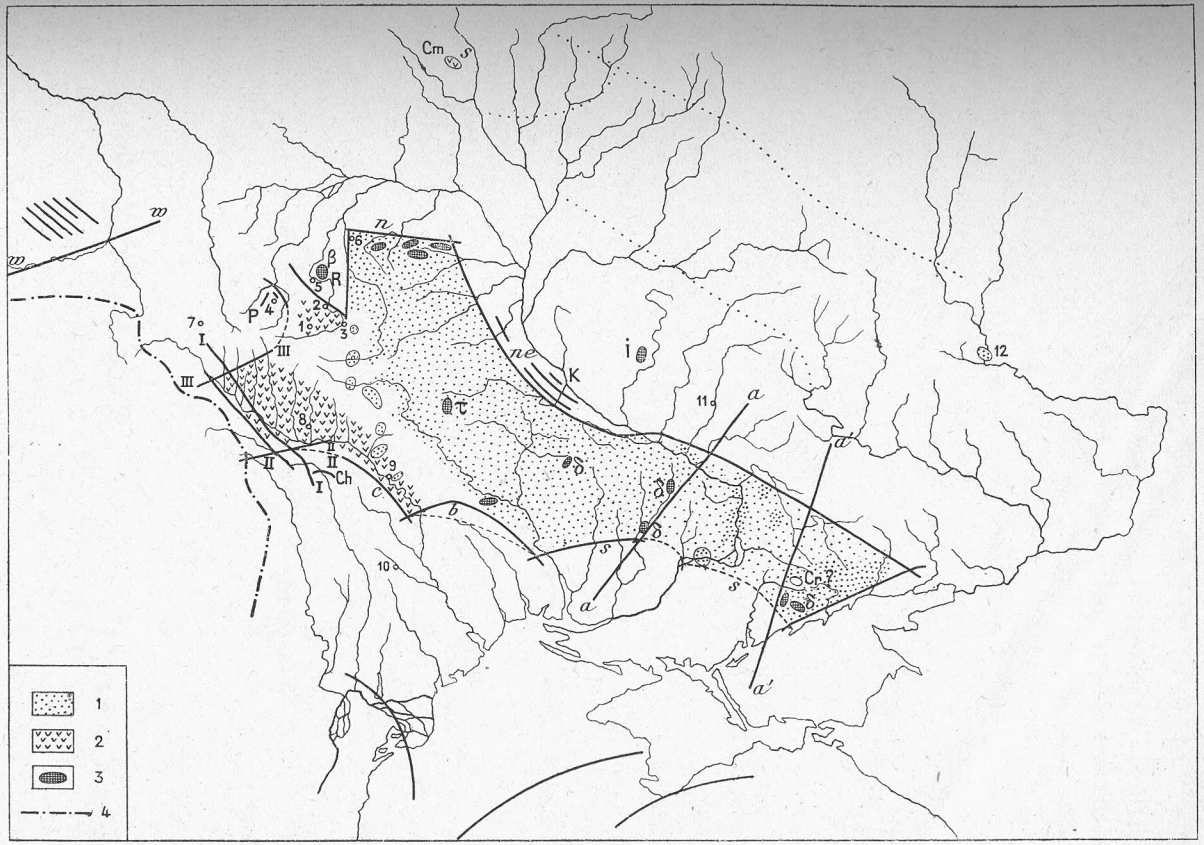


Fig. 97. — Croquis tectonique de la Russie méridionale, d'après V. Laskarev (*Bull. Comité Géol. St-Pétersbourg*, XXIV, 1905, pl. V).

Même le débordement des Sudètes sur toute leur largeur se traduit de la façon la plus nette (I, p. 242, fig. 43). Pour le territoire qui vient plus à l'Est, le cours de la Vistule et de son affluent le Sann semble jouer un rôle particulièrement important.

Au sommet du triangle Cracovie-Sandomir-Przemysl, occupé par des sédiments récents et limité d'un côté par la lisière des Carpathes et de l'autre par le cours des deux fleuves, surgit, non loin du confluent du Sann, le massif des Montagnes de Sandomir (I, p. 240, 621). On admet qu'à partir de là, dans la direction du S.W., le cours de la Vistule est jalonné par une faille, le long de laquelle s'affaissent les Sudètes. Il est certain, en tout cas, que les Montagnes de Sandomir représentent une avant-chaîne des Sudètes, comparable au Jura, par exemple.

Or, le cours du Sann répond à peu près à la direction prolongée du bord Nord-Est de cette avant-chaîne. Au voisinage de Przemysl le fleuve sort des Carpathes et, dans la partie des Carpathes située à l'Ouest de ce point, on trouve des blocs qui appartiennent aux terrains des Sudètes ou du Massif de Sandomir. Wójcik, notamment, a signalé dans ces blocs, au voisinage de Przémysl, tous les étages de l'avant-pays, du Dévonien au Kimeridgien. Ils gisent épars ou forment un conglomérat dans le Flysch oligocène, et Wójcik y voit des pointements de cet avant-pays affaissé, ramenés de la profondeur[1].

Ce sont des lambeaux de fond; ils attestent que jusqu'à Przémysl, jusqu'au Sann par conséquent, l'avant-pays appartient encore à l'édifice varisque, dont la limite n'est donc atteinte par la lisière des Carpathes qu'à 200 kilomètres à l'Est de Cracovie. M. le professeur Niedzwiezki m'apprend même que les grands lambeaux de terrain houiller ancien, parfois considérés à tort comme exploitables, et qui sont depuis longtemps connus dans le Flysch des Carpathes Orientales, ont été rencontrés jusqu'à Delatyn sur les bords du Prouth (22° 20').

Quittons maintenant le bord des Carpathes.

A Lemberg, la base du Sénonien n'a pas encore été atteinte à 501 mètres de profondeur.

Sur le Dniestr apparaît près de Nizniow, à l'Est de Stanislau, un lambeau horizontal transgressif du Jurassique le plus supérieur, horizon qui se prolonge probablement jusque-là depuis le bord Nord-Est des Montagnes de Sandomir[2].

A peu de distance de ce point, au Nord, on trouve sur la Zlota

1. R. Wójcik, *Exotische Blöcke im Flysch von Kruhel Wielki bei Przemyśl* (Bull. internat. Acad. Sc. Cracovie, 1907, p. 499-527).

2. J. v. Siemiradzki, *Ueber die Gliederung und Verbreitung des Jura in Polen* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XXXIX, 1889, p. 45-54); notamment p. 46.

Lipa (affluent de gauche du Dniestr), au-dessus des grès dévoniens, une dolomie dévonienne à Polypiers, analogue à celle du Massif de Sandomir [1].

Alors disparaissent les indices occidentaux, et, le long du Dniestr, la série des couches paléozoïques du horst vient au jour. Elle s'incline doucement vers les Carpathes, dont elle reste séparée par la large vallée du Prouth.

En Moldavie, le horst s'éloigne rapidement des Carpathes. Le Prouth tourne vers l'Est et pénètre près de Radautzi dans un plateau crétacé. Simionescu en a conclu que le horst traverse également le Prouth [2]. La limite méridionale du horst atteint la Mer d'Azov à Berdiansk; il se termine au Nord de cette ville, où il dessine dans le paysage un massif de collines d'une certaine largeur, faisant saillie au-dessus des plaines environnantes. Morozewicz en a donné une carte [3] (III, p. 510).

Ce pays de collines est appelé horst d'Azov; il fait partie du horst de Podolie.

Revenons à l'extrémité Nord-Ouest. Là, dans les cercles de Doubno et d'Ostrog, il existe, d'après Laskarev, des traces de deux affaissements : le premier, la dépression de Peltcha, est accompagné par le Dévonien supérieur marin des montagnes occidentales; associée au second affleure, près de Rovno, une roche basaltique tout à fait isolée. La limite du horst podolien tourne ensuite vers le Nord, puis longe la rive droite du Dniestr à quelque distance en suivant la direction S.E. Elle traverse le fleuve au voisinage de Krémentchoug et finit par atteindre le bord septentrional du horst d'Azov.

Ce massif de terrains anciens a exercé une influence décisive sur la configuration de l'Europe.

Karpinsky a émis l'idée que la déviation du Caucase vers la Crimée était due à la présence de ce horst (III, p. 510). Il est très remarquable de constater que *les lignes directrices venant d'Asie se comportent au Sud du horst autrement qu'au Nord.*

Le Caucase conserve son allure rectiligne à l'W.N.W. ou au N.W., direction qui caractérise les rameaux extrêmes des virgations asiatiques, jusqu'au voisinage de la Crimée. Là, la situation change brusquement.

Le rattachement des Carpathes aux lignes asiatiques ne peut se

1. A. Alth i Fr. Bieniasz, *Atlas geologiczny Galicyi*, feuille 8, XIII, *Monasterzyska*, Cracovie, 1887; texte, p. 49.

2. J. Simionescu, *Erreicht die russische Tafel Rumänien?* (Centralblatt f. Mineralogie, etc., Stuttgart, 1901, p. 193-194); et *La Plate-forme russe s'étend-elle jusqu'en Roumanie?* (Annales scientif. de l'Université de Jassy, II, 1902, p. 4-6).

3. J. Morozewicz, *Observations géologiques faites en 1901 dans les districts d'Alexandrovsk et de Taganrog* (Bull. Comité Géol. St-Pétersbourg, XX, 1901, pl. VI, p. 574).

produire qu'au Sud du horst : la continuité de la Plate-forme Russe ne peut laisser aucun doute à cet égard. A partir de ce horst, le plissement tourne vers le Nord; au lieu de la ligne droite du Caucase apparaissent désormais les directrices incurvées de l'Europe Centrale.

Il en va tout autrement au Nord du horst. L'allure rectiligne W.N.W. à N.W. persiste sans changement, de même, autant du moins qu'on peut en juger, que les poussées asiatiques vers le Sud. C'est là que commencent les lignes de Karpinsky (I, p. 611, fig. 89, *mm*).

Nous laisserons de côté, cette fois encore, le plissement de Koulandy, à l'extrémité Nord-Ouest du Lac d'Aral, et les affleurements isolés de la steppe d'Astrakhan.

Bien plus importante est *la ligne de l'Alaï* (I, p. 620).

L'Alaï, les Monts du Turkestan, le Malgousar, le Nourataou (III, pl. I, p. 410), le Cheikh Djeli, la Presqu'île de Manghichlak, le bassin houiller du Donetz (I, p. 611, fig. 87, n° 6), — telle est la série de coulisses qui, d'abord légèrement convexes vers le Sud, puis s'orientant en ligne droite à l'W.N.W., se succèdent du bord septentrional du Pamir jusqu'au bord septentrional du horst d'Azov.

Bogatchev, confirmant les conjectures de Karpinsky, a trouvé sur le versant Sud de la ligne de partage des eaux, entre le Sal et le Manytch, vers 42° 38′ de long. E., dans des sables tertiaires, des fragments si abondants de Carbonifère supérieur, riche en fossiles, qu'il y a lieu de croire à la présence d'un récif de ce calcaire à une faible profondeur. La direction de cette ligne de partage recoupe, au delà de Novo-Tcherkask, celle de la voûte principale du bassin houiller du Donetz[1].

Déjà au Nord-Est de Konstantinovskaïa, sur le Don, affleure le terrain houiller productif; et au Sud, près de Taganrog, les sondages ont atteint le Dévonien supérieur, qui se présente comme un liséré entre le bord Sud du terrain carbonifère et l'ancien horst cristallin. Ce terrain carbonifère, constituant ce qu'on appelle le *bassin houiller du Donetz*, est actuellement connu dans la direction du N.W. ou de l'W.N.W. sur 370 kilomètres environ, avec une largeur maximum de 160 kilomètres. Tschernyschew et Loutougin en ont donné un excellent aperçu. A partir du Dévonien supérieur, avec lequel commence l'épaisse série des

1. V. Bogatchew, *Observations géologiques dans le bassin de la Rivière Manytch*, r. f. (Bull. Comité Géol. St-Pétersbourg, XXII, 1903, p. 73-162, pl. IV : carte géol.); notamment p. 105 et 153. — Des plis du groupe ouralien apparaissent loin à l'Ouest; voir A. W. Pavlow, *Quelques Observations sur les phénomènes tectoniques dans la région de la Medvéditza et de la Basse Volga*, r. f. (Bull. Soc. Imp. des Naturalistes, Moscou, nouv. série, XV, 1901, p. 221-231); du même, *Traces de phénomènes orogéniques sur le Don entre les établissements de Klietzkaïa et près des Trois Iles*, r. (Bull. Soc. Imp. des Amis des Sc. Nat., Moscou, 1901, p. 1-5); le même, Bull. Comité Géol., XXII, 1903, p. 250, r. — Le point où les Erghéni devraient rencontrer le Manytch se trouve par 44° 50′ de long. E. environ (III, p. 476).

couches, on n'observe aucune discordance jusqu'à la base du Tertiaire, qui est horizontal. Certains terrains, d'ailleurs, par exemple le Trias et l'Infracrétacé, n'y sont pas représentés avec certitude. En outre, on n'y voit aucun accident à la base du Carbonifère supérieur ou du Permien, niveau qui est caractérisé en tant d'endroits par une discordance. Les parties méridionales du bassin sont formées, au moins dans le domaine du Kalmiouss, par les étages les plus anciens, c'est-à-dire par le Dévonien supérieur et les premières assises du Carbonifère; les couches y affectent une allure tranquille, qui n'est troublée que par des failles longitudinales et par des fossés (*Gräben*). C'est seulement en se rapprochant du centre qu'on voit apparaître des plis : il y a un anticlinal principal et aussi des voûtes en forme de dômes elliptiques (brachy-anticlinaux), des voûtes dont le flanc Sud est très incliné, enfin des plissements et des froissements aigus, influencés par la répétition de roches présentant une résistance très inégale et par la formation de cassures et de failles inverses [1].

Borissiak a montré comment ces plis étroits se perdent au Nord-Ouest dans la direction d'Oussioum (fig. 98); là, ils sont complètement rasés, et les voûtes apparaissent à la surface de la plaine à l'état d'ellipses isolées s'orientant N.W., affectant une structure concentrique plus ou moins régulière, et présentant presque toujours un pendage plus accentué vers le Sud. Les terrains les plus anciens sont le plus énergiquement plissés; les terrains plus récents le sont moins, et le Crétacé l'est à peine. Enfin, tout cet ensemble disparaît sous la couverture oligocène [2].

Le Dniepr jalonne le bord méridional, et l'on trouve encore très en amont, près de Kanev, des accidents dans le Jurassique et le Crétacé [3].

1. Th. Tschernyschew et L. Loutougin, *Le bassin du Donetz* (Guide des Excursions du VIIe Congrès Géol. International, St-Pétersbourg, 1897, XVI). In-8°, 55 p., 2 cartes. Au Sud, il est vrai, en certains points, la Craie repose directement sur le terrain carbonifère tout en présentant une forte inclinaison. — P. P. Piatnitzky, *Observations sur les dépôts crétacés des bords du Don et des affluents gauches du Dnjépr*, r. (Trav. Soc. des Naturalistes Univ. Imp. Kharkov, III, 1889, 178 p.; notamment p. 145). — Karpinsky suppose qu'il existe des traces analogues dans l'intérieur de la Russie d'Europe : *Sur les résultats de quelques sondages dans le bassin du Pripet*, r. (Bull. Acad. Imp. Sc. St-Pétersbourg, VIe série, 1907, p. 243-246); je n'ai pas cru devoir tenir compte ici des Montagnes de Sandomir.

2. A. Borissjak, *Ueber die Tektonik des Donez-Höhenzuges in seinen nordwestlichen Ausläufern* (Centralblatt f. Mineralogie, etc., 1903, p. 644-649, carte); et *Geologische Skizze des Kreises Isjum und der angrenzenden Theile der Kreise Pawlograd und Zmiew. Das nordwestliche Grenzgebiet des Donezrueckens*, r. a. (Mém. Comité Géol., Nouv. série, n° 3, 1905). In-4°, VI-423 p., 3 pl., 1 carte géol. Quelques-uns de ces dômes présentent, par exception, un pendage plus accusé vers le N.; le dernier, au Nord-Ouest, est recoupé à angle droit par un décrochement méridien important, qui est plus récent qu'une partie de la série tertiaire.

3. Voir le t. I du présent ouvrage, p. 604; Karitzky n'a cru y voir que des glissements locaux; Trav. Soc. des Naturalistes, Univ. Imp. Kharkov, IX, 1888, p. 381-394. Laskarev semble les attribuer aux accidents de bordure du horst de Podolie.

1. Terrains paléozoïques; 2. Carbonifère supérieur; 3. Lias; 4. Jurassique moyen; 5. Jurassique supérieur; 6. Crétacé supérieur; 7. Paléogène.

aa, décrochement; 1 à 8, dômes (brachyanticlinaux) formés de terrains paléozoïques;
1. Tsareboriossovo;
2. Dronovka;
3. Petrovskaïa;
4. Kamychevakha;
5. Koroulka;
6. Slaviansk;
7. Droujkovska-Konstantinovka;
8. Grousskaïa.

Échelle de 1 : 700 000 environ.

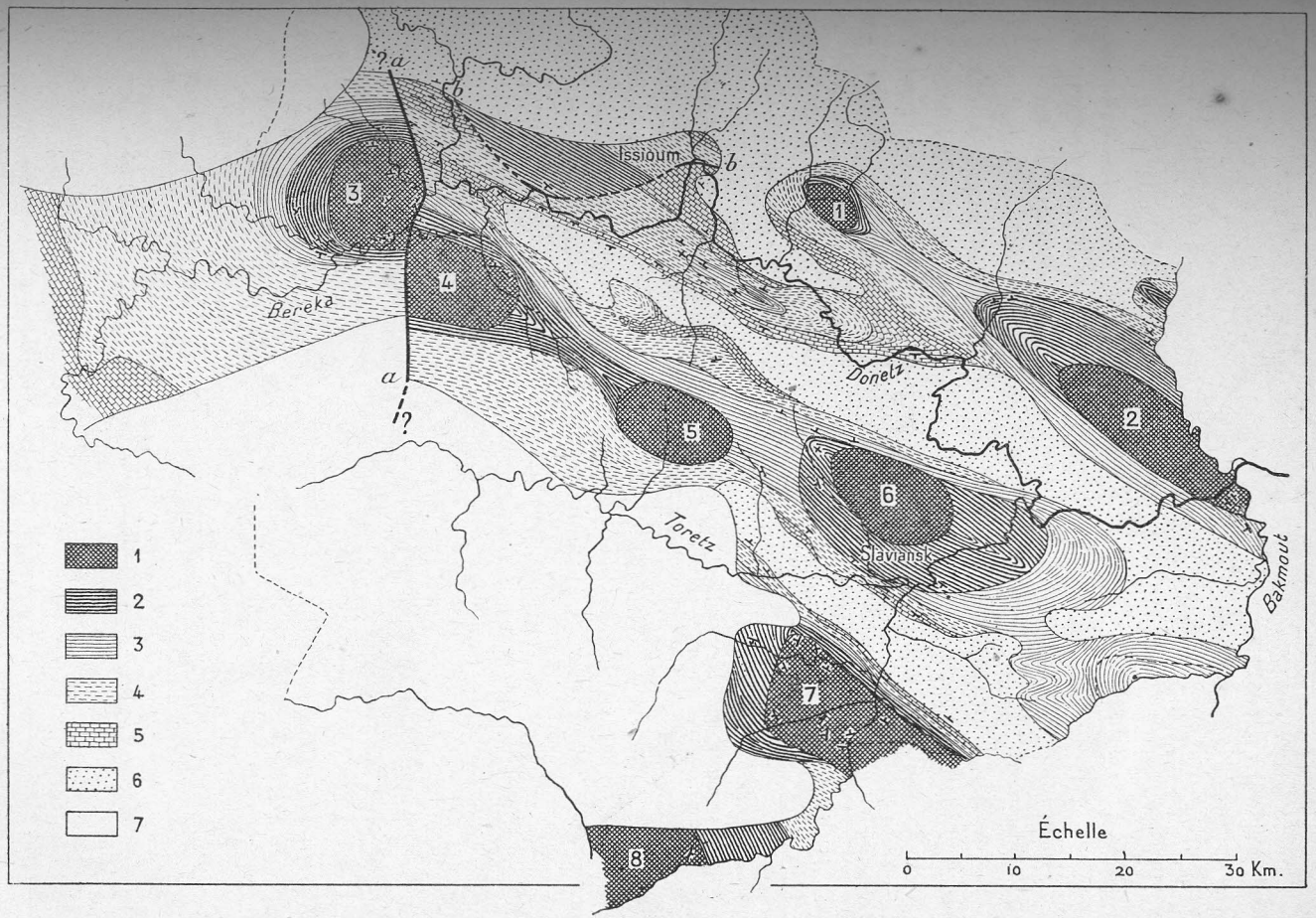


FIG. 98. — Esquisse tectonique de la partie Nord-Ouest du Bassin du Donetz, d'après A. Borissjak (*Mém. Comité Géol.*, St-Pétersbourg, nouv. sér., n° 3, 1905, pl. III, p. 328).

C'est là, entre 31° et 32° de long. E., d'après l'état actuel des recherches, que se termine la zone de dislocations que nous avons suivie depuis les bords du Manytch.

Prolongement du Caucase. — Tournons-nous vers le bord méridional du horst d'Azov.

En 1885, en essayant de tracer le prolongement des lignes directrices de l'Asie, j'ai mené une de ces lignes du Caucase vers Kertch et je lui ai donné, en Crimée, une courbure du N.W. au S.W. (I, p. 611, fig. 89). En même temps, j'ai signalé l'antériorité du fragment montagneux de la Crimée par rapport aux mouvements plus récents du Caucase. Le massif de Matchin, dans la Dobrogea, a dû être laissé de côté comme un problème non résolu (I, p. 629, 630).

La structure du Caucase diffère de celle des autres chaînes de montagnes par un grand nombre de particularités. Sa direction rectiligne ressemble, comme on l'a vu, à un étoilement du Tien-Chan. Les couches sarmatiques y sont portées jusqu'à l'altitude de 2 200 mètres. Le Caucase central a été assimilé à un grand pli couché vers le S.W. Au Sud-Est, la partie méridionale disparaît sous la vallée de la Koura.

Les observations récentes ont fait connaître un grand nombre de détails, notamment la découverte de *Pseudomonotis ochotica* et de l'étage rhétien [1], mais elles n'ont guère modifié, en ses traits essentiels, le tableau d'ensemble tracé par Abich [2]. Néanmoins, on se demande encore comment, avec une pareille structure, les sédiments mésozoïques

1. Th. Tschernyschew, *Sur la découverte du Trias supérieur dans le Caucase du Nord*, r. (Bull. Acad. Imp. des Sc. St-Pétersbourg, VIe série, 1907, p. 277-280). La présence d'espèces de l'Asie Mineure, telles que *Spirigera Manzovinii*, etc., est remarquable.

[2. Principales publications récentes sur la Géologie du Caucase : *Guide des Excursions du VIIe Congrès Géologique International*, St-Pétersbourg, 1897, in-8°, nombreuses cartes et pl. (voir les Excursions XVII-XIX et XXII-XXVIII : Notices de N. Karakasch, A. Konchin, F. Loewinson-Lessing, K. Rouguevitch, S. Simonowitch, etc.); Marcel Bertrand, *Les excursions du VIIe Congrès géologique international en Russie. Le Caucase* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 3e sér., XXV, 1897, p. 713-719); Alb. Heim, *Querprofil durch den Central-Kaukasus, längs der cruisinischen Heerstrasse, verglichen mit den Alpen* (Vierteljahrsschr. Naturforsch. Gesellsch. Zürich, XLIII, 1898, p. 25-45, pl. II); L. von Ammon, *Petrographische und palaeontologische Bemerkungen über einige Kaukasische Gesteine* (in : G. Merzbacher, *Aus den Hochregionen des Kaukasus. Wanderungen, Erlebnisse, Beobachtungen*. 2 vol. in-8°, nombreuses pl., cartes, Leipzig, 1901; II, p. 719-807); K. Bogdanowitsch, *Zwei Uebersteigungen der Hauptkette des Kaukasus*, r. a. (Mém. Comité Géol., St-Pétersbourg, XIX, n° 1, 1902). In-4°, XVIII-209 p., carte, 3 pl. coupes : de Derbent à Noukha et de Kouba à Chemakha; Moriz von Déchy, *Kaukasus. Reisen und Forschungen im Kaukasischen Hochgebirge*. 3 vol. gr. in-8°, avec nombreuses pl., vues panoramiques, photogr. et cartes (voir notamment t. III, *Bearbeitung der gesammelten Materialien : Paläontologie*, von K. Papp; *Petrographie*, von Fr. Schafarzik; *Physiogeographie*, von M. v. Déchy; p. 141-404, 11 pl.), Berlin, 1905-1907; K. Bogdanowitsch, *Das Dibrar system im südöstlichen Kaukasus*, r. a. (Mém. Comité Géol., nouv. série, Livr. 26). In-4°. VI-182 p., carte géol., 2 pl. de coupes, 9 pl. fossiles, 1906; H. Höfer, *Die Geologie des Erdöls, des Erdgases, Erdwachses und des Asphalts*. In-8°, Leipzig, 1909, p. 383-443, pl. V-VIII : résumé des travaux de G. Michailowsky, K. Kalickij, D. Golubjatnikow, etc., sur les districts pétrolifères de la Kouban, Grozny, la Presqu'île d'Apchéron, Tchatma, etc.]

du Sud peuvent différer autant de ceux du Nord. Il est probable que l'amplitude du chevauchement vers le Sud est très considérable.

Il existe sur les deux versants des plis sarmatiques, et même plus récents. Au Sud, ces terrains sont plissés avec les sédiments antérieurs à partir du Nord. Sur le versant septentrional de la chaîne, ils affectent une grande régularité, par exemple près de Derbent[1] et de Stavropol. Abich savait que les plis du versant Nord se prolongent au delà de l'extrémité N.W. de la chaîne, en décrivant une courbe légèrement convexe vers le Nord; c'est sur cette constatation qu'est basée la ligne directrice tracée sur la fig. 89 du tome I (p. 611).

Près d'Anapa, le Caucase se termine sous la forme de chaînons de Flysch crétacé s'orientant N.W.[2]. Au Nord de ce point commence le territoire étudié par Androussov (fig. 99)[3].

Au Nord, un premier groupe de plis tertiaires récents, parallèles au Caucase, s'étend au delà de Temriouk jusque dans la moitié Nord de la Presqu'île de Taman; ces plis prennent peu à peu la direction E.-W., traversent ainsi orientés le détroit de Kertch, occupent la moitié Nord de la presqu'île du même nom, se recourbent doucement vers le S.W., diminuent d'importance et se terminent en atteignant les steppes de la Crimée.

Un groupe méridional commence par se rattacher au précédent et remplit l'espace qui le sépare de la bordure Nord du Caucase. Ces nouveaux plis occupent la moitié méridionale de la Presqu'île de Taman; en s'écartant peu à peu de la direction des plis du Nord, ils acquièrent sur la côte Sud-Est de Taman la direction S.W., se poursuivent avec cette même allure dans le Sud-Est de la Presqu'île de Kertch et disparaissent sous la Mer Noire.

L'angle compris entre ces deux groupes de plis divergents est occupé par une plaine, qui forme le Sud-Ouest de la Presqu'île de Kertch et qui est limitée du côté des plis par la falaise appelée

1. Un pli brusque, isolé, de roches sarmatiques, qui, au-dessus de Derbent, est renversé en sens contraire, vers le N.E., fait songer, par sa structure étrange, au glissement en retour de couches inclinées; D. V. Goloubiatnikow, *Explorations géologiques des espaces naphtifères du district de Kaïtago-Tabasaran (Daghestan) et des alentours de la ville de Derbent*, r. f. (Bull. Comité Géol., XXI, 1902, p. 697-754, pl. VIII-IX).

2. S. Nikitin, *Constitution géologique du District Novorossiisk, gouv. de Tchernomorié*, r. f. (Bull. Comité Géol., XXI, 1902, p. 653-670).

3. N. Andrussow, *Die Geotektonik der Halbinsel Kertsch*, r. (Matériaux pour la Géol. de la Russie, XVI, 1893, p. 63-336, 2 pl., 1 carte géol.); du même, *Environs de Kertch* (Guide des Excursions du VIIe Congrès Géol. Internat., 1897, XXX, p. 1-16, carte des lignes directrices); du même, *Geologische Untersuchungen im Kubanischen Gebiet zwischen dem Fl. Adagum und dem Kuban'schen Liman*, r. a. (Travaux Soc. des Naturalistes St-Pétersbourg, XXVIII, livr. 5, 1899, p. 179-214); du même, *Recherches géologiques sur la Presqu'île de Taman*, r. (Matériaux pour la Géol. de la Russie, XXI, 1904, p. 255-381, pl. IX-XVI : carte); et dans d'autres publications.

Parpatch. Cette plaine peut être regardée comme une sorte d'enveloppement, ou comme un glacis, de l'extrémité orientale des montagnes de la Crimée. Cette extrémité orientale affleure près de Theodosia sous la forme de rochers tithoniques.

Androussov a placé tout d'abord l'époque de la formation de ces plis entre l'étage sarmatique et l'étage méotique. Plus tard, des discordances reconnues en différents horizons l'on conduit à l'opinion que la formation des plis et leur arasement partiel ont pu marcher de pair, et que le phénomène a même pu durer jusqu'après l'époque pontique.

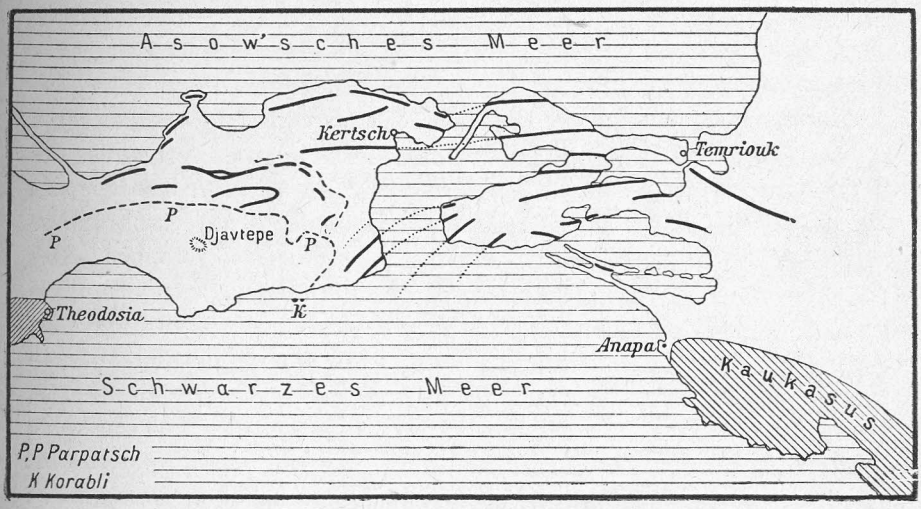


FIG. 99. — Le Détroit de Kertch, d'après Androussov.
Les traits forts indiquent les anticlinaux néogènes. — Échelle de 1 : 1 850 000.

Les renversements sont dirigés comme dans la chaîne principale, c'est-à-dire dans le *sens asiatique*, vers le S. ou le S.E.

La nature nous offre ici un exemple très instructif de la façon dont les plis récents, au lieu d'être resserrés les uns contre les autres par un massif étranger plus ancien (Theodosia), se partagent au contraire en faisceaux divergents. Le faisceau septentrional se termine librement, le faisceau méridional s'affaisse sous la mer.

Au large de la côte Sud de Kertch, près d'Opouk, au voisinage du point où la falaise de Parpatch atteint la mer, surgissent quelques petits récifs d'accès difficile, les *Korabli* (Caravelles, vaisseaux); Dubois de Montperreux savait déjà qu'ils sont formés par une roche cristalline étrangère à la région. Androussov signale sur la côte voisine des fragments détachés d'amygdaloïde avec zéolithes, des micaschistes argileux, etc.; M. de Vogdt considère les Korabli comme une trace des montagnes de la Crimée.

Crimée et Plate-forme Bulgare. — La bifurcation des plis récents du Caucase est déterminée par un fragment d'une chaîne importante. Lorsqu'on se rapproche de ce fragment à partir des steppes de la Crimée, c'est-à-dire en venant du Nord, on traverse le Miocène, le calcaire à Nummulites et tout le terrain crétacé, y compris le Néocomien inférieur, qui se succèdent en couches doucement inclinées vers le Nord. Le calcaire infracrétacé à Caprotines forme une falaise escarpée faisant face au Sud, c'est-à-dire aux montagnes.

Le Néocomien recouvre presque horizontalement, en discordance, le Lias et le terrain jurassique plissés (I, p. 630). Ces terrains, associés à des laccolithes singulières[1], passaient pour constituer tout le massif plissé de la Crimée[2], jusqu'à ce que M. de Vogdt eût découvert, près de Simféropol et à l'Est de cette ville, une série de couches plus anciennes. Cette série comprend : un calcaire carbonifère supérieur à *Schwagerina*, des conglomérats et des grès à plantes terrestres, des schistes à *Pseudomonotis ochotica*, et du Lias inférieur du type des couches austro-alpines de Hierlatz. C'est seulement au-dessus que se montre la série liasique et jurassique, d'ailleurs très développée[3]. Des lambeaux de Lias recouvrent le Trias en discordance. Vogdt compare les montagnes de la Crimée, tant en ce qui concerne leur âge plus ancien que leur série stratigraphique, aux montagnes de Matchin (Dobrogea). Encore à l'extrémité Sud-Ouest de la côte, près de Phoros, Borissiak a trouvé *Pseudomonotis ochotica*[4]. La direction des plis, dans l'Est, près de Theodosia, est E.-W.; près de Simféropol elle est E. 15° N. et au Sud-Ouest de la péninsule domine la direction N.E.; ainsi se produit un arc légèrement convexe vers le Nord-Ouest. Il faut d'ailleurs distinguer deux phases de dislocation principales, d'abord entre le Trias et le Lias, puis entre le Jurassique et le Néocomien. Des discordances sont également signalées au milieu des couches plus récentes. Leur nombre est plutôt surprenant; il semble que, dans cette région, de nouveaux plissements se soient produits à plusieurs reprises dans des conditions qui se modifiaient sans cesse.

En Bulgarie, Peters et Athanasiu ont fait connaître sur certains

[1. Voir le *Guide des Excursions du VIIe Congrès Géologique International*, St-Pétersbourg, 1897, in-8°. Excursions XXXI et XXXIII : Notices de A. Lagorio et N. Golovkinsky, avec 2 cartes géol. et 1 pl. de coupes.]

[2. Voir la thèse de E. de Daniloff, *Le district de Yalta (Crimée). Étude de Géographie Physique.* In-8°, 171 p., 9 pl. dont 2 cartes géol. Paris, 1905.]

3. K. K. v. Vogdt, *Sur les dépôts sédimentaires les plus anciens de la Crimée*, r. (Travaux Soc. des Naturalistes Saint-Pétersbourg, XXXII, 1901, Procès-verb., p. 302-304, 1902). — Les roches cristallines qui ont été signalées en Crimée paraissent devoir être considérées comme formant des enclaves dans le Néocomien. Je suis redevable à M. de Vogdt de précieuses indications et esquisses sur ce sujet.

4. Borissiak, Bull. Comité Géol., XXIII, 1904, p. 20, r.

points, à la base de la plate-forme calcaire qui s'adosse vers le Sud aux Montagnes de Matchin, le Jurassique supérieur, qui est inconnu dans le substratum de la steppe de Crimée [1]. Mais au-dessus de ce niveau règne un parallélisme frappant dans la succession des couches, tant en Crimée qu'en Bulgarie.

Le calcaire infracrétacé à Réquiénies a déjà été signalé le long de l'escarpement qui forme le bord Sud de la steppe; Toula a montré qu'il existe également près de Tchernavoda et qu'il possède dans ces parages une très grande extension.

Au terrain crétacé inférieur à affinités méridionales succède, près d'Inkermann et de Sébastopol, le Sénonien à faciès septentrional; cet étage s'étend également sur la Plate-forme Bulgare [2].

Ernest Favre a considéré le calcaire à Nummulites de Varna comme le prolongement direct du calcaire à Nummulites du Sud-Ouest de la Crimée [3].

A Franz Toula revient le mérite d'avoir démontré l'identité de la succession des couches miocènes de Varna et de Sébastopol (couches à *Helix*, oolithe à *Pecten*, couches à *Spaniodon*, étage sarmatique; I, p. 649)[4].

En remontant le Danube, Toula a encore retrouvé près de Silistrie et de Roustchouk le calcaire à Réquiénies. Près de Sistov, Zlatarski et Toula ont recueilli des fossiles aptiens. A Nicopoli apparaît, sur les bords du fleuve, le Sénonien à *Belemnitella mucronata* et *Ostrea vesicularis*. Les étages inférieurs du terrain tertiaire ne sont pas visibles, et, près de Plevna, le deuxième étage méditerranéen repose sur le Sénonien et le Turonien [5].

1. Michel paraît avoir été le premier qui y ait reconnu du Néocomien (Bull. Soc. Géol. de Fr., 2e sér., XIII, 1855-56, p. 539-542), et Toula s'est rangé à cette opinion; Peters croyait y voir du Jurassique supérieur. V. Paquier (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4e sér., I, 1901, p. 473 et 541) et H. Douvillé (Ibid., p. 474) se sont occupés de cette question. Les deux terrains sont représentés. Anastasiu a reconnu, au-dessous des calcaires à *Monopleura*, le Rauracien, le Séquanien et le Kimeridgien (Ibid., 3e sér., XXIV, 1896, p. 595-601); voir aussi, pour le Jurassique supérieur des environs de Constanza, le *Guide des Excursions du 3e Congrès International du Pétrole* (V, 1907, p. 248), et particulièrement Simionescu, *Studi geologice si paleontologice din Dobrogea, I. Fauna Cefalopodelor jurasice de la Hârsova* (Acad. Rom. Bucuresti, Publ. n° XXI, 1907, 97 p., 9 pl.; en roumain, résumé en français).

2. E. Favre, *Étude stratigraphique de la partie Sud-Ouest de la Crimée*. In-4°, Genève, 1877, p. 30; Hébert, *La craie de Crimée comparée à celle de Meudon et à celle de l'Aquitaine* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 3e sér., V, 1876-77, p. 99-102); F. Toula, *Geologische Untersuchungen im östlichen Balkan* (Denkschr. k. Akad. d. Wiss. Wien, Mathem.-naturw. Cl., LVII, 1890, p. 381, fig. 38 : coupe du plateau de Provadia).

3. E. Favre, mém. cité, p. 34.

4. Toula, nombreuses publications, notamment mém. cité, p. 369, et *Geologische Untersuchungen im östlichen Balkan* (Denkschr. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturw. Cl., LXIII, 1896, p. 280).

5. G. N. Zlatarski, *Geologische Untersuchungen im centralen Balkan und in den angrenzenden, Gebieten. Beiträge zur Geologie des nördlichen Balkanvorlandes zwischen den Flüssen Isker und Jantra* (Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturw. Cl., XCIII, 1886, I Abth.,

En s'avançant dans l'intérieur des terres, on rencontre ainsi le long du Danube des couches de plus en plus récentes. Mrazec désigne la plaine fermée de l'Ouest, à partir des environs de Craïova, sous le nom de *dépression gétique*.

Balkans et Carpathes. — La Plate-forme Bulgare, qui n'est traversée dans sa partie occidentale que par des plissements très légers, dirigés de l'E. à l'W., se présente comme l'avant-pays des Balkans, limité par la grande torsion qui rattache les Balkans aux Carpathes.

Ce puissant accident, dont les traits principaux affectent une si évidente clarté (I, p. 638, fig. 95), a été l'objet dans ces dernières années de trois monographies détaillées, qui se complètent l'une par l'autre. La première est due à Cvijić, et concerne principalement les Balkans et la région située au Sud du Danube (fig. 100); la seconde a pour auteur Schafarzik, qui a fait connaître la partie moyenne de la torsion. A ces deux études se rattache le mémoire un peu plus ancien d'Inkey, qui permet de les relier aux travaux très méritoires des géologues roumains[1].

p. 249-341, pl. I-III, en particulier p. 292 et 307). F. Toula, *Geologische Untersuchungen im centralen Balkan* (Denkschr. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturwiss. Cl., LV, 1889, 2. Abth., p. 1-108, 9 pl., 1 carte), en particulier p. 2 et 91; et *Geologische Beobachtungen auf einer Reise in die Gegend von Silistria und in die Dobrudscha im Jahre 1892* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., LIV, 1904, p. 1-46, pl. I-III). Zlatarski, *La série supracrétacée dans la Bulgarie centrale et occidentale, au Nord des Balkans* (Annuaire de l'Université de Sophia, I, 1904-05, p. 84-103; en bulgare); et : *Le Sénonien dans la Bulgarie orientale au Nord des Balkans et sa division en Emschérien et Aturien* (Ibid., 1905-06, p. 31-51; en bulgare, résumé fr.). Dans la Bulgarie orientale, le Sénonien de l'Europe Centrale (*Belemnitella mucronata*) règne d'une façon presque exclusive au Nord des Balkans; le Sénonien méditerranéen (à Orbitoïdes et Hippurites), qui passe au faciès précédent par transitions insensibles, occupe les Balkans proprement dits.

1. J. Cvijić, *Die tektonischen Vorgänge in der Rhodopemasse* (Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturwiss. Cl., I. Abtheil., CX, 1901, p. 409-432, 2 pl. dont 1 carte tectonique), et : *Die Tektonik der Balkanhalbinsel mit besonderer Berücksichtigung der neueren Fortschritte in der Kenntnis der Geologie von Bulgarien, Serbien und Makedonien* (Congrès Géol. Internat., IXe Session, Vienne, 1903, Compte Rendu, p. 347-370, carte géol.). [Voir aussi l'important mémoire du même auteur : *Entwicklungsgeschichte des Eisernen Tores* (Petermanns Mitteil., Ergänzungsheft Nr. 160). In-4°, 64 p., 10 pl. dont 1 carte géol. à 1 : 300 000. Gotha, 1908.] F. Schafarzik, *Kurze Skizze der geologischen Verhältnisse und Geschichte des Gebirges am Eisernen Tore an der Unteren Donau* (Földtani Közlöny, XXXIII, 1903, p. 402-444, pl. IX, X : carte et coupes). B. v. Inkey, *Die Transsylvanischen Alpen vom Rotenturmpasse bis zum Eisernen Tor* (Mathem. u. naturwiss. Berichte aus Ungarn, IX, 1892, p. 20-54, pl. 1 : carte). Pour les publications plus récentes, se reporter à F. Toula, *Der gegenwärtige Stand der geologischen Erforschung der Balkanhalbinsel und des Orientes* (Congrès Géol. internat., IXe Session, Vienne, 1903, Compte Rendu, p. 175-330, 1904).

LÉGENDE DE LA FIGURE 100.

1. Direction des plis dans les schistes cristallins (Massif du Rhodope et zone de transition); 2. Direction des plis dans les terrains sédimentaires; 3. Limite entre les Balkans plissés (S.) et la Plate-forme Bulgare (N.); 4. Faille du Danube; 5. Noyaux de roches granitoïdes; 6. Épanchements volcaniques récents; 7. Terrains paléozoïques (à l'exclusion du Permien); 8. Terrain crétacé horizontal; 9. Éocène d°; 10. Néogène d°; 11. Limites des régions où les terrains secondaires ne sont pas plissés dans le Balkan Oriental. — Échelle de 1 : 3 000 000.

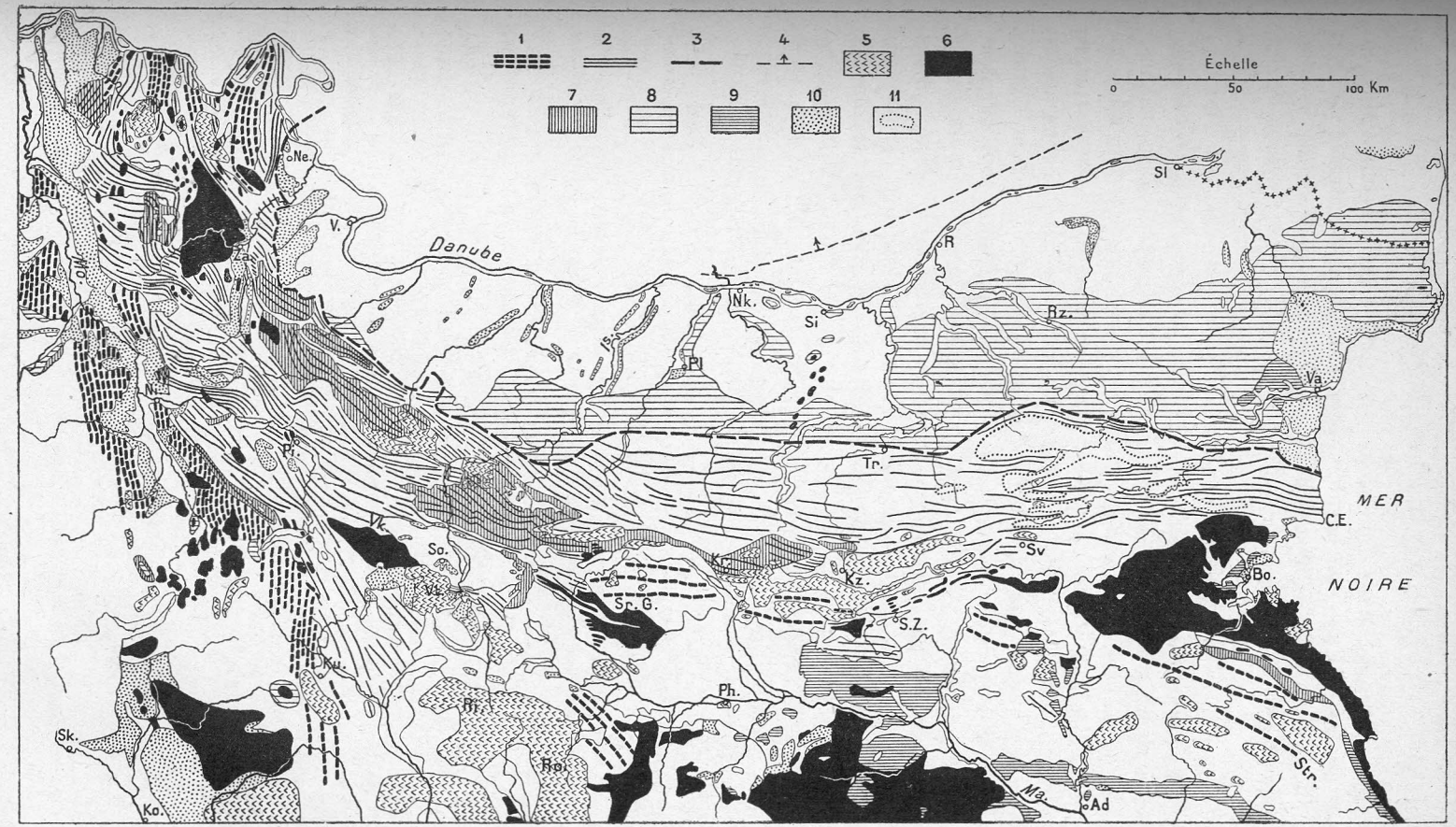


FIG. 100. — Croquis tectonique des Balkans, d'après J. Cvijić (*Congrès Géol. Internat.*, Compte rendu de la IXe Session, Vienne, 1903, t. I, pl. I, p. 370).

Les terrains anciens du centre de la Presqu'île des Balkans [1] se dirigent, en partant du Sud, à travers la Serbie; près de Nisch, ils touchent le bord occidental de la torsion, qui est déversé vers l'Ouest; puis la Morava coïncide à peu près avec la limite, qui traverse ensuite le Danube et disparaît sous la plaine hongroise.

Au Sud, ces terrains anciens sont séparés de toutes les formations plus récentes par une nappe discordante, qui commence avec l'étage de Priabona. Les Monts Istrandja, situés au voisinage de la Mer Noire, supportent aussi par endroits, d'après le rapport de Schaffer [2], cette couverture. Ils demeurent séparés des Balkans par le massif éruptif triangulaire de Bourgas.

Dans le *Balkan Oriental* domine, comme les études de Toula permettaient déjà de le constater, un plissement assez lâche [3]. Aucun terrain antérieur au Jurassique n'apparaît dans les anticlinaux, et ces couches ne se montrent même que rarement. De larges surfaces non plissées (vallées « aptygmatiques », Cvijić) s'intercalent entre les plis, et le plissement paraît avoir duré jusqu'à l'époque levantine. *Ces faits indiquent le voisinage d'une extrémité libre.* D'autre part, la bordure septentrionale, du côté de la Plate-forme Bulgare, est nettement marquée, et il y a même parfois renversement vers le Nord.

Plus à l'Ouest, les plis se resserrent davantage et les anticlinaux mésozoïques deviennent plus fréquents. Des noyaux allongés, dont l'âge est évidemment antépermien, s'intercalent dans les plis mésozoïques. C'est ce qui résulte, par exemple, de la coupe du Kom donnée par Toula et des observations du même géologue dans les gorges de l'Isker. Les données de Zlatarski [4] et de Bontchev [5] sont importantes.

Il résulte des observations de Bontchev dans les Balkans qu'au Nord-Est de Sofia on trouve en discordance, au-dessus de schistes très redressés, renversés vers le Nord-Est et comprenant notamment des

[1. Voir le grand ouvrage de J. Cvijić, *Grundlinien der Geographie und Geologie von Mazedonien und Altserbien* (Petermanns Mittheil., Ergänzungsheft Nr. 162). In-4°, VIII-392 p., 16 pl. photogr., 3 pl., cartes et coupes géol. Gotha, 1908.]

2. F. X. Schaffer, *Die geologischen Ergebnisse einer Reise in Thrakien im Herbste 1902* (Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturwiss. Cl., CXIII, Abth. I, 1904, p. 104-118, carte géol.).

[3. L. De Launay, *La formation charbonneuse supracrétacée des Balkans* (Annales des Mines, 10e sér., VII, 1905, p. 271-320, pl. VI : carte géol. à 1 : 200 000. Appendice paléontologique, par H. Douvillé et R. Zeiller, p. 321-349, pl. VII); L. De Launay, *L'hydrologie souterraine de la Dobroudja bulgare* (Ibid., 10e sér., X, 1906, p. 115-170, pl. VI-VIII, dont 1 carte géol. à 1 : 500 000).]

4. N. Zlatarski, *Contribution à l'étude géologique du défilé de l'Isker, de Sofia à Roman et des pays limitrophes* (Mémoires de la Soc. Bulgare des Sc. Nat., II, 1904. In-8°, 93 p., 8 pl., carte; en bulgare, résumé en français).

5. St. Bontchev, *Géologie du Balkan Occidental; I. Le terrain silurien dans le défilé de l'Isker et ses Environs* (Mém. Soc. Bulgare Sc. Nat., III, 1906, p. 34-65, carte; en bulgare).

schistes siluriens supérieurs à Graptolithes[1], du Culm avec empreintes végétales caractéristiques; une seconde discordance précède le Verrucano et la série mésozoïque. Les deux discordances caractéristiques des Altaïdes s'observent donc avec autant de netteté dans cette région qu'on ne l'a indiqué dans le Tien-Chan méridional, par exemple (III, p. 532); et l'on pourrait se demander si, sur ce point, la séparation des Altaïdes et des chaînes alpines est déjà réellement un fait accompli, ou si les unes et les autres sont encore réunies comme elles l'étaient en Asie. Le plissement vers le Nord-Est, suivant la règle qui domine en Europe, parle contre cette dernière hypothèse.

La direction N.W. devient de plus en plus fréquente; près de Belogradjik, des couches sarmatiques affectant une allure verticale apparaissent sur le bord concave; celui-ci est parfois renversé vers l'Est, de même que le bord occidental l'est vers l'Ouest.

En même temps, un faisceau indépendant de plis mésozoïques se dirige de la région comprise entre Kustendil et le Vitoch vers le N.N.W. Outre le Vitoch, le massif éruptif récent du Visker le sépare d'abord de la zone principale des plis des Balkans; puis il atteint ceux-ci sous un angle aigu entre Pirot et Nisch. Au delà de ce recoupement, la chaîne principale se poursuit, non sans subir de multiples déviations secondaires, et elle atteint le Danube avec la direction N.-S.

Entre temps, toute une série de nouvelles coulisses est apparue au Nord-Est du massif éruptif de Zajcar, sur le Timok : on peut regarder ces coulisses comme marquant le début des Carpathes Roumaines.

Désormais, Schafarzik devient notre guide, mais nous devons nous borner à quelques faits essentiels.

Les coulisses occidentales, qui, d'après cette terminologie, devraient être encore attribuées aux Balkans, se coincent au Nord du Danube entre les massifs anciens situés à l'Ouest (Lokva, Bogsán) et les chaînons orientaux qui les accompagnent à partir du Timok, sans atteindre la rivière Temes. Le premier des chaînons orientaux est en même temps le plus puissant; c'est la Chaîne de l'Almás (I, p. 642) et des Monts de Krassó-Szörenye, qui, formée de schistes cristallins, a été suivie à partir du Timok, en décrivant une grande courbe, jusqu'au versant

[1. D. Allahverdjiew, *Contribution à l'étude du système silurien en Bulgarie* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4e sér., VIII, 1908, p. 330-341, pl. IV, carte dans le texte).]

LÉGENDE DE LA FIGURE 101.

1. Granite, etc.; 2. Schistes cristallins du premier groupe; 3. Schistes cristallins du deuxième groupe; 4. Carbonifère et Lias; 5. Dogger et Malm; 6. Crétacé inférieur; 7. Roches éruptives basiques (serpentines, gabbros, etc.); 8. Flysch oligocène; 9. Formations néogènes (« Palla », lignites, etc.); 10. Alluvions anciennes et récentes; 11. Affleurement des surfaces de charriage (chevauchements). — Cette carte, établie avec le concours de F. Schafarzik pour le territoire du Banat, a été reproduite par Emm. de Martonne (*Revue de Géographie*, I, 1906-1907, p. 125, fig. 27).

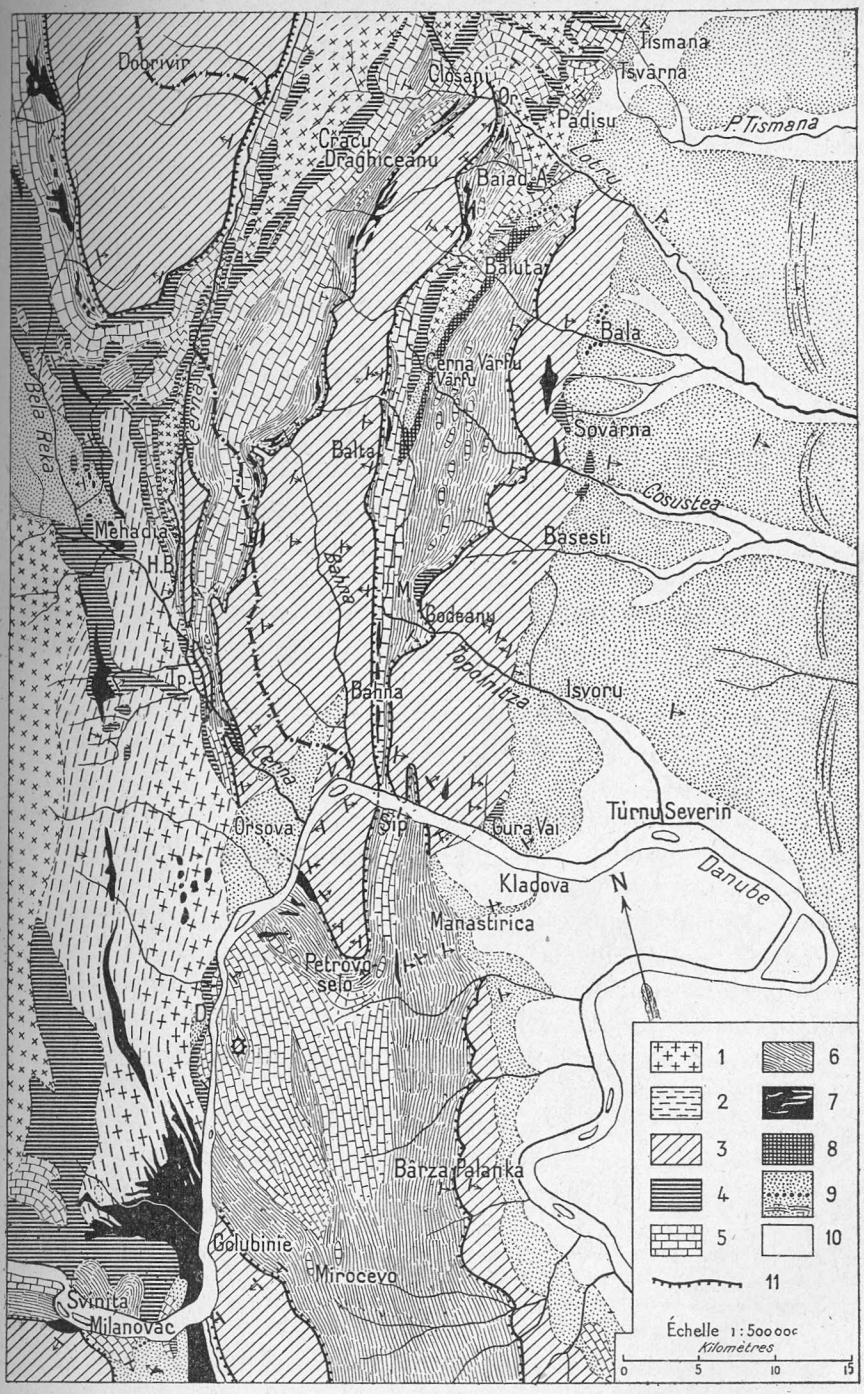


FIG. 101. — Carte géologique du Plateau de Mehedintzi, des Monts de la Cerna et du Miroci Planina, d'après G. M. Murgoci (*Anuarul Institutului Geologic al României*, I, 1907, pl. III).

Nord des Monts de Retyezát, peut-être même se prolonge-t-elle jusque dans la partie Nord de la coupure transversale de l'Olt [1]. Cet arc enveloppe tout d'abord plusieurs massifs anciens, comme les Monts de Retyezát, et aussi le massif de gabbro du Júcz sur le Danube, puis tous les autres chaînons recourbés qui s'étendent du Timok et de Méhadia jusqu'à la plaine (fig. 101).

Parmi ces coulisses, plusieurs ont été signalées sur l'Olt par Inkey dès 1892; mais dans l'intérieur des montagnes, le même observateur constata que, dans la haute vallée de la Latoritza (affluent de droite du Lotru), il se produit un changement de direction, avec recouvrement des couches récentes par les couches plus anciennes [2]. Plus tard, Mrazec montra qu'une partie notable des roches attribuées aux schistes cristallins était d'âge carbonifère ou permo-carbonifère; il vit des pénétrations et supposa qu'il y avait chevauchement d'écailles successives [3]. Murgoci a décrit ensuite les hautes montagnes roumaines dans la région du Paring [4]. En 1903, Mrazec présenta au Congrès de Vienne quelques conclusions générales [5]; enfin Murgoci fut conduit à une synthèse embrassant la structure de la moitié occidentale des Carpathes roumaines [6].

1. F. Schafarzik, *Die geologischen Verhältnisse der Umgebung von Borlova und Pojàna-Mörul* (Jahresber. k. ung. Geol. Anstalt, 1897, p. 120-156, carte); et *Ueber die geologischen Verhältnisse der S. Wlichen Umgebung von Klopotiva und Malomviz* (Ibid., 1898, p. 124-155, carte), et dans d'autres publications.

2. B. v. Inkey, mém. cité, p. 33.

3. L. Mrazec, *Ueber die Anthracitbildungen des südlichen Abhanges der Südkarpathen* (Anzeiger k. Akad. Wiss. Wien, 1895, p. 278-281).

4. G. Munteanu-Murgoci, *Dare de seama de cercetaride geologice vara 1898; V. Grupul superior al cristalinului in masivul Paringu* (Bull. Soc. Ingen. de Mine, Bucuresti, III, 1899, 28 p., 2 pl.); et surtout : *Contributions à l'étude pétrographique des roches de la zone centrale des Carpathes méridionales roumaines*, IV. *Les serpentines d'Urde, Muntin et Gauri*. En roumain et en français (Ann. Musée de Géol. et Paléont. de Bucarest, 1898, p. 54-185, pl. I-III : carte et coupes).

5. L. Mrazec, *Sur les schistes cristallins des Carpathes méridionales* (*Versant Roumain*). (Congrès Géol. Internat., IXe Session, Vienne, 1903. Compte-rendu, p. 631-648, pl. I-II, carte et coupes)

6. G. M. Murgoci, *Contribution à la tectonique des Carpathes méridionales* (C. R. Acad. de Paris, CXLI, 1905, 2e sem., p. 71-73); *Sur l'existence d'une grande nappe de recouvrement dans les Carpathes méridionales* (Ibid., p. 337-339); *Sur l'âge de la grande nappe de charriage des Carpathes méridionales* (Ibid., p. 469-471). La carte de Mrazec, signalée dans la note précédente, donne les indications nécessaires. [Voir aussi G. Murgoci, *Das Tertiär Oltenien's mit Rücksicht auf das Vorkommen von Salz, Petroleum und Mineralwasser* (Anuarul Institutului Geologic al Romàniei, I, 1907, p. 1-128, 4 pl. cartes, 1 pl. coupes; en roumain, résumé all. p. 109-127); G.M. Murgoci, *Tertiary Formations of Oltenia, with regard to Salt, Petroleum and Mineral Springs* (Journal of Geol., Chicago, XIII, 1905, p. 670-712, carte et coupes dans le texte). On trouvera une carte géologique d'ensemble des Carpathes Méridionales, à l'échelle de 1 : 1 000 000, dans la thèse de E. de Martonne : *Recherches sur l'évolution morphologique des Alpes de Transylvanie* (Revue de Géogr., publ. sous la direction de Ch. Vélain, I, 1906-1907, p. IX-XXI et 1-279, p. 60; bibliographie détaillée, p. XI-XXI). Une carte tectonique de la même région, due à L. Mrazec, a paru en 1909 dans l'ouvrage de H. Höfer : *Die Geologie des Erdöls, des Erdgases, Erdwachses und des Asphalts* (in : C. Engler und H. Höfer, *Das Erdöl*, II. Bd. In-8°, Leipzig), p. 357-379, pl. III.

L'espace que nous avons à considérer comprend les montagnes qui s'étendent depuis le Danube jusqu'à 38 kilomètres environ de la coupure transversale de l'Olt (I, p. 638, fig. 95), et de la vallée de la Cerna et du Jiu jusqu'au bord méridional du massif. En essayant d'exposer clairement la synthèse de Murgoci, nous nous servirons d'un mode de notation schématique.

Dans l'espace en question, il existe des schistes anciens antépermiens *II*, et au-dessus une série sédimentaire autochtone *B*, formée principalement de calcaires jurassiques et infracrétacés. En outre, on y observe une autre série de schistes anciens *I* et une seconde série sédimentaire *A* (Verrucano, traces du Lias, Jurassique; l'étage barrémien en est le dernier terme), autochtone par rapport à *I*. Cette série *A* est souvent injectée de diabases, de serpentines et d'autres roches basiques, circonstance que nous désignerons par la lettre σ.

Dans l'ensemble, il existe donc deux unités tectoniques ou nappes, à savoir $I + A\,\sigma$ et $II + B$.

Au N.W., au N. et au N.E. de cet espace, le terme *II* possède une grande extension. Sur le bord septentrional, à partir de la haute Cerna, puis au Nord des Monts Paring et jusqu'au bord oriental, c'est-à-dire jusqu'à 30 kilomètres environ du cours de l'Olt, *II* repose sur $A\,\sigma$. Il en va de même sur le bord oriental jusqu'à la plaine. De cette façon se trouve circonscrit un espace allongé, de forme ovale. Au-dessous de $A\,\sigma$ on aperçoit, à l'intérieur de cet espace, son soubassement antochtone *I*. En plusieurs endroits, des lambeaux de *II* se sont conservés au fond des synclinaux, par suite de plissements postérieurs de $A\,\sigma$. Par conséquent, *II* (et aussi *B*) s'est jadis étendu sur tout cet espace; la succession des terrains est, par conséquent, de haut en bas, la suivante : $B + II, A\,\sigma + I$, *et on doit considérer toute cette surface comme une fenêtre, longue de 110 à 130 kilomètres et large de plus de 30 kilomètres.*

Cela revient à dire, en d'autres termes, qu'au Nord du Danube, quand cesse le grand étranglement par torsion, la coulisse $II + B$, devenant libre, a complètement recouvert la coulisse qui la précède vers le Sud, $I + A$, et que celle-ci devient visible dans la fenêtre grâce à l'érosion. Il n'est guère possible, actuellement, de dire de quelle distance provient, au Nord-Ouest, ce recouvrement.

Dans cette analyse, nous avons considéré σ comme un accessoire. Il est intéressant pour la géologie des Alpes de constater que cette injection se produit au-dessous du plan de charriage[1]. Elle a déterminé

1. Un historique des observations relatives aux gisements analogues (travaux de Szábo, Hussak, Roth v. Telegd, Tietze, Schafarzik) a été donné par L. Mrazec et G. M.-Murgoci dans leur étude : *La Wehrlite du Mt. Ursu* (Bull. Soc. des Sc. Bucarest, 1897, n° 3, p. 11-15, pl. I-II).

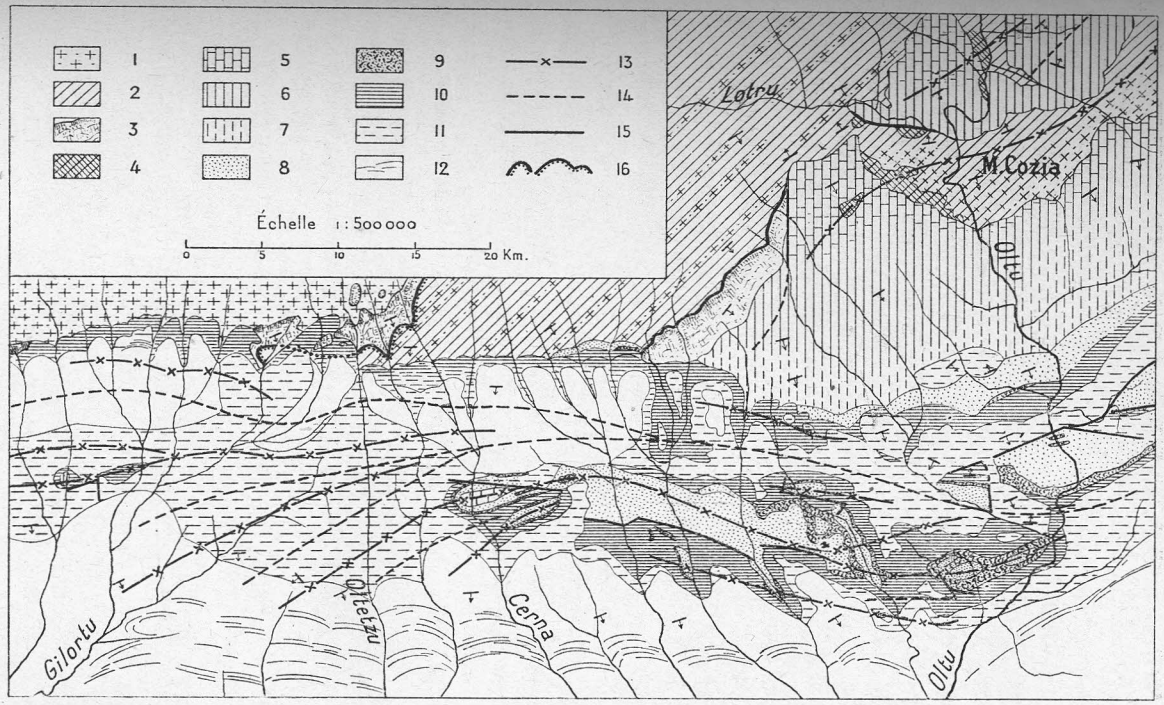


FIG. 102. — La zone subcarpathique en Olténie, d'après G. Murgoci (*Anuarul Institutului Geologic al Romăniei*, I, 1907, pl. II).

1. Granite et diorite; 2. Micaschistes et gneiss; 3. Jurassique et Crétacé inférieur; 4. Brèches (Lias?); 5-7. Flysch (5. Crétacé supérieur; 6. Éocène moyen; 7. Éocène supérieur et Oligocène); 8. Premier Étage méditerranéen (Burdigalien); 9. « Palla » et tufs andésitiques; 10. Deuxième Étage méditerranéen (formation salifère, Vindobonien); 11. Étages sarmatique et méotique; 12. Étages pontique et levantin (avec lignites); Quaternaire. — 13. Anticlinaux; 14. Synclinaux; 15. Failles; 16. Affleurement des surfaces de charriage (chevauchements).

des actions de contact. Un granite dont la mise en place est plus récente et qui forme la bande de Suschita, associé à *I*, atteint la longueur de 100 kilomètres environ, sur une largeur de 8 à 10 kilomètres seulement.

Le charriage s'est produit entre l'étage barrémien et le Cénomanien; l'intrusion σ pénètre jusque dans les couches barrémiennes. Le Cénomanien est précédé par une discordance si profonde que, d'accord avec les observations de Uhlig dans d'autres parties des Carpathes, on peut parler d'une structure ancienne, anté-cénomanienne, et d'une structure plus récente, bien que les lignes directrices soient en gros restées les mêmes.

Cette région peut être désignée sous le nom de *fenêtre du Paring*.

A la torsion succède à l'Est l'inflexion vers le grand arc carpathique. La longue chaîne gneissique du Cozia (fig. 102), dirigée obliquement vers l'E.N.E. à partir du bord méridional des montagnes, montre le passage d'un régime à l'autre (I, p. 639). Reinhard l'a récemment étudiée[1]. A l'Est reparaissent encore une fois des schistes anciens; un effondrement, déjà reconnu comme tel par Toula, isole au Sud du Col de Törzburg le Mont Leota, représentant le fragment le plus oriental. L'effondrement lui-même, décrit par Popovici-Hatzeg et Simionescu, renferme des couches jurassiques et crétacées affaissées dans une sorte de fossé[2]. Le Mont Leota est, au Sud-Est, la pierre d'angle des Carpathes.

La lisière des Carpathes au Sud-Est. — Nous commencerons par le Nord. Czernowitz est sur les couches sarmatiques, qui reposent sur le deuxième étage méditerranéen. Ces terrains d'allure tranquille constituent un pays de collines, qui n'est séparé, au Sud, du Flysch plissé des Carpathes que par une lisière peu développée de Schlier salifère[3].

Dans le Nord de la Moldavie, la lisière des Carpathes s'accuse davantage. D'après Athanasiu, un plateau sarmatique s'étend du Nord et du Nord-Est par delà le Sereth jusqu'à la Moldova, puis viennent

1. M. Reinhard, *Der Cozia-Gneisszug in den Rumänischen Karpathen* (Bul. Soc. Sciint. Bucuresci, XVI, 1906, 103 p., 2 pl. dont 1 carte).

2. V. Popovici-Hatzeg, *Note préliminaire sur les calcaires tithoniques et néocomiens des Districts de Muscel, Dimbovitza et Prahova* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 3e sér., XXV, 1897, p. 549-553); du même, *Sur l'âge des conglomérats de Bucegi* (Ibid., p. 669-675); et *Contribution à l'histoire géologique des Carpathes roumaines. Étude géologique des environs de Campulung et de Sinaia.* Thèse. In-8°, 220 p., carte géol., Paris, 1898; J. Simionescu, *Ueber die Geologie des Quellgebietes des Dimbovicioara, Rumänien* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XLVIII, 1898, p. 9-52); du même, *Les Ammonites jurassiques de Bucegi* (Annales Sc. de l'Univ. de Jassy, III, 1905, p. 175-203, pl. I-IV); et dans d'autres publications.

3. K. M. Paul, *Grundzüge der Geologie der Bukowina* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XXVI, 1876, p. 263-330, pl. XVII : carte géol.).

vers le Sud-Ouest les « collines pré-carpathiques », formées de Schlier salifère; celles-ci augmentent rapidement de largeur et, sur les bords du Neamtzu (47° 13′ de lat. N.), atteignent déjà 20 kilomètres. Le Flysch est renversé vers l'Est par-dessus sa bordure [1].

Là commence le domaine des recherches de Mrazec et de Teisseyre, qui embrassent tout le Sud-Est (pl. V) [2].

Désormais, la plate-forme sarmatique de l'avant-pays se sépare des couches salifères par une cassure. Cet accident prend une telle importance qu'au Sud de Bacau (au Sud du confluent de la Bistritza et du Sereth), le Flysch affleure dans son alignement sur deux points situés très en dehors de la bordure des Carpathes [3]. Les couches salifères affectent une disposition en fond de bateau plus ou moins symétrique, avec un grand nombre de plis de moindre importance, qui sont généralement renversés.

Plus au Sud encore, au Sud de la rivière Trotus, la poussée du côté des Carpathes est encore plus énergique; les couches sarmatiques elles-mêmes se montrent fortement relevées sur le bord de la plate-forme. Les couches salifères apparaissent étroitement plissées entre la bordure sarmatique et les écailles du Flysch, à l'Ouest.

Encore plus au Sud, dans le voisinage du coude des Carpathes, aux environs de Rimnić-Sarat, le tableau a de nouveau changé; là, nous nous trouvons en face de l'extrémité du chaînon montagneux de Matchin (Dobrogea), à une distance de 100 kilomètres environ. — Les hauteurs sarmatiques qui jalonnaient le bord occidental de la plateforme ont disparu; une nouvelle bande sarmatique se dresse au N.E. de ces collines. Elle suit sur une grande distance, conformément à la courbure de la chaîne, la direction S.W. En même temps, des synclinaux sarmatiques existent au-dessus de la formation salifère elle-même; là, le plissement est donc post-sarmatique.

Au coude même de la chaîne se produisent les modifications suivantes.

Sur le cours supérieur du Buzeu, une bande se sépare peu à peu de

1. S. Athanasiu, *Morphologische Skizze der nordmoldauischen Karpathen* (Bull. Soc. des Sc. Bucarest, 1899, 48 p., carte); et *Geologische Studien in den nordmoldauischen Karpathen* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XLIX, 1899, p. 429-492).

2. L. Mrazec et W. Teisseyre, *Aperçu géologique sur les formations salifères et les gisements de sel en Roumanie* (Bibl. du Moniteur des Intérêts Pétrolifères Roumains). In-4°, Bukarest, 55 p., carte, 1902; W. Teisseyre und L. Mrazec, *Das Salzvorkommen in Rumänien* (OEsterr. Zeitschr. f. Berg- .u. Hüttenwes., LI, 1903, p. 197, 217, 231 et 247, nombreuses fig., 1 carte). Voir en outre : *Arbeiten der mit dem Studium der Petroleum-Regionen betrauten Commission* (hggb. v. k. Rumän. Minist. d. öff. Arb.). In-4°, 104 p., Bucarest, 1904 (auteurs de la carte : G. Alimanestianu, L. Mrazec et V. J. Bratianu; on y voit nettement les anticlinaux plus récents).

3. L. Mrazec und W. Teisseyre, *Ueber oligocäne Klippen am Rande der Karpathen bei Bacau (Moldau). Ein Beitrag zur Tektonik der rumänischen Karpathen* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., LI, 1901, p. 235-246).

la bordure extérieure du Flysch et, sous le nom d'*éperon de Valeni*, se prolonge parallèlement à la courbure générale, en décrivant un arc de grand rayon ; elle finit par se résoudre en une série de petits îlots de Flysch, qui dépassent le cours de la Prahova [1]. Ainsi se trouve isolée une longue baie autonome de terrain salifère, la baie de Slanitza (fig. 103). Son bord septentrional est une cassure, et les gites de sel que l'on trouve plus à l'Ouest appartiennent au prolongement de ce golfe, comme s'il s'était formé là un véritable *graben*.

Comme le prolongement de l'éperon de Valeni au S.W. et à

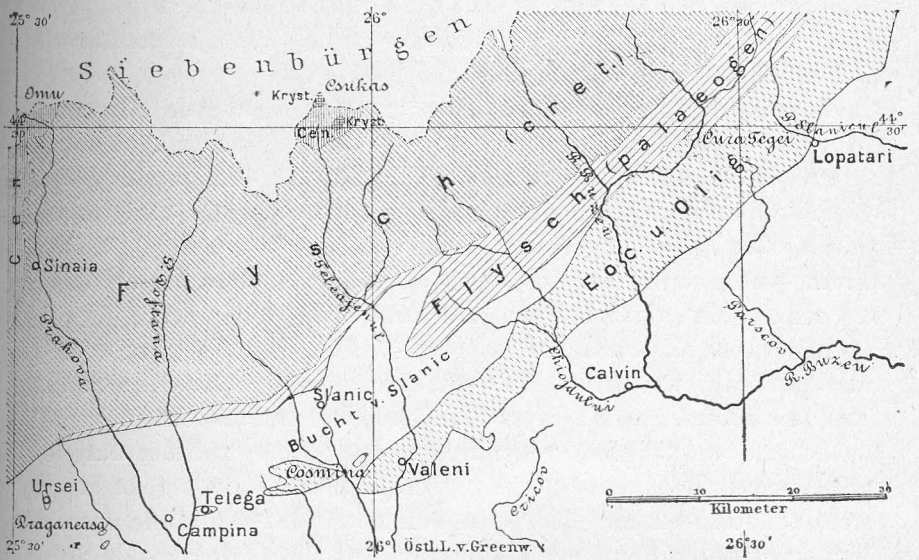


Fig. 103. — L'éperon de Valeni, d'après une esquisse communiquée par M. le Prof. Mrazec. Échelle de 1 : 800 000 environ.

l'W.S.W. est fort important à connaître pour l'exploitation du pétrole, on y a exécuté de nombreux forages ; et, grâce aux études de Mrazec et de Teisseyre, on connaît cet éperon beaucoup mieux probablement que ce n'est le cas pour aucune autre extrémité libre.

Les axes de tous les plis s'enfoncent dans l'éperon vers le S.W., puis vers l'W.S.W. A l'époque où se formaient les dépôts salifères miocènes, une partie de l'éperon devait être déjà émergée sous forme de péninsule. L'îlot de Cosmina est un anticlinal oligocène renversé vers le Sud, et recouvert de terrain salifère miocène ainsi que de

[1. Il résulte des dernières observations faites par les géologues roumains que l'éperon de Flysch de Valeni n'est pas en place, mais fait partie d'une nappe de charriage, comme Bergeron l'avait supposé dès 1904 ; J. Bergeron, *Observations relatives à la structure de la haute vallée de la Jalomita et des Carpathes roumaines* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4e sér., IV, 1904, p. 54-77, carte et coupes dans le texte). L. Mrazec, *La tectonique de l'éperon paléogène de Văleni* (Revue du Pétrole, 1re année, 1908, p. 247-250, carte et coupe).]

couches méotiques légèrement plissées. Dans la vallée de la Doftana, on constate des renversements post-pontiques. Près de Moreni, les couches levantines les plus récentes prennent même part à la formation d'une voûte. Mrazec et Teisseyre disent que le plissement a duré jusqu'à l'époque quaternaire. Le Lœss n'est pas disloqué. Vers l'extrémité des plis, c'est-à-dire vers l'W.S.W., des couches de plus en plus récentes prennent part au mouvement; c'est ce que ces géologues appellent des « plis mourants »; peut-être devrait-on les qualifier plutôt de « plis naissants »[1]. Ils attestent la longue durée et la continuité du phénomène.

Ainsi, *de la Bukovine jusqu'aux environs de Valeni, on constate des plissements de plus en plus récents.*

Au voisinage du coude du Danube, dans la contrée de Baragan (à l'W.N.W. de Tchernavoda, au Sud de la basse Jalomitza), un forage a percé à 178 mètres de profondeur la base de l'étage pontique, à 318 mètres celle de l'étage sarmatique, et a atteint après 4 mètres seulement d'argiles bigarrées la Craie supérieure (probable) à silex, terrain que la sonde n'a plus quitté jusqu'à 783 mètres. On ne signale pas, sur ce point, de couches méditerranéennes ou éocènes.

A Bucarest, un sondage a rencontré des bancs épais d'argile et de sable à Paludines et Unios; il n'a atteint des traces certaines du Sarmatique qu'à 800 mètres et a été arrêté à 1 008 mètres dans ce même étage[2].

Ces faits ont conduit à reprendre une hypothèse exprimée autrefois par Cobalcescu. D'après ce géologue, la falaise disposée en arc de cercle qui forme la rive droite du Danube répondrait à une cassure. Draghicenu pensait que cette ligne de faille Galatz-Tchernavoda-Sistov (peut-être même Kalafat) « appartient au même système que la fracture de Slanitza[3] ». Murgoci fait cependant observer, que, près de Roustchouk, le calcaire crétacé existe également sur la rive gauche; aussi conteste-t-il l'existence de la faille, en attribuant la falaise aux érosions du fleuve.

Quoi qu'il en soit, une dépression importante s'étend entre le

1. Le prolongement ultérieur de l'éperon, sous la forme d'un anticlinal légèrement renversé vers le Sud, a été établi par les sondages : L. Mrazec et W. Teisseyre, *Comunicare preliminara asuprá structurii geologice a regiunii Campina Bustenari* (An. Acad. Roman., Bucuresti, Ser. II, XXVIII, 1905-1906, p. 491-510, pl. I-II : carte et coupe); Mrazec, *Contribution à la géologie de Gura Œnitzei-Moreni* (Moniteur Pétrol. Roum., 20 septembre 1905, p. 785-789); voir aussi *Arb. Petrol. Comm.*, p. 90, et *Guide des Excursions du 3e Congrès International du Pétrole*, 1907. Mrazec note que, dans les anticlinaux chevauchés, le banc de sel perce fréquemment les couches surincombantes, et devient visible à la surface en formant de véritables récifs (« Durchspiesste Anticlinalen »).

2. Note du Prof. Mrazec, présentée à l'Académie de Bucarest, le 16 février 1907; G. Murgoci, *Guide des Excursions du 3e Congrès International du Pétrole*, 1907, V, p. 227.

3. M. M. Draghicénu, *Studii as asupra Hidrologiei subtereane diu punctul de vedere a alimentarei Oraselor*, etc. In-4°, 181 p., carte, Bucuresti, 1895; en particulier p. 52 et 54.

Danube et les Carpathes, et tout le Massif de Matchin s'abaisse, en aval d'Hirchova, dans la direction de cette fosse.

La Chaîne Cimmérienne. — Les dernières recherches dont le Massif de Matchin a été l'objet ont eu pour but d'élucider certains problèmes stratigraphiques [1]. Pascu a fait paraître une carte nouvelle [2]. Quant à la structure de ces montagnes, on ne peut que dire, aujourd'hui encore, qu'il y a là un fragment, dont la direction, E.-W. ou W.N.W. au voisinage de la mer, tend à se rapprocher de plus en plus de N.W. en allant vers l'intérieur. Au Sud-Ouest, les roches vertes (« Diabas-Pelit », d'après Peters) présentent un large développement; au Nord-Est, il existe en outre une série ancienne (phyllades et Verrucano près de Toultcha), et le gneiss du Nord-Ouest passe pour en représenter le terme le plus inférieur. Au milieu de ces roches, les sédiments mésozoïques s'avancent en bandes plus ou moins allongées jusque très loin dans le delta, ainsi que des nappes de porphyre et de mélaphyre. Le Trias est représenté par un grand nombre d'horizons. Le Crétacé supérieur est transgressif.

Ce massif est un fragment d'une unité beaucoup plus vaste : c'est là une conclusion qui ne saurait faire l'objet d'aucun doute. Par sa situation et par son âge anté-crétacé, il semblerait devoir se rattacher à la Crimée. D'accord avec Mrazec, nous désignerons cette unité, comprenant les Montagnes de la Crimée, l'Ile des Serpents et le Massif de Matchin, sous le nom de *Chaîne Cimmérienne.*

La Plate-forme Bulgare et les steppes de Crimée s'y rattachent.

L'escarpement sous-marin qui court du Cap Emineh au Cap Staritch, et le long duquel le fond de la Mer Noire s'abaisse de — 70 ou 80 mètres à — 1000 ou 1800 mètres, a été regardé ici-même (I, p. 630), d'accord avec plusieurs auteurs, comme l'indice d'une ancienne jonction entre la Crimée et les Balkans. Mais cette falaise ne correspond pas à la direction des couches; Draghicenu la considère comme le bord d'un affaissement; cette manière de voir paraît être celle qui s'accorde le mieux avec les faits.

Ainsi se délimite un domaine où le plissement est partout antérieur au Néocomien. C'est un fragment d'avant-pays mésozoïque, intercalé

1. K. A. Redlich, *Geologische Studien in Rumänien*, II (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1896, p. 492-502); V. Anastasiu, *Le Trias de la Dobrudgea* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 3e sér., XXV, 1897, p. 890-894). [Voir aussi V. Anastasiu, *Contribution à l'étude géologique de la Dobrogea (Roumanie). Terrains secondaires.* Thèse. In-8°, 133 p., 1 carte géol. à 1 : 800,000. Paris, 1898.] Un aperçu général est donné par F. Toula, *Eine geologische Reise in der Dobrudscha* (Schriften des Vereines zur Verbr. naturw. Kenntn. Wien, XXXIII, 1893, p. 543-604).

2. R. Pascu, *Studii geologice si miniere in Judetului Tulcea* (Servic Minelor). In-8°, 50 p., Bucuresti, 1904.

entre le horst d'Azov et les plis plus récents des Balkans et des Carpathes. On ne connaît aucun autre exemple d'un fragment intermédiaire analogue. Les bouches du Danube lui appartiennent.

Une seule formation peut venir en ligne de compte, comme représentant le prolongement possible de la Chaîne Cimmérienne : ce sont les bandes mésozoïques de l'intérieur des Carpathes, par exemple celle qui longe à l'Est le massif gneissique de la Moldavie et la traînée des Monts Persány en Transylvanie.

Uhlig a établi que la zone mésozoïque du Sud de la Bukovine et du massif moldave n'affecte pas, comme on l'admettait jusqu'à présent, une structure unilatérale, avec plongement au N.E., mais qu'elle possède une aile symétrique au N.E. Cette zone répond donc à une véritable cuvette; elle perd ainsi toute individualité tectonique et se trouve faire partie d'un ensemble plus vaste. Le Trias, le Lias et le Jurassique y sont représentés, comme dans la Chaîne Cimmérienne. Plusieurs discordances apparaissent au sein de cette série, comme en Crimée, et la transgression du Crétacé supérieur s'y manifeste également. Le calcaire à Caprotines repose parfois directement sur les schistes cristallins ou sur le Trias [1].

La discordance entre le Trias et le calcaire à Caprotines sur le plateau du Rareu, dans les Carpathes de la Bukovine, a la même importance que la transgression du Carbonifère supérieur sur les noyaux montagneux varisques, dans les Alpes : elle signale la réapparition des caractères de l'avant-pays.

Il faut tenir compte, en outre, de la présence de roches cimmériennes sur la lisière des Carpathes Orientales. Ces roches ont été décrites par de nombreux observateurs, et en dernier lieu par Zuber [2].

Uhlig a distingué une zone interne de conglomérats et de blocs d'origine carpathique, dans le Flysch, et une zone externe. Les blocs de cette zone externe sont considérés, d'un commun accord, comme étant en majeure partie de provenance étrangère aux Carpathes.

Un calcaire blanc, qui, sans doute, est presque toujours jurassique, se trouve tout le long de la lisière des Carpathes. A l'Ouest s'y ajoutent des terrains dont les analogues se trouvent en place dans les Sudètes; mais à l'Est, on trouve aussi une roche verte singulière, qui tantôt ressemble à un schiste lustré, et tantôt se montre dure et résistante. Zuber y voit une transformation dynamique des tufs, associés aux dia-

1. V. Uhlig, *Vorläufiger Bericht über eine geologische Reise in das Gebiet der goldenen Bistritz* (Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturwiss. Cl., XCVIII, Abth. I, 1889, p. 728-743), et *Ueber die Beziehungen der südlichen Klippenzone zu den Ostkarpathen* (Ibid., CVI, Abth. I, 1897, p. 188-206, carte schématique).

2. R. Zuber, *Neue Karpathenstudien* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., LII, 1902, p. 245-528); les données antérieures ont été recueillies dans ce mémoire.

bases, qui forment sur une largeur notable le Sud-Ouest du Massif de Matchin ; ce géologue a même publié une série de coupes (fig. 104), qui représentent l'enfoncement de cette chaîne sous la bordure des Carpathes[1].

Près de Krásna, en Bukovine, Alth et Paul ont trouvé à la limite

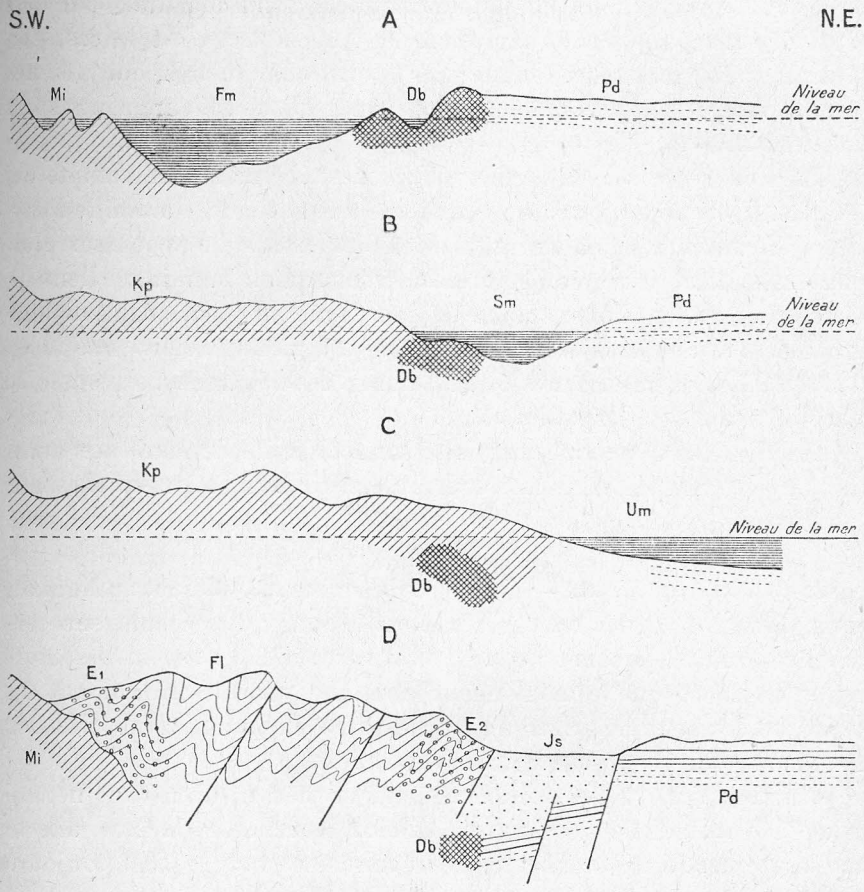


Fig. 104. — Évolution de la Chaîne Cimmérienne au voisinage des Carpathes Orientales, d'après R. Zuber (*Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst.*, LII, 1902, p. 257).

A, coupe schématique à l'Oligocène ; B, au Miocène inférieur ; C, au Miocène supérieur ; D, état actuel. — Mi. Ile de Marmarosch ; Kp. Carpathes ; Db. Chaîne de la Dobrogea ; Pd. Plate-forme de la Podolie ; Fm. Mer du Flysch ; Fl. Flysch ; E_1, E_2. Zone des conglomérats et des blocs exotiques ; Sm. Mer de l'étage salifère ; Um. Mer du Miocène supérieur ; Js. Sédiments récents.

externe des Carpathes un lambeau absolument isolé de calcaire blanc, long de 4 kilomètres et large de 200 mètres à peine, en partie bréchoïde, reposant sur des schistes appartenant déjà peut-être à l'étage

1. Neminar a décrit cette roche, en 1877, comme étant un schiste vert avec nombreuses petites écailles de hornblende, dont la résistance et le caractère massif augmentent en raison de l'abondance de ce minéral. Dès cette époque, Paul et Tietze pensaient qu'elle était tout à fait étrangère, et peut-être en place au même point (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst..

qui vient immédiatement ensuite, — un agglomérat vert, formé de fragments anguleux des mêmes schistes [1].

Uhlig désigne la roche du Nord de la Moldavie comme un schiste chloriteux d'un vert foncé. « On constate avec étonnement, dit ce géologue, que des chaînons montagneux entiers sont constitués par des blocs de cette roche, à l'exclusion de toute autre. C'est le cas, par exemple, pour la bande, longue d'environ 10 kilomètres, qui s'étend entre la ville et le couvent de Niamtz, bande où les affleurements sont excellents... » [2].

On a eu recours à différentes hypothèses pour rendre compte de ces faits. Presque toujours, on a imaginé une sorte de « muraille littorale » (*Strandwall*); finalement, il a été impossible de repousser plus longtemps une autre conjecture, à savoir qu'on aurait réellement affaire aux restes d'une chaîne de montagnes n'appartenant ni aux Carpathes, ni au horst de Podolie. Zuber a également émis cette idée, et il qualifie les montagnes de la Dobrogea de « troisième voussoir, placé en avant des Carpathes ».

En fait, l'entraînement jusqu'à la surface du sol de lambeaux arrachés au substratum Cimmérien fournit la seule explication satisfaisante des faits observés.

Coup d'œil général. — Parmi les branches aboutissant au Nord du horst d'Azov, l'alignement de l'Alaï est le seul qui présente une certaine continuité. Il conserve la direction rectiligne des chaînes asiatiques, de même que le mouvement asiatique vers le Sud, autant du moins qu'on peut en juger d'après le redressement du flanc Sud des anticlinaux dans le bassin houiller du Donetz.

Au Sud du horst d'Azov, on ne peut, de même, suivre avec netteté qu'un seul alignement, celui de l'Hindou-Kouch. Le Caucase affecte une allure rectiligne, asiatique, avec plissement vers le Sud, toujours comme en Asie, et il disparaît sous le Pont-Euxin. Des plis tertiaires plus récents, poussés vers la chaîne à partir du Nord, se bifurquent en face d'un fragment du Massif Cimmérien.

La Chaîne Cimmérienne se moule sur le horst d'Azov et rétrécit l'ouverture par laquelle pénètrent les plis plus récents.

Les Balkans commencent à l'Est par des plissements récents, d'une faible amplitude, comme si l'on se trouvait au voisinage d'une extrémité libre; plus à l'Ouest, en particulier sur l'Isker, on observe dans

XXVII, 1877, p. 125). Mrazec confirme sa ressemblance avec certaines roches de la Dobrogea.

1. K. M. Paul, *Grundzüge der Geologie der Bukowina*, p. 318.
2. V. Uhlig, *Bericht über das Gebiet der goldenen Bistritz*, p. 741.

certains noyaux anciens, bien délimités, les discordances typiques des Altaïdes; ensuite, la chaîne enveloppe par un mouvement de torsion le horst du Danube et passe ainsi aux Carpathes Roumaines. Après l'étranglement déterminé par cette torsion, il se produit un charriage des coulisses dans la direction du Sud, et la fenêtre du Paring apparaît. L'arc Carpathique déborde sur la Chaîne Cimmérienne, puis sur le horst de Podolie et sur les prolongements affaissés des avant-chaînes varisques (montagnes de Sandomir); il s'étale enfin par-dessus les Sudètes, et c'est alors seulement qu'il va se raccorder avec les Alpes.

L'histoire de la pénétration des Altaïdes en Europe est très complexe. L'édifice anté-permien est certainement encore représenté dans le Balkan Occidental. Les multiples discordances qu'on observe dans la série mésozoïque de la Chaîne Cimmérienne sont sans doute le témoignage des phases ultérieures de cette histoire. On constate aujourd'hui un phénomène singulier, c'est *que les chaînes anté-permiennes et mésozoïques (Massif Cimmérien) sont morcelées et masquées, et que, des deux côtés, les extrémités libres des chaînes plus récentes affluent en quelque sorte vers le domaine pontique*; il en est ainsi dans les Carpathes, où, de la Bukovine jusqu'à l'éperon de Valeni, des plissements de plus en plus récents se font sentir; la même allure prévaut dans le Balkan Oriental, et aussi en territoire asiatique pour les plis jeunes, bifurqués, du Nord-Ouest du Caucase.

Il semble presque qu'une antique jonction ait été interrompue, et qu'elle tende à se rétablir suivant des lignes nouvelles.

Fractures varisques. — La première partie des Altaïdes européennes, l'arc varisque, avant même de se résoudre en horsts, ne possédait pas une structure homogène. Il renfermait des enclaves calédoniennes, et son allure avait été influencée très profondément par un vaste massif précambrien situé sur son bord méridional, le *Massif archéen de la Bohême*. Nous en avons déjà parlé (II, p. 197) comme d'un fragment étranger et inexpliqué. Franz E. Suess a, depuis lors, précisé ses limites du côté de l'édifice varisque (voir la pl. IV, ci-jointe); il a nommé la partie occidentale, la plus ancienne, *Massif Moldanubien*, et la partie riche en graphite qui s'y rattache à l'Est, et dont l'âge est également précambrien, *Zone Morave* [1].

L'Est de la Bavière, l'Ouest et le Sud de la Bohême, l'Ouest de la Moravie, le Nord de la Haute-Autriche et le Nord-Ouest de la Basse-Autriche appartiennent au Massif Moldanubien. Celui-ci franchit le Danube sur une largeur notable, à l'état de haut plateau gneissique, et s'affaisse à une grande profondeur en vue des Alpes. Près de Wels,

1. Franz E. Suess, *Bau und Bild Oesterreichs*. In-8°, Wien-Leipzig, 1903, I, p. 39, 275, 314.

dans la Haute-Autriche, à 17 kilomètres au Sud de son bord méridional visible et à 26 kilomètres du bord des Alpes, un sondage a percé sur une épaisseur de 1037 mètres des sédiments d'âge tertiaire moyen et, immédiatement au-dessous, à 722 mètres au-dessous du niveau de la mer, on a rencontré le gneiss à cordiérite de la Bohême, sans aucune trace de terrains alpins [1].

Un brusque changement de direction, qui se produit au Sud de la station thermale de Marienbad et qu'on peut suivre à travers les montagnes en allant vers la Bavière, indique du côté de l'Ouest la limite avec le territoire varisque du Fichtelgebirge; Hochstetter l'a déjà remarqué. A l'Est, du côté des Sudètes, Bukowski a trouvé, dans la haute vallée de la March (Morava), une limite également nette, tandis que vers le Centre de la Bohême le manteau crétacé masque beaucoup de détails [2].

On connaît en plusieurs endroits des enclaves calédoniennes. Liebe en a décrit en Thuringe [3]. L'exemple le plus frappant répond aux massifs de Rocroi, de Serpont et de Stavelot (Hohe Venn), dans l'Ardenne. Gosselet a montré que l'étage de Llandovery participe encore à leur direction aberrante, tandis que le Dévonien les recouvre en discordance [4].

1. R. J. Schubert, *Die Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung der bei der ärarischen Tiefbohrung zu Wels durchteuften Schichten* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., LIII, 1903, p. 385-422, pl. XIX).

2. G. Bukowski, Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1900, p. 198, et ailleurs. La série des formations paléozoïques anciennes de la Bohême occidentale disparaît, non loin de Prague, sous la couverture crétacée. Jahn a pu établir qu'elle décrit souterrainement une courbe, qu'elle reparaît au bord oriental de l'Eisengebirge, et que ses lambeaux, flottant sur le basalte, sont ramenés au jour aux environs de Pardubitz; J. J. Jahn, *Die Silurformation im östlichen Böhmen* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XLVIII, 1898, p. 207-230). Les constatations, antérieures en date, de Krejci laissent entrevoir un résultat analogue.

3. K. Th. Liebe, *Uebersicht über den Schichtenaufbau Ostthüringens* (Abhandl. zur Geol. Specialkarte v. Preussen, V, Heft 4, 1884, p. 401-530, 2 cartes; en particulier p. 434 et 441). Voir aussi Zimmermann, Jahrb. k. Preuss. Geol. Landesanst., XV, 1894, p. LVIII. Le prétendu « système du Frankenwald », de Liebe, s'expliquerait sans doute par la direction des cassures de la Franconie.

4. J. Gosselet, *Remarques sur la discordance du Dévonien sur le Cambrien dans le massif de Stavelot* (Annales Soc. Géol. du Nord, XV, 1887-88, p. 158-161); voir aussi ibid., XIII, 1885-86, p. 288, et surtout : *L'Ardenne*. In-4°, Paris, 1888, p. 705 et suiv. (Mém. pour servir à l'explic. de la Carte géol. détaillée de la Fr.). Certains détails apparaissent déjà dans André Dumont, *Mémoire sur les terrains Ardennais et Rhénan de l'Ardenne, du Rhin, du Brabant et du Condros*, 1re partie (Mém. Acad. Roy. Sc. Bruxelles, XX, 1847, p. 45-92). Pour le Condroz, voir G. Simoens, *De l'indépendance, en Belgique, des chaînes calédonienne et hercynienne* (Bull. Soc. Belge de Géol., Bruxelles, XX, 1906, Proc.-verb., p. 100-102). P. Fourmarier admet qu'ultérieurement s'est produit un chevauchement complet du bord septentrional du Hohe Venn : P. Fourmarier, *La structure du massif de Theux et ses relations avec les régions voisines* (Annales Soc. Géol. de Belgique, XXXIII, 1905-1906, Mém., p. 109-139, pl. V-VII : cartes); du même, *La tectonique de l'Ardenne* (Ibid., XXXIV, 1906-1907, Mém., p. 15-123, pl. I-XII : cartes et coupes, en particulier p. 113). G. Simoens décrit encore, à l'W.N.W. de Nivelles, des traces calédoniennes situées extérieurement à la bordure varisque : *Exemple de failles bordières du massif du Brabant* (Bull. Soc. Belge de Géol., XXI, 1907. Proc.-verb., p. 71). Il ne semble pas absolument certain que ces gisements ne puissent appartenir à l'ensemble dont il sera question plus loin sous le nom de « Saharides ».

Cet édifice varisque, assez hétérogène, est traversé par des cassures dont le plus grand nombre sont évidemment d'origine locale, tandis qu'à côté se montrent deux groupes d'accidents linéaires trahissant par leur allure autonome une origine tout à fait différente. L'un de ces deux groupes est caractérisé par la direction N. ou N.N.E., et l'autre par la direction N.W. ou W.N.W.

1° Accidents en rapport avec le plissement. — Nous ne mentionnerons que quelques exemples de fractures indigènes.

Les vraies failles longitudinales sont rares et, à ce qu'il semble, limitées à l'Ouest.

L'exemple le plus notable est celui du *fossé de la Sarre et de la Nahe*. Ce *graben* est bien connu, grâce à l'exploitation des mines et à d'excellents travaux. D'après Leppla, son histoire est la suivante : Après la surrection de la chaîne varisque se forma un fossé longitudinal, au fond duquel s'entassèrent les veines de charbon du terrain houiller supérieur et le Rothliegende, accompagné de sédiments d'origine locale et de roches intrusives. Puis, à l'époque du Rothliegende supérieur, un anticlinal allongé, le « Pfälzer Sattel », prit naissance. Ensuite, mais toujours avant le dépôt du Grès bigarré, l'aile Sud de cet anticlinal s'affaissa, le long d'une faille dont le rejet atteint environ 2000 mètres. Après le dépôt du Grès bigarré, et peut-être seulement au début de la période tertiaire, sont survenus de nouveaux affaissements de 50 à 100 mètres. Ainsi donc, il est établi que des failles longitudinales ont pris naissance dans ce bassin avant l'époque du Houiller supérieur, après le Rothliegende supérieur, et avant et après le dépôt du Grès bigarré [1].

Ce fossé se dirige au N.E. vers le Rhin et au S.W. vers la France. En suivant la direction varisque, des sondages ont, conformément aux prévisions de Nicklès, atteint le terrain houiller supérieur, dans le département de Meurthe-et-Moselle, entre 700 et 800 mètres de profondeur [2].

1. A. Leppla, *Geologische Skizze des Saarbrücker Steinkohlengebirges* (Aus d. Festschrift z. IX. Allg. deutsch. Bergmannstage). In-8°, 57 p., Berlin, 1904.

2. R. Nicklès, *De l'existence possible de la Houille en Meurthe-et-Moselle*. In-8°, 24 p., Nancy, 1902; C. Cavallier, *Sur la découverte de la houille en Meurthe-et-Moselle* (C. R. Acad. Sc., CXL, 1905, 1er sem., p. 893-895); R. Nicklès, *Sur les recherches de houille en Meurthe-et-Moselle* (Ibid., p. 896-898); R. Nicklès, *Sur la découverte de la houille à Abaucourt, Meurthe-et-Moselle* (Ibid., CXLI, 1905, 2e sem., p. 66-68); voir aussi les notes de Bergeron, Laur, etc. [Voir en outre : R. Nicklès et H. Joly, *Sur la tectonique des terrains secondaires du Nord de Meurthe-et-Moselle* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4e sér., VII, 1907, p. 293-306, carte dans le texte; résumé, C. R. Acad. Sc., CXLIV, 1907, 1er sem., p. 586-589, carte); R. Zeiller, *Sur la flore et sur les niveaux relatifs des sondages houillers de Meurthe-et-Moselle* (C. R. Acad. Sc., CXLIV, 1907, 1er sem., p. 1137-1143); J. Bergeron, *Sur les dômes du terrain houiller en Lorraine française* (Ibid., p. 1185-1186); R. Nicklès, *Sur l'existence de la houille à Gironcourt-sur-Vraine (Vosges)* (Ibid., CXLVIII, 1909, 1er sem., p. 323-326); P. Termier, additions à la note précédente (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4e sér., IX, 1909, p. 75-76).]

Dans son prolongement ultérieur, cette direction n'aboutit pas au Plateau Central; mais les longues traînées de gisements houillers, souvent limitées par des failles, qu'on observe dans cette région, et qui ont été considérées tantôt comme des canaux et tantôt comme des cuvettes synclinales, rappellent beaucoup, par un grand nombre de leurs caractères, le fossé de la Sarre. Les études de Michel-Lévy, De Launay, etc., sur leur structure, et celles de Fayol et Grand'Eury, sur leur mode de remplissage (II, p. 399-404), ne permettent guère de douter qu'ils se sont formés dans des bassins distincts dès l'origine. Là encore, il y a des failles qui sont antérieures au terrain houiller supérieur, d'autres qui sont seulement anté-triasiques, et d'autres enfin dont l'âge est plus récent[1]. Le long chapelet de bassins houillers qui s'étend de Souvigny à Pléaux ne répond à un alignement varisque que sur la bordure Nord et la bordure Sud du Plateau Central : ailleurs, c'est une fracture ou un *graben*, et on aurait tort, par conséquent, de le considérer comme une ligne directrice du plissement (II, p. 184)[2].

Un second exemple est fourni par la *falaise méridionale de l'Erzgebirge*. Laube a montré que cet escarpement, au lieu de suivre la direction des couches, recoupe obliquement la série des zones de terrains[3]. Il se termine à l'Est en face de la fracture de l'Elbe et doit, par conséquent, être plus récent que celle-ci. En même temps, une plateforme crétacée s'abaisse des hauteurs de l'Erzgebirge vers la fracture de l'Elbe. Le bassin de lignites qui s'étend au pied du massif est recoupé par des cassures parallèles. La faille de l'Erzgebirge n'a que des rapports éloignés avec les basaltes du Nord de la Bohême. Ceux-ci commencent à apparaître en Bavière, se prolongent vers l'Est à travers le Riesengebirge jusque vers Ostrau, et possèdent quelques bouches d'éruption isolées fort loin au Sud et aussi au Nord de l'Erzgebirge. Mais, en fait, ils atteignent leur plus grand développement dans la région affaissée.

Un exemple de nature différente correspond à la *faille du Danube*, de Ratisbonne à Passau (I, p. 249-255). Elle est comprise en entier dans le Jurassique supérieur. Son tracé est légèrement concave. Il n'y a vrai-

1. Voir, par exemple : Michel-Lévy, *Sur les roches éruptives basiques, cambriennes du Mâconnais et du Beaujolais* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 3e sér., XI, 1882-83, p. 278) : failles datant du Permien supérieur.

2. L. De Launay, *Études sur le Plateau Central*, II, *Le massif de Saint-Saulge et ses relations avec le terrain houiller de Decize* (Bull. Service Carte géol. de la Fr., VII, 1895-1896, n° 46, p. 183-205, 4 pl.; notamment p. 193). J. Bergeron s'est demandé si ce long alignement ne formerait pas la limite des cassures armoricaines; voir son travail intitulé : *De l'extension possible des différents bassins houillers de la France* (Mém. Soc. des Ingénieurs civils, 5e sér., XIII, 1906, p. 1337, pl. 169).

3. G. C. Laube, *Geologie des böhmischen Erzgebirges*, II (Archiv d. Naturwiss. Durchforschung v. Böhmen, VI, n° 4, 1887, p. 1-259; nombreux passages).

ment fracture que sur quelques tronçons de son parcours; ailleurs, les couches s'abaissent vers la plaine en décrivant une flexure, comme le ferait un tapis sous l'influence de son poids. Au-dessus de cet accident se trouvent les pointements éruptifs connus du Ries, du Höhgau, etc. Il est plus récent que le Crétacé supérieur et plus ancien que la Mollasse d'eau douce inférieure. L'amplitude de l'affaissement est considérable. A Ochsenhausen, au Sud d'Ulm, à 30 kilomètres de la fracture, un sondage poussé jusqu'à 738 mètres de profondeur (à 141 mètres au-dessous du niveau de la mer) n'a pas atteint la base de la Mollasse. On a souvent supposé que cette faille se rattachait, d'une manière ou d'une autre, à la formation des Alpes.

De même, Michel-Lévy a décrit, dans l'Est du Plateau Central, toute une série de « plissements à grand rayon de courbure » qu'il considère comme autant d'anticlinaux effondrés, parallèles aux Alpes; ces plis démontreraient que, dans cette région, le horst était moins rigide. Il s'agit là d'une influence des Alpes sur le horst, tandis que l'influence des horsts sur les Alpes admise par d'autres observateurs ne se manifeste que par les déviations des Alpes[1].

Non moindre est la diversité des *contours des horsts*.

Il arrive souvent qu'une cassure reste invisible dans les terrains anciens, et qu'elle se traduit brusquement en pénétrant dans leur couverture sédimentaire. Une roche servant d'horizon caractéristique, comme une nappe intrusive ou un banc de schistes siliceux, permet de reconnaître de nombreuses fractures qui, autrement, demeureraient insoupçonnées (fig. 105); et les travaux des mineurs ont plus d'une fois résolu le terrain en une mosaïque de fragments polygonaux. Plus est poussée loin l'observation, — dont la limite est la plaque mince, examinée au microscope, — et plus l'influence des grands phénomènes diminue : ce sont les compressions, les déplacements et les adaptations locales dont on aperçoit les effets. L'analyse devient alors un travail à peu près stérile.

Si l'affaissement affecte un territoire ainsi morcelé, il se produit des horsts limités par des failles affectant les longueurs et les directions les plus diverses, toutes absolument indépendantes de l'allure des terrains, parfois influencées peut-être par les plans de schistosité parallèles, mais où jamais, comme sur le Danube, la tendance à la formation de flexures ne se fait jour.

1. W. Branco, *Schwabens 125 Vulcan-Embryonen und deren tufferfüllte Ausbruchsröhren* (Jahreshefte d. Ver. f. vaterl. Naturkunde in Württemberg, L, 1894, p. 519). Michel-Lévy, *Étude sur les roches cristallines et éruptives des environs du Mont-Blanc* (Bull. Service Carte géol. de la Fr., I, nº 9, 1889-1890, p. 24 et suiv.); le même, Bull. Soc. Géol. de Fr., 3e sér., XVIII, 1889-1890, p. 691.

Un exemple de l'indépendance des fractures bordières est fourni par Denckmann, dans la description si instructive qu'il a donnée du horst du Kellerwald, entre Cassel et Marburg [1].

La carte du Harz Occidental de Langsdorff indique, sur un espace

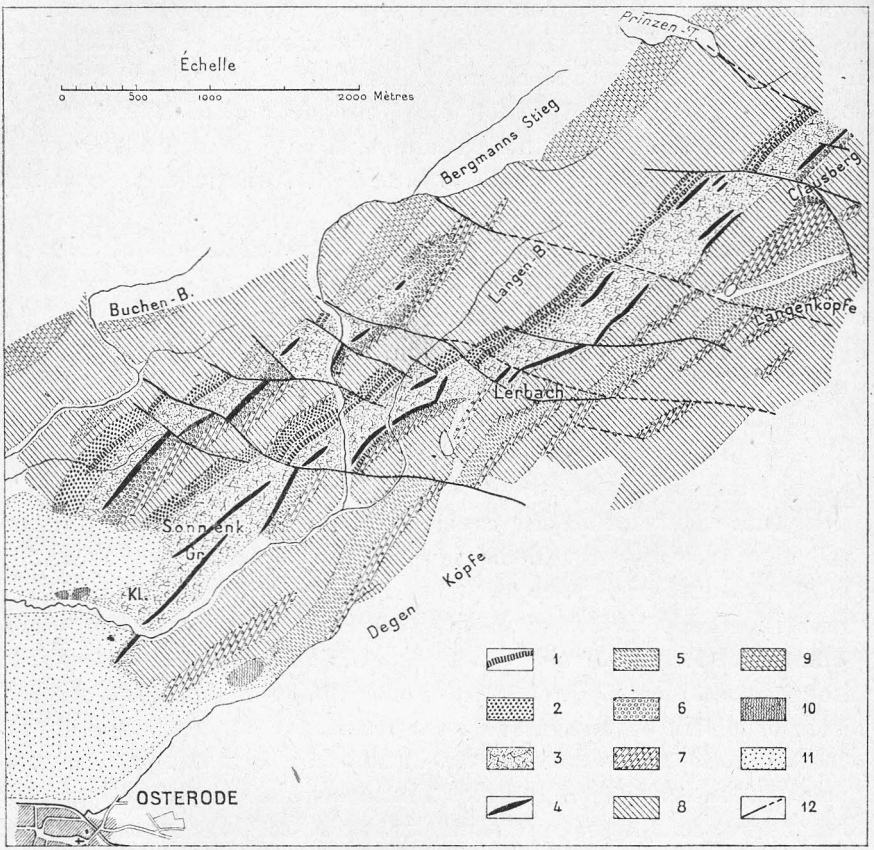
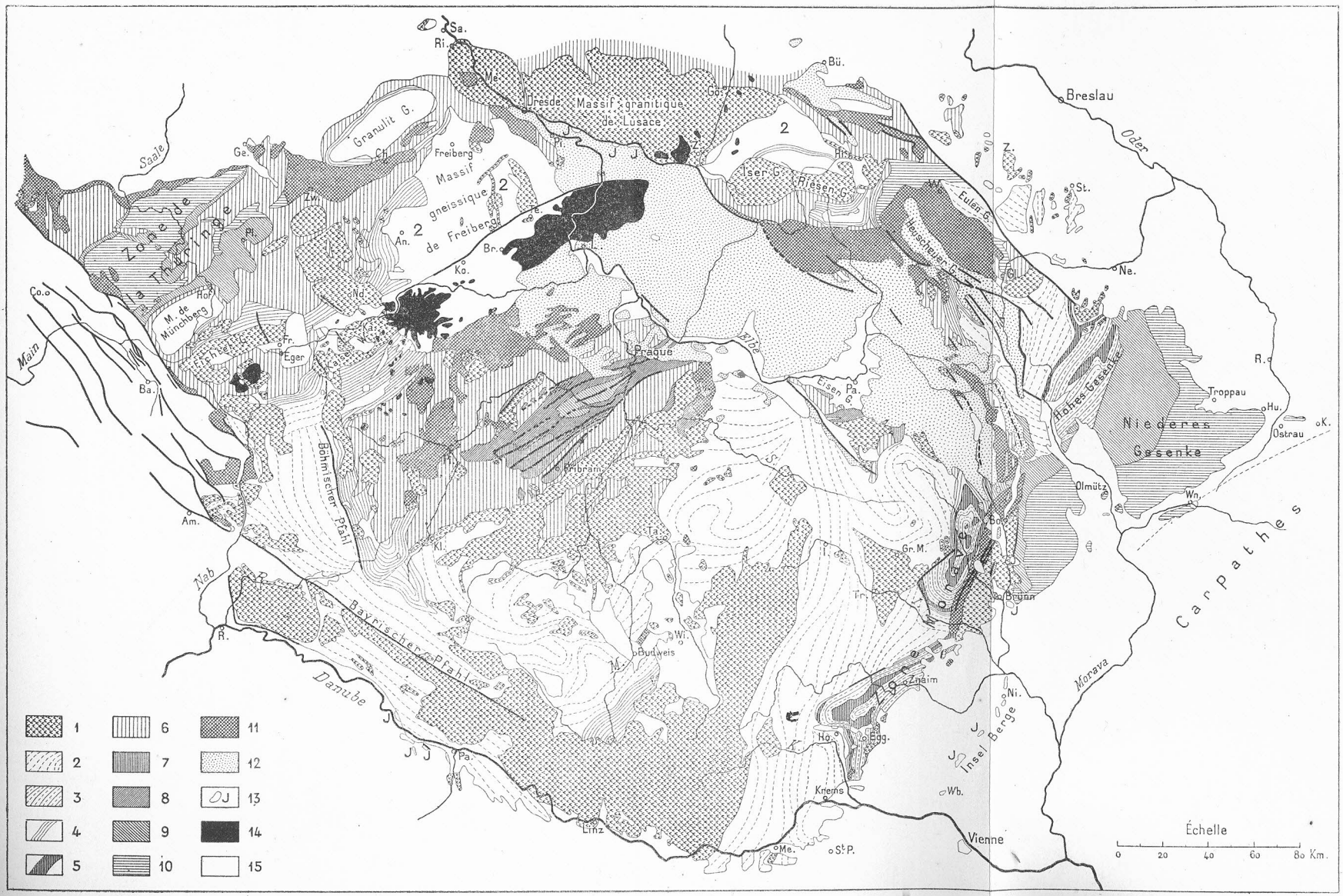


FIG. 105. — Failles morcelant la bande des diabases du Harz Occidental entre Osterode et le Clausberg, d'après M. Koch (*in* F. Beyschlag, P. Krusch, J. H. L. Vogt, *Die Lagerstätten der nutzbaren Mineralien und Gesteine nach Form, Inhalt und Entstehung*, I. In-8°, Stuttgart, 1909, p. 28, fig. 35).

1. Schistes de Wissenbach; 2. Diabases qui leur sont associées; 3. Amygdaloïdes et tufs; 4. Couches à Stringocéphales; 5. Schistes à Cypridines; 6. Diabase variolitique grenue; 7. Schistes siliceux et adinoles; 8. Grauwacke de Clausthal; 9. Grauwacke de Grund; 10. Permien (Zechstein); 11. Alluvions anciennes; 12. Failles et filons métallifères. — Échelle de 1 : 50 000.

ayant 18 kilomètres de long et autant de large, environ 44 accidents tectoniques, s'orientant à peu près E.S.E., mais dont quelques-uns recoupent les autres suivant un angle aigu; tous se montrent obliques

1. A. Denckmann, *Der geologische Bau des Kellerwaldes* (Abhandl. k. Preuss. Geol. Landesanst., neue Folge, Heft 34, p. 1-88, pl. I-III : cartes, 1901).



Croquis tectonique du Massif Bohémien, d'après Franz E. Suess (*Bau und Bild der böhmischen Masse.* Gr. in-8°, Wien-Leipzig, 1903, planche finale).

1. Roches cristallines anciennes (granite, syénite, etc.); 2. Gneiss, granulite et schistes cristallins; 3. « Bittescher Gneiss » et gneiss du Hochschaar et de l'Altvatergebirge; 4. Micaschistes, roches amphiboliques du Nord du Böhmerwald et de Lettowitz; 5. Phyllades archéens de la Zone Morave et des Sudètes Orientales; 6. Schistes précambriens du Centre de la Bohême; schistes paléozoïques anciens et schistes d'âge indéterminé des chaînes bordières septentrionales; 7. Cambrien; 8. Silurien inférieur; 9. Silurien supérieur et Dévonien; 10. Carbonifère inférieur; 11. Carbonifère supérieur (terrain houiller) et Permien; 12. Terrain crétacé; 13. Terrain jurassique (j); 14. Roches volcaniques tertiaires, tufs; 15. Formations tertiaires et dépôts récents. — Échelle de 1 : 2 500 000.

Abréviations : *Am.* Amberg; *An.* Annaberg; *Ba.* Bayreuth; *Bo.* Boskowitz; *Br.* Brüx; *Bu.* Bunzlau; *Ch.* Chemnitz; *Co.* Coburg: *Egg.* Eggenburg; *Fr.* Franzensbad; *Ge.* Gera; *Gl.* Glatz; *Gö.* Görlitz; *Gr. M.* Gross Meseritsch; *Hi.* Hirschberg; *Ho.* Horn; *Hu.* Hultschin; *I.* Iglau, Iglawa; *K.* Kamp; *K.* Karwin; *Ka.* Karlsbad; *Kl.* Klattau; *Ko.* Komotau; *L.* Landskron; *L.* Leitmeritz; *Me.* Meissen; *Me.* Melk; *Nd.* Neudek; *Ne.* Neisse; *Ni.* Nikolsburg; *Pa.* Pardubitz; *Pa.* Passau; *Pi.* Pilsen; *Pi.* Pirna; *Pl.* Plauen; *R.* Ratibor; *R.* Regen; *R.* Regensburg [Ratisbonne]; *Ri.* Riesa; *S.* Sazava; *Sa.* Strehla; *St P.* St. Pölten; *Ta.* Tabor; *Te.* Teplitz; *Tr.* Trebitsch; *Wb.* Waschberg; *Wi.* Wittingen; *Wn.* Weisskirchen *Z.* Zittau; *Z.* Zobten; *Zw.* Zwickau.

à la direction des plis[1]. Il est possible que là on ait affaire à des surfaces de schistosité.

Sur le bord des horsts se présentent parfois aussi des lignes un peu plus longues, dont l'origine est inconnue. A ce groupe appartiennent, par exemple, les cassures dirigées à peu près N.-S. qui limitent vers l'Ouest le Morvan et le petit horst adjacent de Saint-Saulge, et dont on doit l'étude à Michel-Lévy. Elles se poursuivent vers le Nord, à travers les sédiments plus récents, jusqu'au delà d'Auxerre, et Dollfus a pu

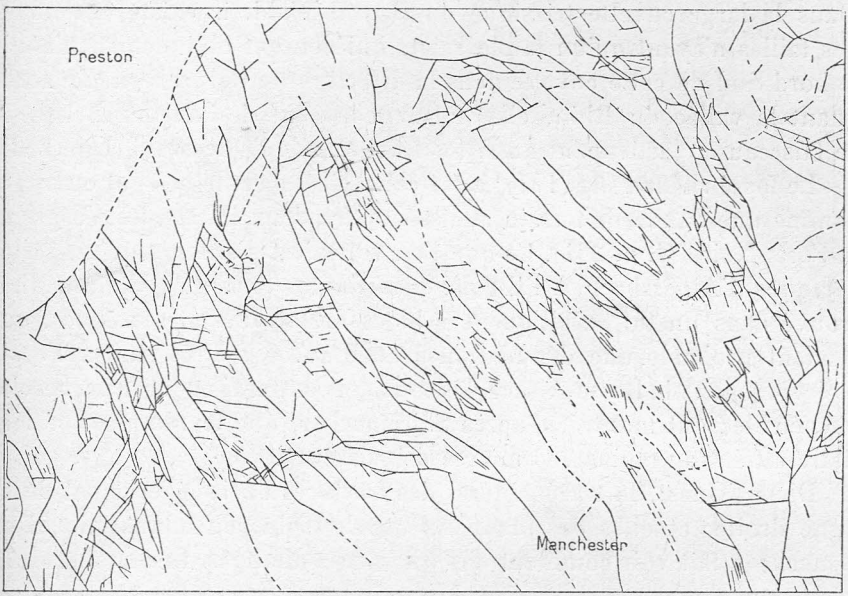


FIG. 106. — Failles de la région houillère du Lancashire, d'après les cartes du *Geological Survey of Great Britain*, réduites par W. Prinz (*Bull. Soc. Belge de Géol.*, XVIII, 1904, Mémoires, p. 144-145). — Échelle de 1 : 500 000 environ.

établir qu'elles sont plus récentes que le Calcaire de Beauce et plus anciennes que les Sables de la Sologne, qui se placent au-dessous du deuxième étage méditerranéen, à peu près au niveau du Schlier autrichien[2].

La diversité de type des fractures bordières ne saurait être épuisée ici. Ordinairement, tout ce qui se dévoile au regard ne saurait être

1. W. Langsdorff, *Gang- und Schichten-Studien aus dem westlichen Oberharz*. In-8°, 47 p., carte, Clausthal, 1885; du même : *Geologische Karte des Westharzes*, 1 : 25 000. In-folio, Clausthal; et *Beiträge zur Kenntniss der Schichtenfolge und Tektonik im nordwestlichen Oberharz*. In-8°, 29 p., 8 pl. coupes, 1 carte, Clausthal, 1898. — W. Prinz a donné également, dans le Bull. Soc. Belge de Géol., XVIII, 1904, Mém., p. 144, 145, une bonne figure extraite de la carte des bassins houillers d'Angleterre (région comprise entre Preston, Halifax et Manchester). La direction dominante est N.W.; des cassures transversales donnent lieu à une véritable mosaïque (fig. 106).

2. G.-F. Dollfus, Bull. Soc. Géol. de Fr., 4e sér., IV, 1904, p. 568.

qu'un fragment du réseau des joints d'une mosaïque ; or, *ce réseau n'a pas été produit, mais utilisé par l'affaissement*, qui l'a ainsi rendu visible. Ça et là paraît alors, au milieu de cet ensemble, un accident étranger, reconnaissable à sa longueur et à sa direction particulière.

2° Accidents d'origine étrangère : Fractures N. ou N.N.E. (Fractures rhénanes ou africaines). — La direction varisque, N.E.-S.W., domine dans les Vosges, de Ronchamp et de Belfort jusqu'à la Sarre. Dans la large cuvette triasique du Haardt-Wald, il existe également des failles n'ayant qu'un faible rejet, qui courent obliquement depuis le bord Sud de cette cuvette dans la direction de Bergzabern. En atteignant la vallée du Rhin, elles forment le fossé de Langenbrücken. A ce faisceau appartiennent aussi les fractures de l'Odenwald (I, p. 253).

Le fossé rhénan (fig. 107)[1] a été considéré, dans le présent ouvrage, comme une bande de terrain affaissée entre deux horsts, les Vosges et la Forêt-Noire (I, p. 261). Ce que l'on voit n'est d'ailleurs qu'un reste, car, près d'Alpersbach, à l'E.S.E. de Fribourg (994 m.), Steinmann a trouvé dans un tuf basaltique des blocs de terrains mésozoïques, qui rendent probable une dénudation de 600 à 750 mètres sur la Forêt-Noire ; et, dans la Basse-Alsace, les sondages entrepris pour la recherche du pétrole[2] ont montré, d'après Schumacher, que le remplissage tertiaire atteint au moins 780 mètres d'épaisseur[3].

Dans l'Ouest, le tracé général des fractures dévie légèrement de la ligne droite, et elles dessinent des courbes plus ou moins adoucies. Benecke a fait voir comment des fragments allongés du massif tantôt

[1. L. van Werveke, *Beigleitworte zur Höhenschichtenkarte von Elsass-Lothringen und den angrenzenden Gebieten* im Massstab 1 : 200 000. Herausgegeben von der Direktion der Geologischen Landesuntersuchung von Elsass-Lothringen. In-8°, 57 p., 1 carte tectonique. Strassburg, 1906 ; L. van Werveke, *Aperçu sur la constitution et l'histoire géologique des Vosges* (Annales Soc. Géol. de Belgique, Liège, XXXIV, 1907-1909, Mémoires, p. 247-264, pl. XIX et XX : coupes générales) ; et *Die Tektonik des Sundgaues und ihre Beziehungen zur Tektonik der angrenzenden Theile des Juragebirges* (Mittheil. Geol. Landesanst. Elsass-Lothringen, VI, 1908, p. 321-339, carte dans le texte).]

[2. Les résultats de ces études ont été résumés par L. van Werveke dans l'ouvrage de H. Höfer, *Die Geologie des Erdöls, des Erdgases, Erdwachses und des Asphalts*. In-8°, Leipzig, 1906, p. 209-234.]

3. G. Steinmann, *Die Nagelfluh von Alpersbach im Schwarzwalde* (Berichte d. Naturforsch. Gesellsch. Freiburg i. B., IV, 1894, p. 1-32) ; du même, *Die Neuaufschliessung des Alpersbacher Stollens* (Bericht d. Oberrhein. Geol. Ver., 33. Versamml., 1902, 4 p.) ; E. W. Benecke, H. Bücking, E. Schumacher und L. van Werveke, *Geologischer Führer durch die Elsass*. In-12, Berlin, 1900, p. 142. — Pour un tableau d'ensemble de toutes les cassures rhénanes, de Bâle à Darmstadt, voir la carte de C. Regelmann : *Geologische Uebersichtskarte von Württemberg und Baden*, in-folio, 6. Aufl., 1906 ; et le mémoire du même auteur : *Die wichtigsten Strukturlinien im geologischen Aufbau Sudwestdeutschlands* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch., LVII, 1905, Monatsber., p. 299-318). [« Un sondage près de Wittelsheim aux environs de Mulhouse est resté dans le Tertiaire à une profondeur de 1 119 m.! » (L. van Werweke, Annales Soc. Géol. de Belgique, Liège, XXXIV, 1907-1909, Mém., p. 263).]

s'abaissent d'un seul coup en profondeur, en déterminant dans le paysage un contraste tranché entre les montagnes et la vallée-plaine, et tantôt restent accrochés à la région saillante, comme des gradins formant aujourd'hui des collines intermédiaires; en outre, ce géologue a montré comment, d'autre part, de longues fractures se retrouvent en plein affleurement des terrains anciens [1]. Vers Dambach et Barr, il se produit un élargissement progressif du *Graben*, disposition qui persiste au delà de Strasbourg jusqu'à Wörth. La direction normale des cassures bordières ne disparaît pas, d'ailleurs, mais elles ne sont pas apparentes dans le relief du sol, et, à l'Ouest, il s'est formé comme un golfe au sein du massif montagneux, le champ de fractures de Saverne. D'après Benecke, les failles bordières plongent fortement à l'E., tandis que dans le champ de fractures tout bouleversé de Saverne, les pendages sont quelconques. Près de Wörth, le bord

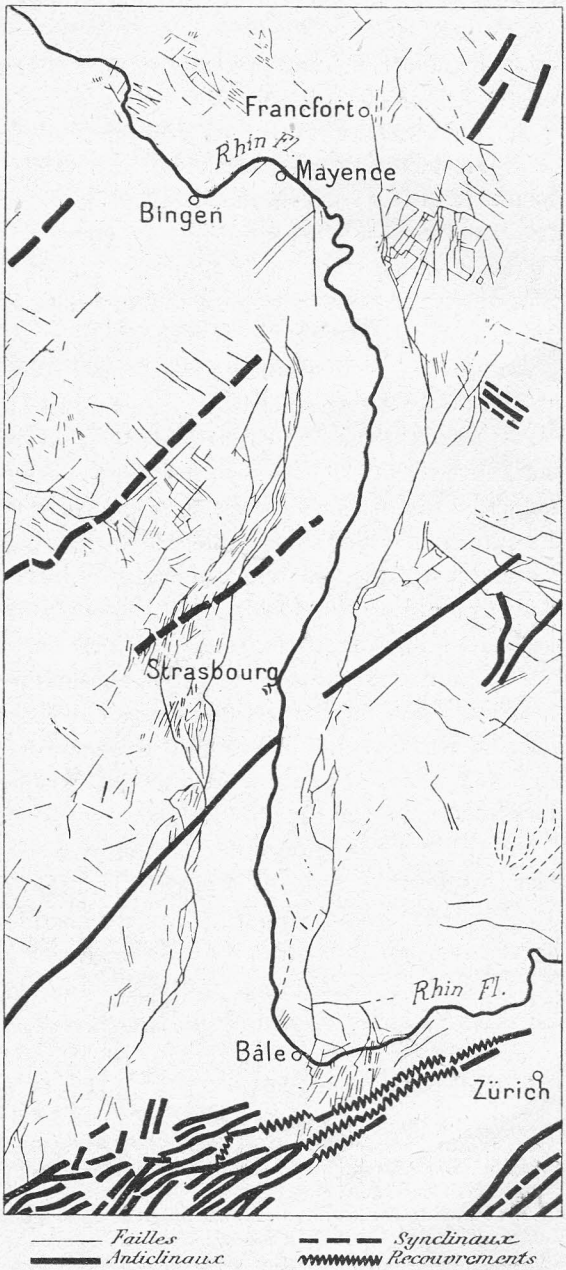


Fig. 107. — Le fossé Rhénan, d'après la carte de C. Regelmann. Figure extraite de : *Les Tremblements de Terre. Géographie séismologique*, par F. de Montessus de Ballore. In-8°, Paris, 1906, p. 79, fig. 6. — Échelle de 1 : 2 400 000

[1] Benecke, ouvr. cité., p. 166.

de la dépression reprend son allure première ; il atteint la latitude de Worms et se prolonge suivant une ligne située un peu plus à l'Est jusque vers Mayence.

Les courbes rigides du bord oriental ressemblent à celles de l'Ouest, et, malgré les déviations de la ligne droite, le fossé conserve dans tout le Sud, abstraction faite de l'effondrement de Saverne, une largeur de 32 à 34 kilomètres. A partir des environs de Bruchsal, la direction passe de N.N.E. à N. ou à peu près, et c'est ainsi orientée qu'elle atteint Francfort[1].

Le fossé rhénan ne se termine pas au Main. Ses fractures sont connues au-dessous des épanchements basaltiques du Vogelsberg, dans sa partie occidentale[2].

Les prolongements du *graben* vers le Nord ont fait l'objet d'études spéciales de la part de A. von Koenen[3]. Conformément aux observations de ce géologue, on reconnaît d'abord, dans la longue traînée d'affleurements tertiaires qui s'étend au N.N.E. du Vogelsberg, par Ziegenhain, Fritzlar et Cassel, une partie de l'affaissement.

En même temps apparaît au voisinage, dans l'Est, un nouveau fossé, très étroit, affectant la même direction N. à N.N.E. Il s'étend, d'après Moesta et von Koenen, de Wichte sur la Fulda (au Nord-Ouest de Rotenburg) jusque par-delà la Werra, et atteint la vallée de la Leine près de Witzenhausen. Cette vallée elle-même coïncide avec un *Graben*. La bande de territoire affaissé s'étend bien au delà de Göttingen, jusqu'à Kreiensen, au Nord de Northeim. Près de Göttingen même, les deux bords sont retroussés, et le fossé est divisé en deux parties, suivant son axe, par une voûte secondaire.

A l'Est de Kreiensen, von Koenen a démontré la présence de cassures se dirigeant N.-S. jusqu'à Hildesheim.

A partir de Rustenberg, près du coude de la Leine, un nouveau *graben* fait son apparition à l'Est; Er. Kaiser et Siegert l'ont suivi vers le N.N.E. sur 60 kilomètres, jusqu'à Seesen au bord nord-occidental du Harz; il marque l'arrêt du Harz vers le Nord-Ouest; des fragments de la couverture post-varisque se sont effondrés dans ce fossé, mais une partie des fractures N.W.-S.E. du Harz n'en croisent pas moins cet

1. F. Kinkelin, *Senkungen im Gebiete des Untermainthales unterhalb Frankfurts und des Unterniedthales* (Bericht Senckenberg. naturforsch. Gesellsch., 1885, p. 235-258) ; et dans d'autres publications.

2. C. Chelius, *Der Zechstein von Rabertshausen im Vogelsberg und seine tektonische Bedeutung* (Zeitschr. f. prakt. Geol., XII, 1904, p. 399-402).

3. A. v. Koenen, Jahrb. k. Preuss. Geol. Landesanst., IV, 1883, p. 187-198 ; V, 1884, p. 44-55 ; VI, 1885, p. 53-83, pl. I. Voir surtout son mémoire : *Ueber die Dislocationen westlich und südwestlich vom Harz und deren Zusammenhang mit denen des Harzes* (Ibid., XIV, 1893, p. 68-82) ; et Otto Lang, *Die Bildung des Harzgebirges*. In-8°, Hamburg, 1896, p. 31, note 5, et ailleurs.

accident, comme permettent de le constater certaines irrégularités de son tracé [1].

C'est ainsi que le groupe des fractures rhénanes s'étend, à partir de la chaîne du Jura, sur environ 500 kilomètres vers le N.N.E. ou le N. Au Nord, elles manifestent une tendance à dévier vers l'Est. Le fossé qu'elles délimitent au Sud a, comme on l'a vu, 32 à 34 kilomètres de large. A Mannheim, la largeur est encore presque la même. Le sillon que jalonne la section méridionale du cours de la Leine n'a plus que 7 à 8 kilomètres, et celui qui borde le Harz au Nord-Ouest 1 à 4 ou 5 kilomètres seulement.

Les fractures rhénanes sont un phénomène naturel autonome, se distinguant des autres cassures du domaine varisque par leur direction et par la présence du fossé qu'elles délimitent. Deux tentatives ont été faites pour les expliquer. Dans le premier cas, on revenait presque à l'ancienne hypothèse d'Élie de Beaumont, en imaginant un bombement préalable, le fossé résultant de l'effondrement de l'anticlinal. A cette conception s'opposent la direction différente des plis varisques et la grande longueur des accidents [2]. Dans le second cas, on admettait que les surfaces de rupture divergent de haut en bas, c'est-à-dire qu'elles plongent à l'Ouest dans la partie occidentale et à l'Est dans la partie orientale [3]. En dehors du fait que, d'après Benecke, les fractures maîtresses du versant alsacien plongent fortement *vers l'Est*, cette vue repose sur une appréciation insuffisante de la puissance avec laquelle de pareils affaissements peuvent se produire; on ne doit jamais oublier non plus que le mouvement est indépendant de l'allure des surfaces suivant lesquelles il a lieu. Cette indépendance va si loin que, pour une seule et même surface, quel que soit d'ailleurs le sens de son inclinaison, des affaissements peuvent se produire alternativement tantôt d'un côté et tantôt de l'autre, comme l'atteste le retroussement inverse des deux lèvres. Dès lors, l'amplitude finale du rejet

1. E. Kaiser und L. Siegert, *Beiträge zur Stratigraphie des Perms und zur Tektonik am westlichen Harzrande* (Jahrb. k. Preuss. Geol. Landesanst., XXVI, 1905, p. 353-369).

2. A. de Lapparent, *Conférence sur le sens des mouvements de l'écorce terrestre* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 3e sér., XV, 1886-87, p. 215-238); *Note sur le mode de formation des Vosges* (Ibid., 3e sér., XVI, 1887-88, p. 181-184); et *Note à propos de l'histoire de la vallée du Rhin* (Ibid., 3e sér., XXV, 1897, p. 727-730).

3. A. Andreae, *Eine theoretische Reflexion über die Richtung der Rheinthalspalte* (Verhandl. nat. med. Ver. Heidelberg, N. F., IV, 1887, p. 16-24); et *Beitrag zur Kenntniss der Rheinthalspaltensystens* (Ibid., p. 47-55); W. Salomon, *Ueber eine eigenthümliche Grabenversenkung bei Eberbach im Odenwald* (Mitth. Badisch. Geol. Landesanst., IV, 1901, p. 209-252, carte); et *Ueber die Stellung der Randspalten des Eberbacher und des Rheinthalgrabens* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch., LV, 1903, p. 405-418). Ceci est fondé principalement sur l'ancienne règle de Schmidt-Zimmermann, contre laquelle ont plus d'une fois mis en garde les ingénieurs ayant la pratique des mines; voir, par exemple, H. Hoefer, *Die Ausrichtung der Verwerfungen* (Oesterr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenw., XXIX, 1881, p. 167-171); et *Ueber Verwerfungen* Ibid., XXXIV, 1886, p. 349-354, 594-595, pl. XIV).

de la faille n'est pas la mesure de l'affaissement réel : elle ne représente que la somme algébrique des mouvements qui se sont fait sentir de part et d'autre. On connaît de pareils exemples d'un double mouvement sur le bord même du fossé rhénan [1].

Quand Oscar Fraas vit la Mer Rouge, il songea aussitôt au *graben* rhénan (I, p. 478). Reyer et von Koenen ont insisté sur le rôle des phénomènes de tension lors de la formation du fossé rhénan. En fait, l'analogie avec l'Afrique Orientale est si grande que cette explication doit être regardée comme la plus naturelle. Peut-être y a-t-il là, en même temps, un indice de la rigidité qu'avait acquise, dès le milieu des temps tertiaires, cette partie des Altaïdes.

Le Kaiserstuhl, au fond du *graben*, occupe la même situation relative que les petits volcans découverts au Sud du Lac Rodolphe (Teleki, Luttur, etc.) [2].

Fractures W.N.W. ou N.W. (Fractures hercyniennes ou asiatiques; alignements de Karpinsky). — Le Centre de l'Allemagne est traversé par un grand nombre de fractures allongées et rectilignes, qui ne sont pas tout à fait parallèles mais se montrent légèrement divergentes, leur direction, au Sud, étant plutôt W.N.W. et au Nord, N.W. Très souvent, leur lèvre S.W. est abaissée, et, très souvent aussi, leur lèvre N.E. est poussée sur l'autre. Toutefois, des mouvements en sens inverse ne font pas absolument défaut. Des traces fort nettes de ces accidents de direction N.W. se retrouvent jusqu'en Scanie. Quelques-unes des fractures en question courent au Nord du Massif archéen de la Bohème; d'autres partent de sa bordure occidentale.

Ces failles donnent naissance à des horsts allongés, comme le Thüringer Wald et le Teutoburger Wald. C'est sur leur existence qu'est fondé le « Système hercynien » de Léopold de Buch, système qui devait comprendre tous les reliefs dirigés N.W.; en Allemagne, d'éminents géologues qualifient encore aujourd'hui ces longs accidents d'hercyniens.

Dès 1886, von Koenen [3] a émis l'hypothèse que ces alignements

1. Andreae, p. 52, fig. 3 : « Nacksinken des Randes »; F. von Huene, Verhandl. d. Naturforsch. Gesellsch. Basel, XII, 1900, p. 343. — « It is a most curious circumstance, dit Dutton, that where we find this two-period displacement the motion of the fault is often reversed — the lift of the first period is the throw of the second. It is not always so... » (C. E. Dutton, *Report on the Geology of the High Plateaus of Utah*. In-4°, Washington, 1880, p. 43).

2. Fr. Graeff, *Zur Geologie des Kaiserstuhlgebirges* (Mitteil. Bad. Geol. Landesanst., II, n° XIV, 1891, p. 403-496, pl. XVI-XVII : carte et coupes); K. Gruss, *Beiträge zur Kenntniss der Gesteine des Kaiserstuhlgebirges* (Ibid., IV, n° 2, 1900, p. 83-144, pl. III); Steinmann und Graeff, *Geologischer Führer der Umgebung von Freiburg*. In-8°, 141 p., carte, Freiburg, 1890. Aujourd'hui encore, le Kaiserstuhl est assez souvent le point de départ de tremblements de terre.

devaient être en rapport, d'une façon ou d'une autre, avec les « lignes de Karpinsky », arrivant d'Asie suivant la même direction (I, p. 621; p. 611, fig. 89, *m*, *m*). Cette question est maintenant à examiner.

Considérons d'abord le *groupe méridional*. La plupart de ces fractures ont déjà été signalées, il suffira donc de les énumérer sommairement.

a) La cassure venant du Sud-Est, par *Deggendorf vers Ratisbonne* (I, p. 179, 271). Le terrain jurassique et le Crétacé moyen sont renversés du N.E. au S.W., et passent sous le gneiss auprès de Voglarn.

b) La ligne suivante est jalonnée, au sein du massif ancien, par le *Grand Pfahl*, et elle pénètre dans la région mésozoïque près d'Amberg (I, p. 269). Sa longueur, à partir de la Haute-Autriche, est d'environ 200 kilomètres. Dans l'intervalle qui sépare cette ligne de la précédente, au Nord de Ratisbonne, des affaissements se produisent également et, d'après Brunnhuber, le terrain jurassique, près de Donaustauf, plonge sous les terrains anciens [1].

c) La troisième ligne (I, p. 250, 267; II, p. 165) commence au Sud de Weiden et forme le *bord occidental du Fichtelgebirge et du Thüringer Wald*. C'est le point de départ d'un grand nombre de lignes parallèles qui, dans leur ensemble, forment un groupe d'une grande longueur. Ammon et Thürach ont trouvé que, vers l'Ouest, beaucoup de failles parallèles traversent l'Albe de Franconie et le territoire mésozoïque jusqu'au delà de Schweinfurt et de Kissingen [2]. Au pied des montagnes, près d'Alt-Palkstein, le gneiss repose sur du Rothliegende [3]. Les failles se prolongent jusque dans le Rhön et vont se rattacher aux accidents analogues que Bücking et Proescholdt ont fait connaître le long du Thüringer Wald. Près de Schmalkalden, le Zechstein recouvre le Muschelkalk ou le Grès bigarré suivant des alignements multiples, et en un point du granite repose sur le Grès bigarré [4].

lichen Deutschland bedingen (Nachrichten K. Gesellsch. Wiss. Göttingen, 1886, p. 196-199); [C. Regelmann], *Tektonische Karte* (*Schollenkarte*) *Südwestdeutschlands*. Herausgegeben vom Oberrheinischen Geologischen Verein. 1 : 500 000. In-folio, 4 feuilles, Gotha, 1898. Cette carte, qui constitue un instrument de travail excellent pour le Sud-Ouest, ne montre qu'une partie de ces accidents, en raison de leur allure; celle de Lepsius (*Geologische Karte des Deutschen Reiches*, 27 feuilles, 1 : 500 000. Gotha, 1894-1897) permet de les suivre nettement.

1. Brunnhuber, *Ueber die geotektonischen Verhältnisse der Umgebung von Regensburg* (Bericht Naturwiss. Verein Regensburg, IV, 1894, p. 237-252); Franz E. Suess, *Bau und Bild der Böhmischen Masse*. In-8°, Wien-Leipzig, 1903, p. 8, 215; E. Kohler, *Die Amberger Erzlagerstätten* (Geognost. Jahreshefte, XV, 1902, p. 11-56).

2. Von Ammon und Thürach, *Uebersicht der Verwerfungen im nördlichen Bayern* (in C. W. von Gümbel, *Geognostische Beschreibung des Königreichs Bayern*, IV. In-4°, Kassel, 1891, p. 610-640, carte).

3. Thürach, Ibid., p. 611.

4. H. Bücking, *Gebirgsstörungen südwestlich vom Thüringer Wald* (Jahrb. k. Preuss. Geol. Landesanst., V, 1884, p. 546-555, pl. XXX : carte); id., VII, 1886, p. 40-43, etc.; E. Naumann, *Tektonische Störungen der triadischen Schichten in der Umgebung von Kahla* (Id., XVIII, 1897, p. 130-159, pl. V, VI : carte et coupes), et dans d'autres publications.

Le petit massif triasique du Ringgau est, d'après les indications de Moesta, un horst et en même temps le prolongement du Thüringer Wald [1]. Son bord méridional se suit, parfois à l'état de *graben*, jusqu'à Wollheim, à l'Ouest de Waldkappel; entre les deux cassures qui limitent le fossé apparaît une nouvelle ligne orientée N.W.-S.E., laquelle rencontre au voisinage de Lichtenau un accident N.N.E., appartenant au faisceau des failles rhénanes. Un peu plus au Nord, près de Gross-Almerode, un segment triangulaire s'affaisse; la direction de la zone de fracture passe à l'W.N.W.; elle atteint Cassel, puis reprend brusquement un tracé N.N.W., atteignant le talus occidental de l'Eggegebirge au delà de Volksmarssen. D'après la description de Stille, c'est un véritable essaim de cassures N.W. qu'on rencontre alors, avec déviations partielles au N.N.W., près de Horn, au Sud de Detmold [2]. Le bord Sud du Teutoburger Wald, avec ses chevauchements bien connus vers le S.W., en représente le prolongement ultérieur. Son extrémité est distante d'environ 440 kilomètres du point de départ de ces fractures, sur le bord occidental du Bayrischer Wald.

De nombreux accidents analogues s'orientent encore vers le N.W.; on peut citer, notamment, les failles qui bordent au Sud la Finne, et qui font affleurer une bande longue et étroite de Muschelkalk [3]. Mais l'aspect général, comme on peut s'en rendre compte en jetant les yeux sur la feuille XIII de la carte de Lepsius, par exemple, est tout à fait étrange. Le Harz montre l'orientation N.E. (varisque) de ses plis. En même temps apparaît au Nord-Ouest du Harz, dans le manteau post-varisque, une disposition rappelant celle de synclinaux qui s'aligneraient en séries vers le N.W., comme le bassin d'Einbeck, la cuvette du Hils, celle d'Alfeld, etc. [4]. Dans ces bassins, les étages mésozoïques

1. F. Moesta, *Das Liasvorkommen bei Eichenberg in Hessen in Beziehung auf allgemeine Verhältnisse des Gebirgsbaues im Nordwesten des Thüringer Waldes* (Jahrb. k. Preuss. Geol. Landesanst., IV, 1883, p. 57-80, pl. VII-X : cartes et coupes).

2. H. Stille, *Der Gebirgsbau des Teutoburger Waldes zwischen Altenbeken und Detmold* (Jahrb. k. Preuss. Geol. Landesanst., XX, 1899, II. Teil, p. 1-42, pl. I-III : carte et coupes); et *Ueber präcretacische Schichtenverschiebungen im älteren Mesozoikum des Egge-Gebirges* (Ibid., XXIII, 1902, p. 296-322, pl. XVI, XVII : carte et coupe). Pour les détails de la déviation, voir A. Mestwerdt, *Ueber Störungen am Falkenhagener Liasgraben* (Festschrift Adolf v. Koenen gewidmet von seinen Schülern. In-8°, 1907, p. 221-230).

3. J. H. Kloos, XI. Jahresbericht d. Verein f. Naturwiss. in Braunschweig, 1899, p. 114-116; E. Schütze, *Tektonische Störungen der triadischen Schichten bei Eckartsberga, Sulza und Camburg* (Jahrb. k. Preuss. Geol. Landesanst., XIX, 1898, 2. Theil, p. 65-98, pl. XXI-XXIV : carte et coupes).

4. H. Dubbus, *Der obere Jura auf dem N.O. Flügel der Hilsmulde*, Inaug. Diss. In-4°, 43 p., Göttingen, 1888; H. Monke, *Die Liasmulde von Herford in Westphalien* (Verhandl. Naturf. Verein Rheinl. u. Westphal., XXXV, 1889, 114 p., carte); M. Schmidt, *Der Gebirgsgsbau der Einbeck-Markolendorfer Beckens* (Jahrb. k. Preuss. Geol. Landesanst., XIV, 1893, 2. Theil, p. 19-48, pl. X). Voir aussi E. Harkort, *Die Schaumburg-Lippe'sche Kreidemulde* (Inaug. Diss. Göttingen). In-8°, Stuttgart, 1903.

et parfois même le Tertiaire dessinent des affleurements plus ou moins concentriques. Mais un grand nombre d'études de détail nous apprennent que toutes ces cuvettes sont accompagnées de cassures dirigées N.W. : ce ne sont pas des synclinaux résultant d'un plissement, mais bien, pour employer le mot de von Koenen, des « bassins d'affaissement » (*Versenkungsbecken*).

Des rejets que l'on connaît dans le Harz à l'état de filons métallifères se prolongent en dehors de ce massif montagneux et traversent suivant la direction N.W. le manteau post-varisque. Ils croisent d'abord les avant-coureurs du faisceau rhénan. Des effondrements locaux surviennent, comme au Kahlberg près d'Echte[1]; puis ces alignements s'avancent si loin vers le Nord-Ouest, que von Koenen, par exemple, a pu suivre l'un d'eux du bord septentrional du Harz, par Gronau, jusqu'au voisinage de Hameln, dans la chaîne de la Weser[2]. On doit donc souscrire à la conclusion que tout le Teutoburger Wald, de Detmold jusqu'au delà d'Ibbenbühren, y compris le Wiehern-Gebirge, la Chaîne de la Weser et le Süntel, a été découpé dans le manteau des sédiments post-varisques par des failles et des flexures. Les reliefs précités peuvent être regardés comme formant un seul et même horst, assez analogue au Thüringerwald avec son annexe le Ringgau, ou plutôt comme un horst double, car le terrain houiller affleure à Osnabrück suivant deux bandes parallèles.

d) Les *sondages* nous apprennent qu'une partie seulement des fractures existant dans la profondeur se montrent au jour. Stille rapporte qu'à partir de l'Egge-Gebirge, non loin de Paderborn et au Nord de Münster, tout le long du Teutoburger Wald, il existe, parallèlement à cette chaîne, une faille masquée par les terrains superficiels dont la lèvre Nord est affaissée : un long *Graben* borde donc au Sud le Teutoburger Wald. La dénivellation est évaluée à 1 000 mètres au moins[3].

Les renseignements publiés par O. von Linstow ne sont guère moins importants. D'après ce géologue, une falaise souterraine continue sur 200 kilomètres de longueur se dirige du voisinage de Spremberg, sur la Spree, vers l'W.N.W. jusqu'à Wolmirstedt sur l'Elbe, au Nord de Magdebourg; elle sépare les terrains paléozoïques au Sud du Trias au Nord. Il est probable que, de Magdebourg à Dessau, on n'a pas affaire à une cassure franche, mais plutôt à une brusque descente des couches, suivant une ligne parallèle à l'accident précédent : ainsi se

1. J. Perrin Smith, *Die Jurabildungen des Kahlberges bei Echte* (Jahrb. k. Preuss. Geol. Landesanst., XII, 1891, 2. Theil, p. 288-356, pl. XXIII-XXV).

2. A. v. Koenen, Jahrb. k. Preuss. Geol. Landesanst., VI, 1885, p. 80.

3. H. Stille, *Zur Kenntnis der Dislokationen, Schichtenabtragungen und Transgressionen im jüngsten Jura und in der Kreide Westfalens* (Jahrb. k. Preuss. Geol. Landesanst., XXVI, 1905, p. 103-125).

produit un horst, ou une moitié de horst. Les couches de Rothliegende et les traces paléozoïques qui forment ce qu'on appelle la « Côte de Magdebourg » (*Magdeburger Uferrand*), dont l'analogie avec le Harz a été signalée depuis longtemps, apparaissent désormais comme faisant partie de cette chaîne de hauteurs souterraines, ainsi que les petits pointements paléozoïques de Bitterfeld, Torgau, etc.

Une autre cassure parallèle passe près de Cöthen. Les affleurements tertiaires inférieurs d'Egeln, Aschersleben, etc., coïncident peut-être avec des bassins d'affaissement [1].

Au delà du Rhin, d'Aix-la-Chapelle jusque par-delà la Meuse, il semble, à en juger par les sondages, que le terrain houiller soit traversé par de nombreuses failles N.W.; on admet qu'elles viennent de bien à l'Est du Rhin [2].

Des fractures orientées N.W. ou W.N.W. traversent aussi l'Ile de Rügen [3], de même que Bornholm. Nous avons déjà vu que des accidents analogues morcèlent la Scanie, où ils ne se montrent pas tous du même âge (II, p. 69, fig. 11). Tandis que le bord du Teutoburger Wald est poussé vers le Sud-Ouest, on constate au bord septentrional du Kyffhäuser un chevauchement vers le Nord-Est. Les mouvements de la bordure septentrionale du Harz, dirigés dans le même sens, sont très frappants, bien qu'ils n'affectent qu'une bande relativement étroite. On a souvent exprimé l'hypothèse que cette cassure de la lisière Nord du Harz serait le prolongement d'un accident lointain, la faille de l'Elbe, en Saxe [4].

Passons à cette faille et au *groupe septentrional* (I, p. 178; II, p. 171).

Un large essaim de lignes de dislocation traverse le Nord-Est de la Bohême et les Sudètes. La plus orientale est la falaise rectiligne, si accusée dans le relief du sol, qui sépare l'*Eulen-Gebirge* de la plaine de Silésie.

Les parties extrêmes, au Sud, n'ont pas la direction N.W., mais N. Selon toute apparence, elles partent de la fente qui sépare les Sudètes du Massif gneissique de la Moravie, au Nord de Brünn (I, p. 242,

1. O. von Linstow, *Beiträge zur Geologie von Anhalt* (Festschrift Adolf v. Koenen gewidmet von seinen Schülern, 1907, p. 19-64, pl. 2-3, cartes; notamment p. 51 et suiv.); F. Klockmann, *Der geologische Aufbau des sogen. Magdeburger Uferrandes* (Jahrb. k. Preuss. Geol. Landesanst., XI, 1890, p. 118-256, pl. XVI-XIX, dont 1 carte).

2. A. Habets, H. Forir et M. Lohest, *Étude géologique des sondages exécutés en Campine et dans les régions avoisinantes* (Annales Soc. Géol. de Belgique, XXX, 1902-1903, Mém., p. 607-621, et p. 626 et suiv., pl. I-IV : cartes).

3. W. Deecke, *Der Strelasund und Rügen. Eine tektonische Studie* (Sitzungeber. k. Akad. Wiss. Berlin, 1906, II, p. 618-627); et surtout Neues Jahrb. f. Min., Beil.-Bd. XXII, 1906, p. 114-138, pl. I-III; E. Geinitz, *Geologischer Führer durch Mecklenburg*. In-12°, Berlin, 1899, p. 9.

4. Voir, par exemple, O. Lang, *Die Bildung des Harzgebirges* (Sammlung gemeinverst. Wiss. Vorträge, Heft 236-237). In-8°, 32 p., carte, Hamburg, 1896; notamment p. 13.

fig. 43), fente qui, comme le montrent de récents travaux, était déjà dessinée à l'époque permienne[1]. C'est plus au Nord seulement qu'elles tournent au N.W. En se combinant avec la cassure bordière de l'Eulen-Gebirge, dont il vient d'être question, les cassures successives qui déterminent le tracé en arc de cercle du pied méridional des

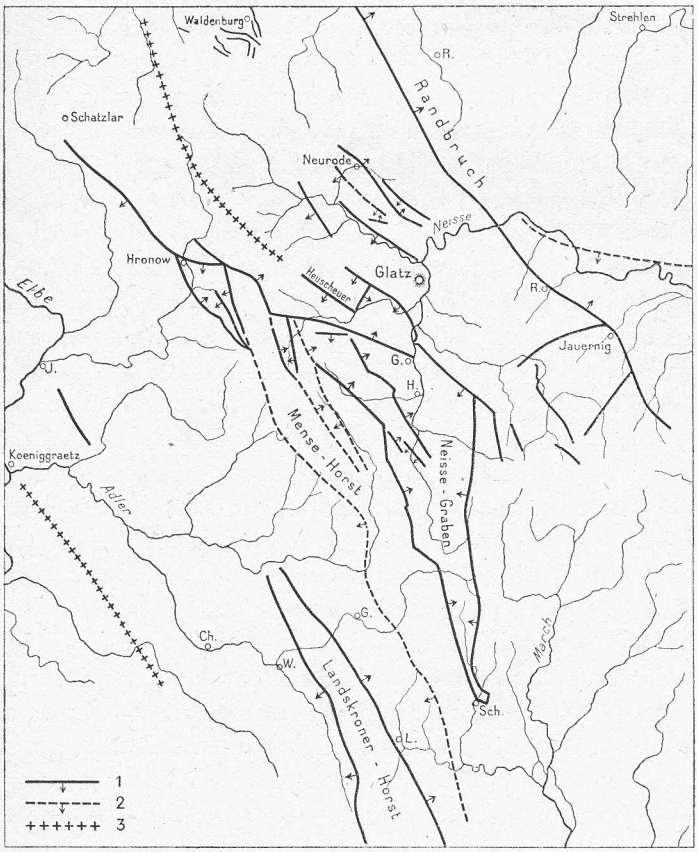


FIG. 108. — Croquis tectonique d'une partie des Sudètes : Environs de Glatz, d'après K. Flegel (*Zur Geologie des böhmisch-schlesischen Grenzgebirges*. In-8°, Breslau 1904, pl. III).

1. Failles observées, 2. Failles probables; 3. Axes des plis synclinaux. — Échelle de 1 : 1 000 000.

Sudètes donnent à l'ensemble de ces montagnes, auxquelles nous rattacherons également le Riesengebirge, les caractères d'un horst; et à l'intérieur de ce horst, l'allure du terrain crétacé trahit la présence d'un grand nombre d'accidents du même genre, qui courent plus ou moins parallèlement à ses bords. Leppla, Frech et ses collaborateurs, puis Petraschek en ont donné des cartes schématiques (fig. 108). On y

1. Franz E. Suess, *Bau und Bild der Böhmischen Masse*, p. 297.

distingue un horst de Landskron, un horst de Mense et un Graben de la Neisse [1].

C'est déjà loin au Sud, vers Neustadt et Ziegenhals, que débute l'escarpement limitatif des Sudètes du côté de la plaine septentrionale. Quelques pointements isolés de la chaîne disparue surgissent au milieu de la dépression; des sillons crétacés permettent de suivre les traces des failles très loin vers le Nord-Ouest et même par-delà Naumburg jusqu'à Wehrau sur la Queiss. Là, ce faisceau de failles N.W. disparaît.

Sur le bord occidental des montagnes, près de Hronow sur la Mettau, les travaux de mines ont révélé le fait que les couches de houille sont coupées par un accident majeur et qu'elles chevauchent vers le S.W. par-dessus le bord du terrain crétacé [2]. A partir de ce point, les cassures acquièrent une continuité plus grande. Près de Liebenau, une flexure puissante forme la lisière du Jeschken-Gebirge. Puis apparaît une fracture avec chevauchement. Près de Wolfsberg, non loin de Khaa, sur la frontière de la Saxe, le bord du granite charrié recule vers le Nord en faisant un coude; puis il se dirige, orienté N.W. ou N.N.W., jusqu'à une faible distance de Dresde, à l'Est, et atteint presque la rive droite de l'Elbe à Oberau, près de Meissen. Cette longue et remarquable dislocation a reçu le nom de *fracture de l'Elbe* ou de faille principale de la Lusace.

Au nombre des particularités qui caractérisent cette dislocation, il y a lieu de signaler surtout la façon dont se produit le chevauchement, et l'accident permien, antérieur au terrain crétacé, qu'on peut étudier à Döhlen, non loin de Dresde.

Le terrain crétacé s'étend largement sur la vallée de l'Elbe; son terme principal est le *Quadersandstein* turonien. Il forme un plan incliné, qui s'abaisse vers le N.E., à partir de l'Erzgebirge, avec un plongement de 2 à 8 degrés au maximum; toutes les montagnes en forme de tables, de colonnes ou de piliers de la Suisse saxonne ont été découpées dans sa masse. Il est traversé par quelques failles s'orientant N.W. A l'Ouest, près de Windisch-Cardorf, la dénivellation en

1. A. Leppla, *Geologisch-hydrographische Beschreibung des Niederschlagsgebietes der Glatzer Neisse* (Abhandl. k. Preuss. Geol. Landesanst., Neue Folge, Heft 32. In-8°, x-368 p., et atlas in-f° de 7 pl., 1900; notamment p. 37); F. Frech, *Ueber den Bau der Schlesischen Gebirge* (Hettner, Geogr. Zeitschr., VIII, 1902, p. 553-570, carte); W. Petraschek, *Das Bruchgebiet des böhmischen Anteils der Mittelsudeten westlich des Neissegrabens* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsh., LVI, 1904, p. 210-222, pl. XXXV : carte tectonique); A. Schmidt, J. Herbing und K. Flegel, *Zur Geologie des böhmisch-schlesischen Grenzgebirges* (dargebracht der Deutschen Geologischen Gesellschaft zu ihrer Tagung in Breslau, 1904). In-8°, 158 p., 7 pl., esquisse tectonique de la pl. III; les mêmes, *Ueber das jüngere Paläozoicum an der böhmisch-schlesischen Grenze* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., LV, 1905, p. 217-242).

2. K. A. Weithofer, *Der Schatzlar-Schwadowitzer Muldenflügel des niederschlesisch-böhmischen Steinkohlenbeckens* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XLVII, 1897, p. 455-478, pl. XIII-XIV; carte et coupes; en particulier p. 475).

profondeur de la lèvre S.W. d'une de ces cassures atteint 300 mètres. En aval de Dresde, sur la rive gauche de l'Elbe, il existe près de Cossebaude une faille de peu de longueur où, par exception, c'est la lèvre orientale qui s'est affaissée [1].

La superposition du granite au terrain crétacé, près de Hohnstein, a particulièrement frappé les anciens observateurs. Quand on vient de l'Ouest, on arrive à cette localité en suivant toujours les vallées creusées dans la plate-forme crétacée, qui s'abaisse en pente douce. Le château de Hohnstein est bâti sur les bancs presque horizontaux de l'*Oberquader* turonien. La colline qu'il couronne est recoupée par une fente oblique, comme si la partie supérieure avait été poussée en biais sur la partie inférieure. Au Crétacé écrasé succède le terrain jurassique, que surmonte le granite [2].

Le terrain jurassique se prolonge jusque dans le Nord de la Bohême, mais on ne le connaît qu'à l'état de bande pincée dans cette dislocation; il n'existe nulle part ailleurs en Bohême ou en Saxe.

L'échancrure du bord des affleurements granitiques, à la frontière saxonne, est probablement due à l'érosion; elle mesure environ 4 kilomètres. Au fond de cette sorte de golfe, on voit une esquille de Rothliegende, longue de plus de 1 kilomètre, reposant sur le terrain crétacé et sous le granite. C'est un véritable « lambeau de poussée », ramené de la profondeur [3]. Quant au terrain jurassique, étant donné son développement et sa constitution, on ne peut guère l'interpréter de même. La série inversée : Crétacé, Jurassique, granite, atteste réellement un renversement vers le S.W. Sur ce point, l'amplitude du mouvement horizontal doit avoir atteint au moins 4 kilomètres.

L'expression de « plissement à rebours » (*Rückfaltung*) a été employée dans un précédent chapitre de cet ouvrage (I, p. 178) pour désigner cette dislocation. Toutefois, elle ne répond pas à la réalité des choses, et il est préférable de la réserver à la réaction du phénomène contraire (*Vorfaltung*), comme le cas s'est produit, par exemple, à l'intérieur des faîtes asiatiques.

A peu de distance à l'Ouest des faubourgs de Dresde, on atteint le Bassin houiller de Döhlen. La carte (fig. 109) montre une ellipse de Rothliegende ayant 20 kilomètres de long sur 7 de large, et reposant en discordance sur du Silurien, du granite et de la syénite. Les travaux

1. K. Dalmer und R. Beck, *Erläuterungen zur geologischen Specialkarte des Königreichs Sachsen, Section Wilsdruff-Potschappel, Blatt 65*. In-8°, Leipzig, 1894, p. 54-56.

2. R. Beck, Id., *Section Königstein-Hohenstein, Blatt 84*, 1893, p. 27-35. Beck donne une vue d'ensemble de toute l'aire d'affaissement dans : *Die Contacthöfe der Granite und Syenite im Schiefergebiete des Elbthalgebirges* (Tschermak, Mineralog.-Petrogr. Mittheil., N. F., XIII, 1892-93, p. 290-341, pl. IX).

3. O. Herrmann und R. Beck, *Section Hinterhermsdorf-Daubitz, Blatt 86*, 1897, p. 34.

d'exploitation ont fait connaître tous les détails de l'allure des couches. L'ellipse est traversée par une série de failles orientées N.W. Les couches du Grès rouge plongent en majeure partie au N.W., et les surfaces des failles s'inclinent rapidement, presque sans exception, au N.E. Un petit horst s'aligne au milieu du bassin; c'est le long de son bord septentrional que court la faille la plus importante (Rother Ochse), subdivisée d'ailleurs en plusieurs branches secondaires. Le rejet total des mul-

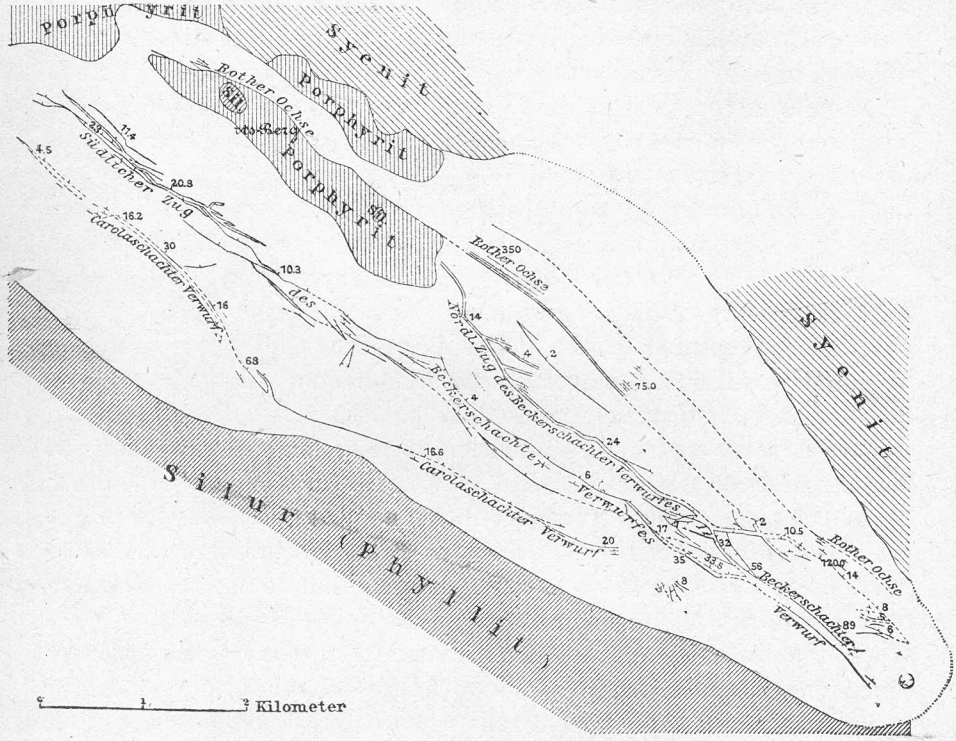


Fig. 109. — Le Bassin houiller de Döhlen (Saxe), d'après R. Hausse.
Échelle de 1 : 75 000 environ.

tiples gradins qui la constituent représente une dénivellation de 360 mètres [1].

Ces dépressions résultent de l'approfondissement local, collectif, de tout un ensemble de bandes parallèles, qui sont descendues à la manière d'une poche. L'arasement subséquent détermine les contours elliptiques. C'est une répétition des « bassins d'affaissement » situés au Nord-Ouest du Harz, qui, toutefois, sont beaucoup plus récents; les failles de

1. R. Hausse, *Profile durch das Steinkohlenbecken des Plauen'schen Grundes (das Döhlener Becken) bei Dresden.* In-8°, Leipzig, 1892, pl. I-III; R. Beck, *Erläuterungen..., Section Dresden, Blatt 66*, 1893, p. 43.

Döhlen sont antérieures au Cénomanien et, par suite, antérieures à la cassure de l'Elbe, qui leur est parallèle et en est très rapprochée.

On ignore comment ces fractures venant des Sudètes peuvent se raccorder avec le long accident souterrain qui court de Wolmirstedt à Spremberg. Mais que toutes ces lignes de dislocation, que rapprochent tant de caractères communs, proviennent d'une cause unique, indépendante du plissement varisque, — c'est là une conclusion dont on ne peut guère douter. Ces failles ne sont pas du même âge, mais toutes sont postérieures à l'époque permienne, et la grande majorité est plus récente que le terrain crétacé.

Elles rappellent le type asiatique du bassin houiller de Donetz, c'est-à-dire le prolongement de la ligne de l'Alaï :

1° par leur direction, W.N.W. à N.W. ;

2° par leur fréquente diminution d'amplitude dans cette même direction ;

3° par leur allure rectiligne, qui arrive à persister sur 440 kilomètres ;

4° par le chevauchement presque exclusif de la lèvre Nord-Est, sur une largeur pouvant atteindre 4 kilomètres. C'est, d'ailleurs, presque toujours la lèvre Sud-Ouest qui est affaissée.

Elles diffèrent du type asiatique par l'inflexion graduelle du faisceau des failles de l'Elbe vers la suture de Brünn.

Leurs traits caractéristiques diffèrent autant de la structure des Altaïdes européennes que de l'allure des failles rhénanes ; mais elles présentent en commun avec tous les accidents dont il vient d'être question cette particularité qu'aucune trace des unes ou des autres ne peut être suivie jusque dans le domaine des Alpes. On ne saurait les attribuer à quelque influence soudaine venant de l'Asie, car elles ne sont pas toutes du même âge. Mais leur contraste avec les plis rappelle d'une façon frappante *le contraste qui s'observe à l'Est entre le côté Nord et le côté Sud du horst d'Azov.*

Il suffit de rappeler la façon dont la ligne de l'Alaï se prolonge dans le bassin houiller du Donetz. Pour retrouver des horsts rectilignes s'orientant au Nord-Ouest, comme le Thüringer Wald avec le Ringgau ou le Teutoburger Wald, il faut aller jusqu'en Dzoungarie, où le phénomène se reproduit sur une très grande échelle : au Sud du lac Zaïssan, on voit une série de lignes disjonctives s'avancer vers le N.W., et d'après les récentes observations d'Obroutchev [1], transformer les chaînes Saour, Manrak, Tarbagataï, Barlyk, Maïli, etc., en autant de

1. V. A. Obroutchev, *Expédition au Barlyk et au Tarbagataï en 1905. Rapport préliminaire* (r.). In-8°, 217 p., Tomsk, 190.

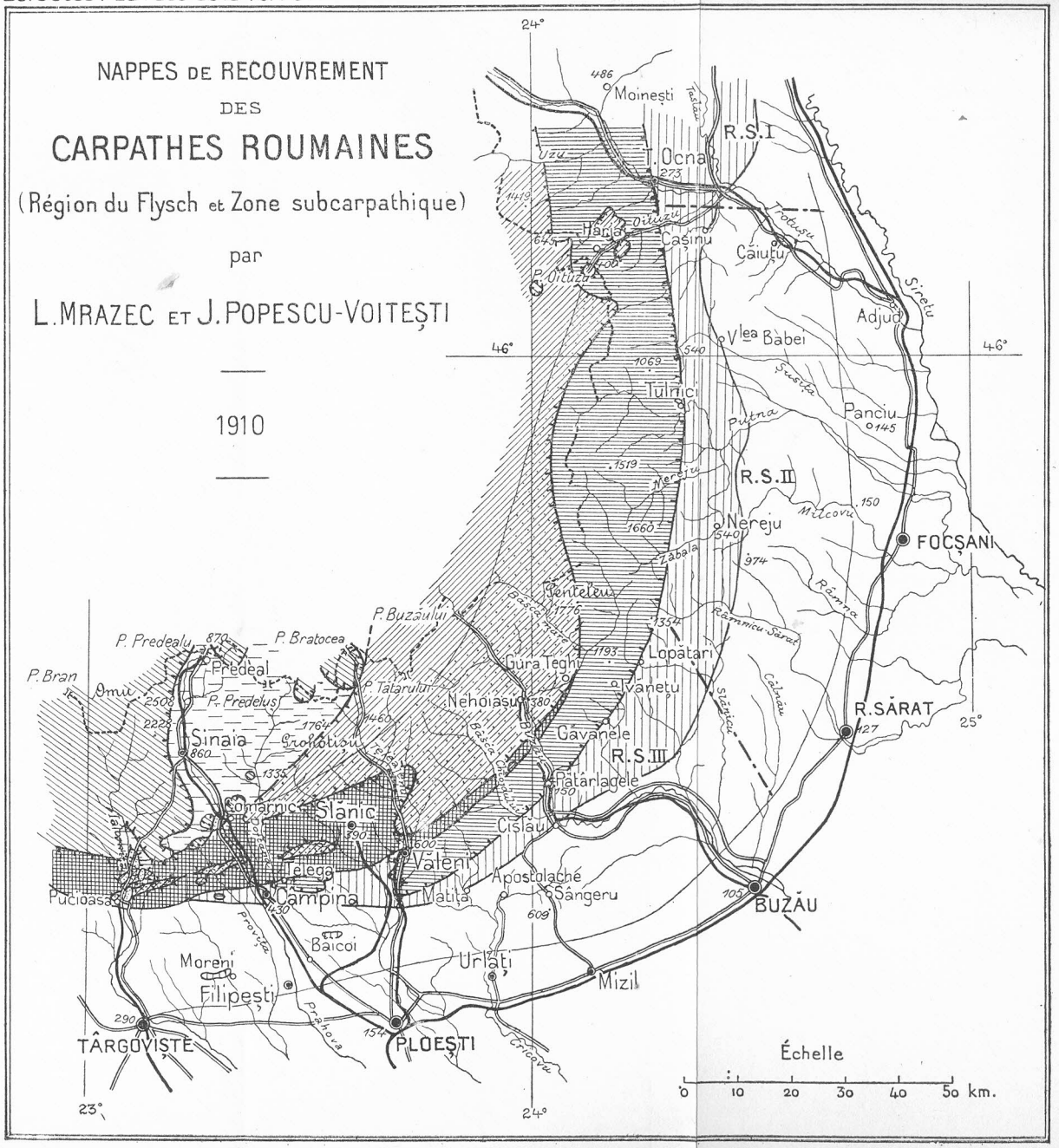
horsts allongés, coupant sous un angle aigu la direction des plis (III, p. 208).

L'hypothèse de von Koenen, que ce groupe de dislocations correspondrait aux lignes de Karpinsky, fournit dans l'état actuel des recherches l'explication la plus satisfaisante. Il n'y a aucun motif pour rattacher la faille de l'Elbe à la bordure du Harz.

Nous aurons l'occasion de reparler de ces alignements à propos des Pyrénées.

LÉGENDE

- *Sarmatique, Pliocène et Quaternaire*
- *Formation Salifère Subcarpathique (R.S. I, II, III = 1re, 2e et 3e Régions)*
- *Nappe Marginale (= Nappe Subbeskidique, Uhlig)*
- *Nappe du Grès de Fusaru* } *Nappes internes (= N. Beskidiques, Uhlig)*
- *Nappe du Grès de Uzu* } *Nappes internes (= N. Beskidiques, Uhlig)*
- *Nappe des Conglomérats du Bucegi*
- *Nappe des Marnes rouges Sénoniennes*
- *Paléogène* } *Terrains autochtones apparaissant en fenêtres*
- *Néocomien (Couches de Sinaïa)* } *Terrains autochtones apparaissant en fenêtres*
- *Charriages*
- *Fenêtres*
- *Lambeaux de recouvrement*



CHAPITRE XI

ARMORIQUE ET ALTAÏDES AMÉRICAINES[1]

La bordure Ouest du Plateau Central. — La Bretagne. — Élargissement du Bassin de Londres. — Altaïdes Transatlantiques. — Relations pré-carbonifères. — Succession des couches dans le terrain carbonifère. — Les Appalaches jusqu'au Mississipi. — Caractères atlantiques et caractères pacifiques. — Les Appalaches au delà du Mississipi. — Conclusion : l'Océan Atlantique Nord.

La bordure Ouest du Plateau Central. — L'affaissement du Plateau Central se produit à l'Ouest, comme dans le domaine varisque, le long de cassures marginales affectant les directions les plus diverses. Là encore, le manteau affaissé commence par le Carbonifère supérieur, comme en Moravie et en Franconie ; le Trias est discordant comme en quelques points de l'Ouest de l'Allemagne, mais ne débute qu'avec l'étage rhétien et fait complètement défaut plus au Nord, de sorte que la discordance commence alors avec le Lias.

Nous partons du bassin houiller de Decazeville. De l'E.S.E. viennent de grandes cassures, le long desquelles le Causse jurassique du Comtal est affaissé. A l'Ouest de Decazeville arrive du S.S.W. la faille de Villefranche, grande fracture bordière rectiligne, qui tranche sur une distance de 50 kilomètres le Plateau Central au Sud-Ouest. En avant se trouvent des cassures en gradins, et des plis courts qui se répètent suivant des directions variables [2], accompagnés parfois d'une

[1. Traduit par Henri Baulig.]

2. Le plus important de ces accidents doit même probablement être considéré comme un anticlinal courbe, compris entre deux failles courbes ; E. Fournier, *Le dôme de la Grésigne* (Bull. Service Carte géol. de la Fr., X, 1898-1899, n° 66, p. 331-339) ; A. Thévenin, *Étude géologique de la bordure sud-ouest du Massif Central* (Ibid., XIV, 1902-1903, n° 95, p. 353-554, pl. I-VI, dont 1 carte géol. ; notamment fig. 34, p. 484.

faille de chaque côté : il n'y aurait donc là, peut-être, que des phénomènes accessoires de l'affaissement.

Plus loin vers le Nord, du côté de la Dordogne, apparaissent des cassures de direction W.N.W. à N.W.

La fig. 110 représente à l'Est, d'après les travaux de Mouret, le plateau granitique de la haute Corrèze. Il est longé par la faille d'Argentat, dirigée du S. au N. et accompagnée de petits affleurements houillers. A l'Ouest de celle-ci se trouve l'anticlinal de Roche-de-Vic, long de

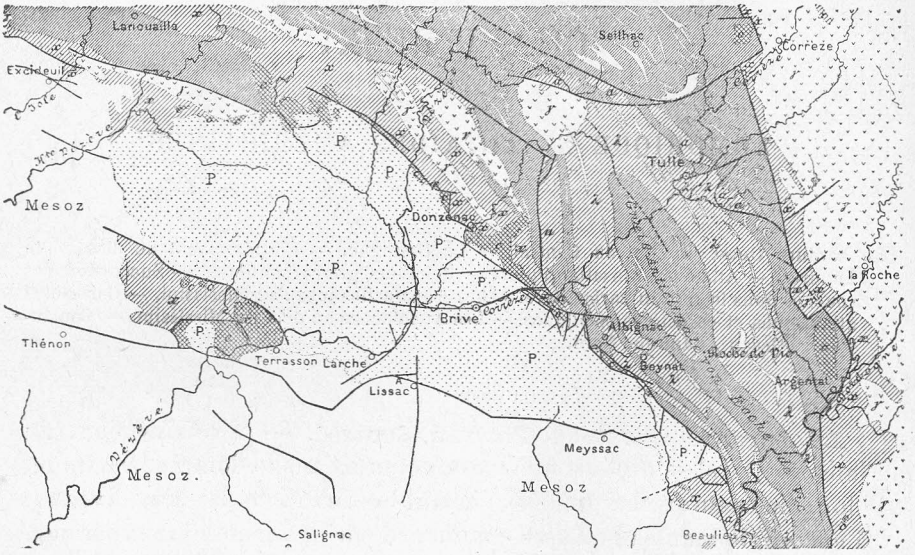


FIG. 110. — La bordure Ouest du Plateau Central près de Brive, d'après G. Mouret.
γ. Granite et granulite; x. Gneiss et phyllades; λ. Leptynite; c. Grès et conglomérats houillers, p. Terrain permien; A. Horst de Lissac. — Échelle de 1 : 675 000 environ.

80 kilomètres, que l'on doit sans doute considérer comme une voûte armoricaine normale. Les cassures bordières, infléchies davantage vers l'W., coupent obliquement les zones externes du Plateau Central. En avant se trouve la fosse d'effondrement occupée par le Bassin houiller supérieur et permien de Brive. Une cassure parallèle aux fractures bordières la sépare du horst isolé de Terrasson, qui s'enfonce à l'Ouest sous la couverture mésozoïque. Près de Meyssac, à 16 kilomètres au S.E. de Brive, on voit s'écarter du bord du Plateau Central la faille de Meyssac, qui limite au Sud non seulement les dépôts houillers et permiens de Brive, mais aussi un horst minuscule, situé près de Lissac, et le horst plus considérable de Terrasson, avant de se poursuivre dans la région mésozoïque [1].

1. G. Mouret, *Bassin houiller et permien de Brive, I. Stratigraphie.* In-4°, 459 p., 3 pl. dont

Manès et d'Archiac avaient déjà reconnu les longues lignes de dislocation qui, partant de l'Ile d'Oléron, traversent la Charente-Inférieure dans la direction du S.E. Plus tard, Arnaud décrivit des plissements du Crétacé entre Angoulême et la Dordogne, puis Fallot compara les plis de l'Aquitaine à ceux du bassin de Paris[1]. Récemment, Glangeaud a, sur une bande de terrain longue de 250 kilomètres et large de 50, qui s'étend d'Oléron et de Rochefort jusqu'au Lot, indiqué trois longs anticlinaux et deux synclinaux (fig. 111). Ces accidents ont été regardés comme une manifestation du plissement des Pyrénées. De plus, on a admis qu'ils se continuaient dans les anciens horsts[2].

Le seul de ces alignements qui ait été suivi au Sud-Est jusqu'au massif ancien est la faille de Meyssac. Du bord du Plateau Central, sur 80 kilomètres dans la direction de l'W.N.W., jusqu'au delà de l'Isle en amont de Périgueux, cet accident, ainsi que l'a montré Mouret, est une faille dont la lèvre méridionale est abaissée. Ce qui a fait supposer qu'on avait affaire ici à un anticlinal rompu, c'est que les horsts de Lissac et de Terrasson disparaissent le long de son tracé, et qu'en outre, sur une certaine distance, les couches pendent de part et d'autre de l'accident[3].

Après un long parcours où se montre une cassure dont la lèvre méridionale est affaissée, et où la direction passe de l'W.N.W. au N.W., vient sur une petite distance, comme on peut le voir par l'exposé détaillé de Glangeaud, une flexure dont le rejet diminue d'amplitude et qui, avant d'atteindre la Dronne, fait place à un anticlinal surbaissé qui constitue une section neutre. Bientôt reparaît une flexure, mais dont la lèvre septentrionale est abaissée. Le prétendu « dôme de Mareuil » est une partie de cette flexure, le long de laquelle affleure un peu de Jurassique ; la flexure ou cassure persiste jusqu'à la Charente[4].

1 carte géol., Paris, 1891 (Ministère des Trav. publ. Études des gîtes minéraux de la France). Le même auteur a donné des descriptions synthétiques dans : *Remarques sur la géologie des terrains anciens du Plateau Central de la France* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 3e sér., XXVI, 1898, p. 601-612, pl. XII : carte) ; et : *Aperçu sur la géologie de la partie sud-ouest du Plateau Central de la France* (Bull. Service Carte géol. de la Fr., XI, 1899-1900, n° 72, p. 51-88, 4 pl. dont 2 cartes géol.). Voir aussi son mémoire intitulé : *Les régions naturelles du département de la Corrèze* (Bull. Soc. scient., hist. et archéol. de la Corrèze, Brive, XVIII, 1896, 11 p., carte).

1. Emm. Fallot, *Sur la disposition des assises crétacées dans l'intérieur de l'Aquitaine et leurs relations avec les terrains tertiaires* (C. R. Acad. Sc., CXVI, 1893, 1re sem., p. 278-280).

2. Ph. Glangeaud, *Un plissement remarquable à l'Ouest du Massif Central de la France* (C. R. Acad. Sc., CXXVI, 1898, 1re sem., p. 1737-1740, carte) ; *Les plissements des terrains crétacés du bassin de l'Aquitaine* (Ibid., CXXVII, 1898, 2e sem., p. 1242-1245 ; *Étude sur les plissements du Crétacé du bassin de l'Aquitaine* (Bull. Service Carte géol. de la Fr., XI, 1899-1900, n° 70, p. 1-48, 2 pl. dont 1 carte géol.).

3. Mouret, *Bassin de Brive*, p. 146.

4. On peut suivre ces détails dans le mémoire, déjà cité, de Glangeaud (Bull. Service Carte géol., XI, n° 70), en examinant les coupes dans l'ordre suivant du N.W. au S.E. :

C'est sur des observations du même genre que repose l'hypothèse des deux autres anticlinaux de l'Aquitaine septentrionale. La pénétration des failles du horst ancien dans la couverture mésozoïque se produit ici à peu près dans les mêmes conditions qu'en Bavière, sauf qu'on observe plus souvent leur passage à des flexures.

La ressemblance avec la Bavière s'accuse dans le Nord, près de Limoges et dans la région de Confolens, par l'apparition de longs

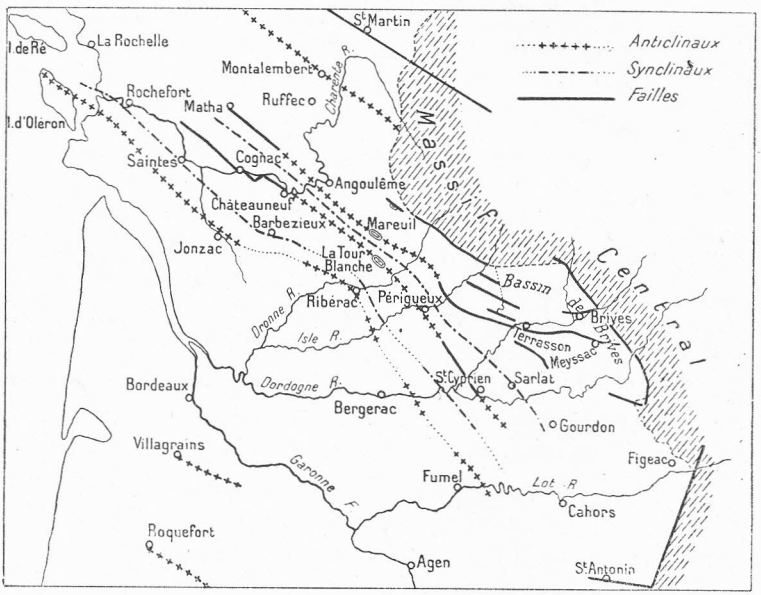


Fig. 111. — Plissements des terrains secondaires du Bassin de l'Aquitaine, d'après Ph. Glangeaud (*C. R. Acad. Sc.*, CXXVII, 1898, 2e sem., p. 1243 ; et *Livret-Guide du VIIIe Congrès Géol. Internat.*, Paris, 1900, n° IV, p. 28). — Échelle de 1 : 3 250 000.

filons de quartz dont certains accompagnent manifestement des failles. Plus à l'Est, à l'Ouest du Cher, là où les contours du Plateau Central s'écartent de plus en plus de la direction armoricaine, de Launay remarque que ces contours prennent parfois une allure en dents de

p. 8, fig. 3, coupe de la Rochebeaucourt, flexure à regard N.E.; p. 6, fig. 2, dôme de Mareuil, suite de la flexure N.E.; p. 10, fig. 5, Verneuil, même disposition moins accusée; p. 10, fig. 6, point neutre sur la Cole; p. 11, fig. 7, sur la Beauronne, commencement de la flexure à regard W.; p. 12, fig. 8, Puyrina, où la cassure qui atteint le Plateau Central regarde déjà vers l'W. La fig. 4, p. 9, coupe entre la Couronne et Mouthiers, est empruntée à H. Arnaud; je la laisse de côté parce que les hauteurs y sont par trop exagérées. Elle ne montrerait d'ailleurs qu'une chose, c'est que, plus au Nord-Ouest, la flexure passe de nouveau à une faille. Voir H. Arnaud. *Études pratiques sur la Craie du Sud-Ouest*, I-V. *Profils géologiques des chemins de fer...* (Actes Soc. Linn. de Bordeaux, XXXI, XXXVII, XLV; 1876, 1877, 1883, 1892, etc.).

scie, qui est due à des fractures, comme cela se produit sur une grande échelle en Franconie [1].

Nous citons ces exemples dès l'abord pour montrer combien il peut devenir difficile de distinguer les cassures qui partent des horsts et les plis posthumes, dès qu'ils suivent à peu près la même direction. La question se résout dès que les directions s'écartent l'une de l'autre.

Tout le détroit de Poitiers est traversé par des lignes de dislocation de direction N.W.; Welsch les a relevées. Des parties de lignes ou des lignes tout entières ont été considérées tantôt comme des failles, tantôt comme des plis, et attribuées alors à l'influence des mouvements pyrénéens. Dans le détroit lui-même, elles vont de horst à horst, et des filons de quartz se continuent de part et d'autre, à peu près comme le *Pfahl* de Bohême reparaît, au delà du pays tertiaire d'Eger, dans l'Erzgebirge [2].

La Bretagne. — Tandis que, dans le Devonshire, le Dévonien et le Culm participent sous forme de larges zones à la constitution du sol, en Bretagne, les zones paléozoïques ont été réduites par l'érosion à l'état de longues bandes, souvent étroitement serrées, qui courent aujourd'hui à travers le massif en marquant les directrices des synclinaux disparus (II, p. 137, 180). On peut en conclure avec quelque vraisemblance que les chaînes de la Bretagne étaient jadis plus hautes que celles du Devonshire. Maint trait du dessin fondamental ressort ainsi plus clairement que dans des montagnes plus récentes et plus élevées. Barrois a exposé ce plan, pour la Bretagne, dans une série d'études magistrales [3].

1. L. De Launay, *Les dislocations du terrain primitif dans le Nord du Plateau Central* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 3e sér., XVI, 1887-1888, p. 1045-1063, pl. XXXVII : carte géol.) ; le même, Bull. Service Carte géol., IV, 1892-1893, n° 30, p. 318, et X, 1898-1899, n° 63, p. 89, 90; et *Les sources thermales de Néris (Allier) et d'Evaux (Creuse)* (Annales des Mines, 9e sér., VII, 1895, p. 563-623, pl. XVIII : carte géol.). Voir aussi son ouvrage : *Recherche, captage et aménagement des sources thermo-minérales*. In-8°, Paris, 1899, p. 251 et suiv. — Pour la feuille de Limoges, voir Mouret, Bull. Service Carte géol., XI, 1899-1900, n° 72, p. 82; voir aussi Glangeaud, Ibid., p. 44, et d'autres travaux du même auteur.

2. J. Welsch, *Les plissements des terrains secondaires dans les environs de Poitiers* (C. R. Acad. Sc., CXIV, 1892, 1re sem., p. 1441-1443), et Bull. Soc. Géol. de Fr., 3e sér., XX, 1892, p. 440-456, carte p. 445; voir surtout Bull. Service Carte géol., IX, 1897-1898, n° 59, p. 311, et Bull. Soc. Géol. de Fr., 4e sér., III, 1903, p. 941.

3. Nous citerons seulement ici : Ch. Barrois, *Légende de la feuille de Plouguerneau et Quessant* (Annales Soc. Géol. du Nord, XXI, 1893, p. 390), à cause de la remarque importante sur la continuité de ces fragments montagneux, et son mémoire : *Le bassin du Ménez-Bélair, Côtes-du-Nord et Ille-et-Vilaine* (Ibid., XXII, 1894, p. 181-345, pl. III-IX, dont 1 carte géol. et 1 carte montrant le croisement des directrices anciennes par les plis plus récents); puis les *Feuilles de Belle-Ile et de Quiberon* (Bull. Service Carte géol., IX, 1897-1898, n° 59, p. 315-318, carte de la p. 317), pour le raccord des plis latéraux dans le Sud, et son étude : *Des divisions géographiques de la Bretagne* (Annales de Géogr., VI, 1897, p. 23-44 et 103-122, pl. 1 : carte). — Voir le tome II du présent ouvr., p. 137, note 1. Voir aussi : Ch. Barrois,

FAC. N. FILOSOFIA - BIBLIOTECA

Il existe, comme nous l'avons déjà indiqué précédemment, trois axes principaux (fig. 112). Ce sont : 1° une longue voûte de gneiss ancien qui, à son extrémité occidentale, s'infléchit un peu vers l'W.S.W. et qui court en ligne droite, le long de la côte Sud, du pays au S. de

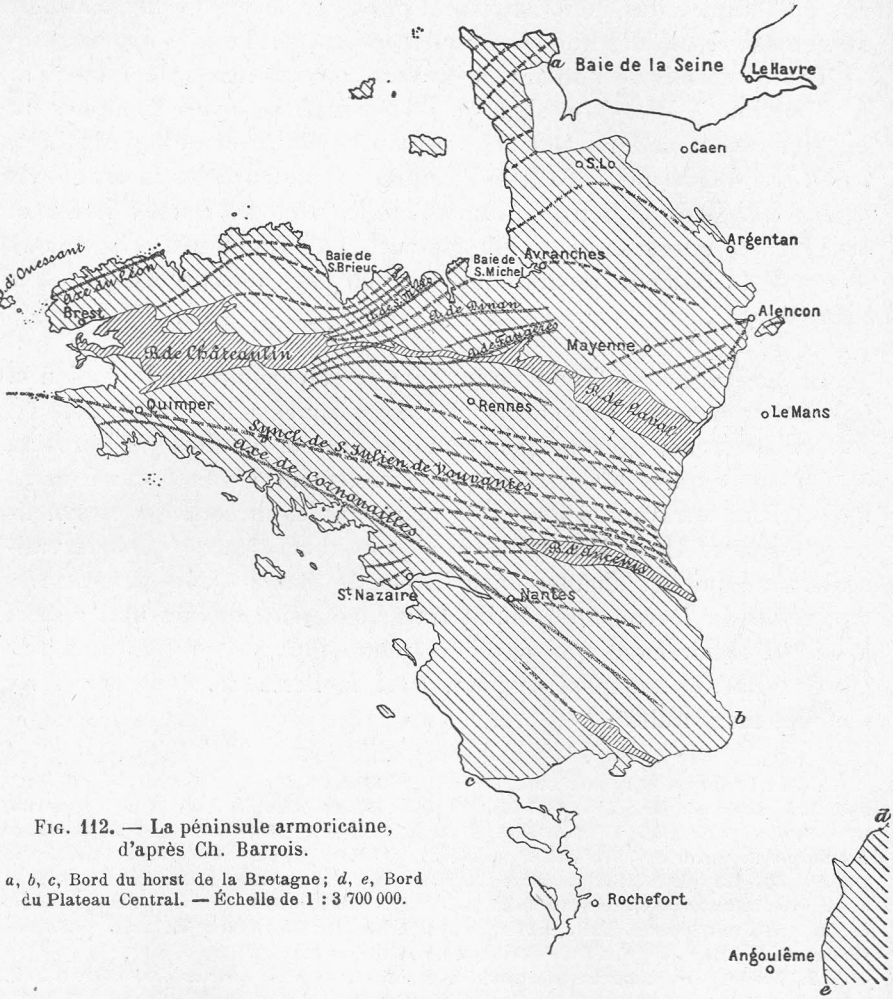


FIG. 112. — La péninsule armoricaine, d'après Ch. Barrois.

a, *b*, *c*, Bord du horst de la Bretagne; *d*, *e*, Bord du Plateau Central. — Échelle de 1 : 3 700 000.

Quimper, par Vannes et Nantes, vers le bord oriental du horst (II, p. 136) : c'est l'*axe de Cornouailles*; 2° un autre anticlinal de

Sketch of the Geology of Central Brittany (Proc. Geologists' Assoc. London, XVI, 1899-1900, p. 101-132) et sa notice : *Bretagne* (Livret-Guide des Excursions en France, VIIIe Congrès géol. internat., Paris, 1900, n° 7). In-8°, 37 p., 2 pl. : carte et coupe. [Voir aussi la *Carte géologique de la France à l'échelle du millionième*, nouvelle édition, publiée par le Ministère des Travaux publics en 1903, feuille N.W; et les travaux suivants de Ch. Barrois . *Carte de Bretagne au millionième* (Bull. Service Carte géol., XIII, 1901-1902, n° 91, p. 535-542, 1 carte dans le texte); *Légende de la feuille de Brest* (Annales Soc. Géol. du Nord, XXXI, 1902,

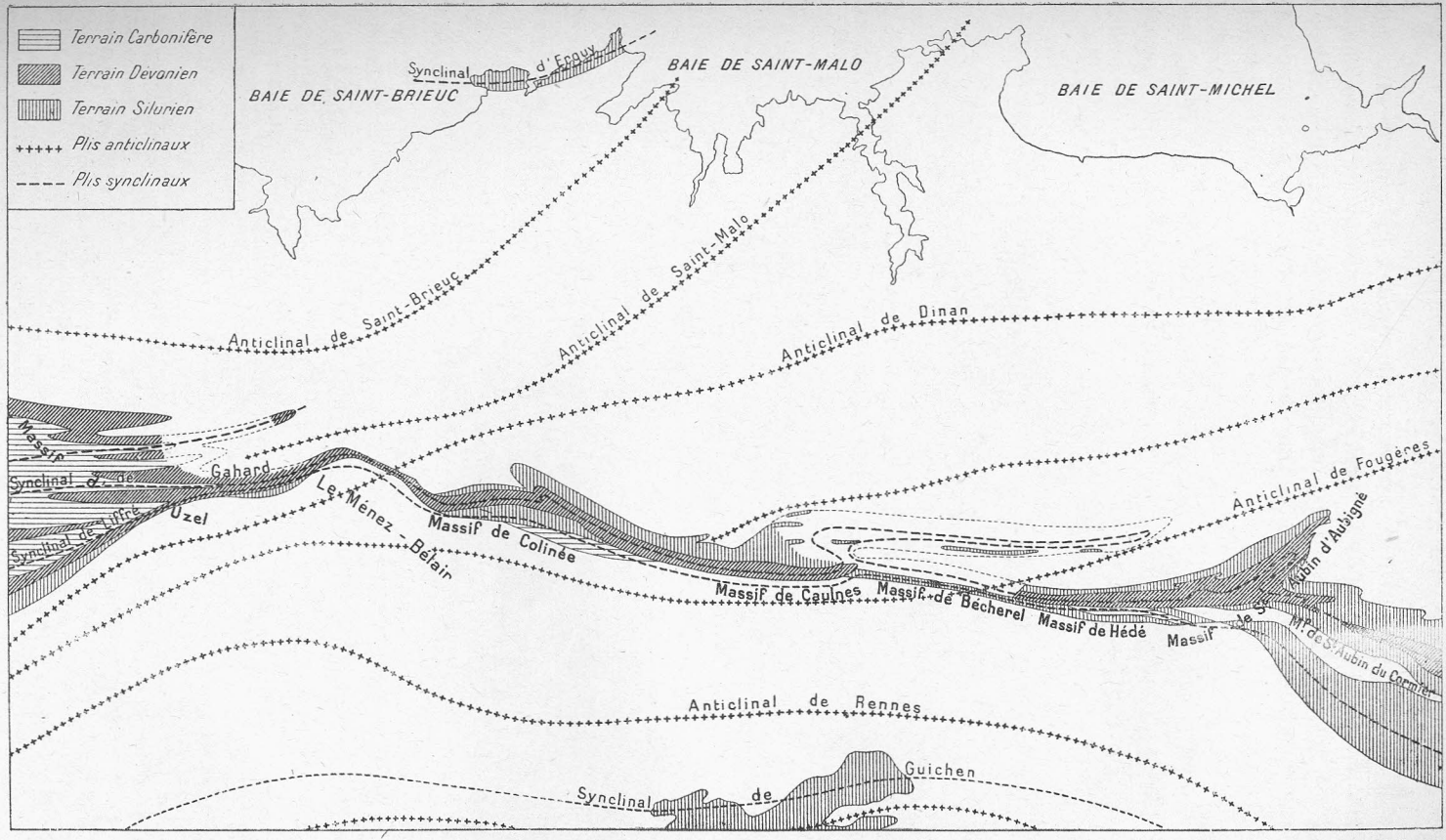


FIG. 113. — Carte tectonique du Bassin du Ménez-Bélair, d'après Ch. Barrois (*Annales Soc. Géol. du Nord*, XXII, 1894, pl. IV). — Échelle de 1 : 640 000.

gneiss qui longe la côte Nord, du voisinage de l'Ile d'Ouessant vers le N.E. : c'est l'*axe du Léon*; si on le prolongeait dans l'Océan, il rencontrerait la première bande gneissique au S.W. d'Ouessant; 3° entre ces deux bandes de gneiss, une longue zone pincée de Silurien, de Dévonien et de Carbonifère, qui forme dans l'Ouest le Bassin de *Châteaulin* et dans l'Est celui de *Laval*, ces deux bassins étant réunis par une bande encore plus étroitement serrée, le *Bassin de Bélair* (fig. 114). Cette zone pincée est visible sur 340 kilomètres. On n'en voit la terminaison naturelle ni à l'Est ni à l'Ouest.

Au Nord de l'axe de Cornouailles, le long synclinal rectiligne de

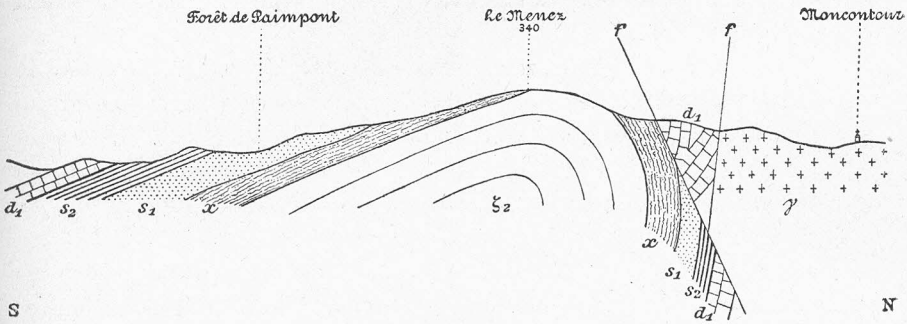


FIG. 114. — Recoupement du synclinal du Ménez-Bélair par l'anticlinal de Dinan, d'après Ch. Barrois.

ζ_2. Micaschistes; *x*. Phyllades précambriens; S_1. Silurien inférieur; *S*. Silurien moyen; d_1. Dévonien inférieur; γ. Granite; *f*, *f*. Failles.

Saint-Julien-de-Vouvantes s'étend, dans la direction de l'E.S.E., des îles situées au large de la Pointe du Raz, par cette pointe elle-même et par Quimper, jusqu'au delà de Saint-Barthélemy, au Nord d'Angers. Toutefois ce synclinal n'est pas parallèle à la bande gneissique, mais s'en éloigne de plus en plus vers l'Est. Des synclinaux et des anticlinaux plus courts, notamment le Bassin houiller d'Ancenis, s'introduisent dans l'intervalle, et, tout en restant parallèles au synclinal de Saint-Julien-de-Vouvantes, ils sont disposés par rapport à l'axe de Cornouailles, pour employer l'expression de Barrois, « comme les barbes d'une plume ».

D'autres synclinaux viennent ensuite, dans la direction du Nord, vers Rennes, et semblent ménager une transition insensible de la

p. 16-32); *Le massif du Ménez-Bré* (Ibid., XXXII, 1903, p. 193-198); *Légende de la feuille de Morlaix* (Ibid., XXXIV, 1905, p. 56-75); *Légende de la feuille de Tréguier* (Ibid., XXXVII, 1908, p. 111-130); *Feuille de Lannion* (Bull. Service Carte géol., XIX, 1908-1909, n° 122, p. 46-47); *Carte géologique détaillée de la France*, feuilles *de Lannion* (41), *Tréguier* (42), *Brest* (57) et *Morlaix* (58), publiées de 1902 à 1909 par Ch. Barrois. Consulter en outre l'étude d'Emm. de Martonne, *La pénéplaine et les côtes bretonnes* (Annales de Géogr., XV, 1906, p. 213-236 et 299-328, pl. IX-XII et XIV-XVII).]

direction S.E. de l'axe de Cornouailles à la direction légèrement arquée, de l'E.-W. à l'E.S.E., qui est celle de la zone pincée Châteaulin-Bélair-Laval.

Au milieu de cette zone, on a l'occasion rare de pouvoir suivre le recoupement d'un système de plis anciens par un système de plis plus récents (fig. 113). Pour prendre une vue d'ensemble des faits, il faut partir de la zone gneissique du Nord-Ouest, de l'axe du Léon. Cet axe fait place vers l'Est à de nouveaux anticlinaux et synclinaux, légèrement arqués, qui, courant vers l'Est, atteignent la côte sur la Baie de Saint-Brieuc ou plus à l'Est encore. La lisière du Bassin de Châteaulin [1] empiète, dans certaines parties, sur quelques-uns de ces synclinaux de direction E.N.E.

Plus à l'Est encore, la zone pincée est effectivement traversée en biais par des anticlinaux de direction E.N.E. ou N.E. C'est ce qui arrive au Ménez-Bélair pour l'anticlinal de Dinan et, plus à l'Est, pour celui de Fougères. Il en résulte que la zone pincée est relevée en forme de voûte et tordue obliquement, en même temps qu'elle diminue de largeur [2].

Barrois conclut de là que les plis E.N.E. ou N.E. sont postérieurs au plissement dans lequel la longue bande Châteaulin-Bélair-Laval s'est trouvée pincée, et que le plissement du Léon est postérieur à celui de Cornouailles. La pénétration des couches paléozoïques dans les synclinaux de direction E.N.E. montre que la cuvette paléozoïque avait jadis une largeur plus considérable.

Le tracé de plusieurs de ces accidents récents est indiqué sur la fig. 112. On voit qu'ils tournent un peu au N.E. en approchant de la Baie de Saint-Malo, et qu'ils redescendent graduellement vers l'E.S.E. au Sud de la Baie du Mont Saint-Michel [3].

[1. Voir F. Kerforne, *Étude de la région silurique occidentale de la Presqu'île de Crozon (Finistère)*. Thèse de Doctorat. In-8°, 234 p., 1 carte géol., Rennes, 1901; Ch. Barrois, *Observations sur la géologie de Crozon faites à l'occasion d'un mémoire de M. Kerforne sur le Silurien de ce Canton* (Bull. Soc. Géol. de France, 4e sér., II, 1902, p. 51-73, 9 fig.); J. Bergeron, *Sur l'existence probable de nappes de charriage en Bretagne* (Ibid., 4e sér., IX, 1909, p. 13-19); Ch. Barrois, *Observations sur la coupe de Camaret de M. J. Bergeron* (Ibid., p. 19-24, avec 2 cartes schématiques).]

2. Ch. Barrois, *Le bassin du Ménez-Bélair*, p. 273, fig. 13; son extrémité Nord-Est disparaît dans un massif granitique. Pour les digitations du Bassin de Laval, voir D. P. Œhlert, *Feuille de Mayenne* (Bull. Service Carte géol. de la Fr., VIII, 1896-1897, n° 53, p. 57-61).

3. Ch. Barrois, *Légende de la Feuille de Dinan* (Annales Soc. Géol. du Nord, XXI, 1893, p. 39).

LÉGENDE DE LA FIGURE 115.

Nomenclature des plis synclinaux : I. S. de Liffré; II. S. de Sillé-le-Guillaume; III. S. de Gahard; IV. S. de Mortain-Bagnoles; V, VI. Zone bocaine; VII. S. de la Brèche-au-Diable; VIII. S. de May; Erquy; IX. S. de Saint-Sauveur-le-Vicomte, Paimpol; X. S. de la Scye; XI. S. de Rauville; XII. S. de Siouville; XIII. S. de la Hague, Jobourg.

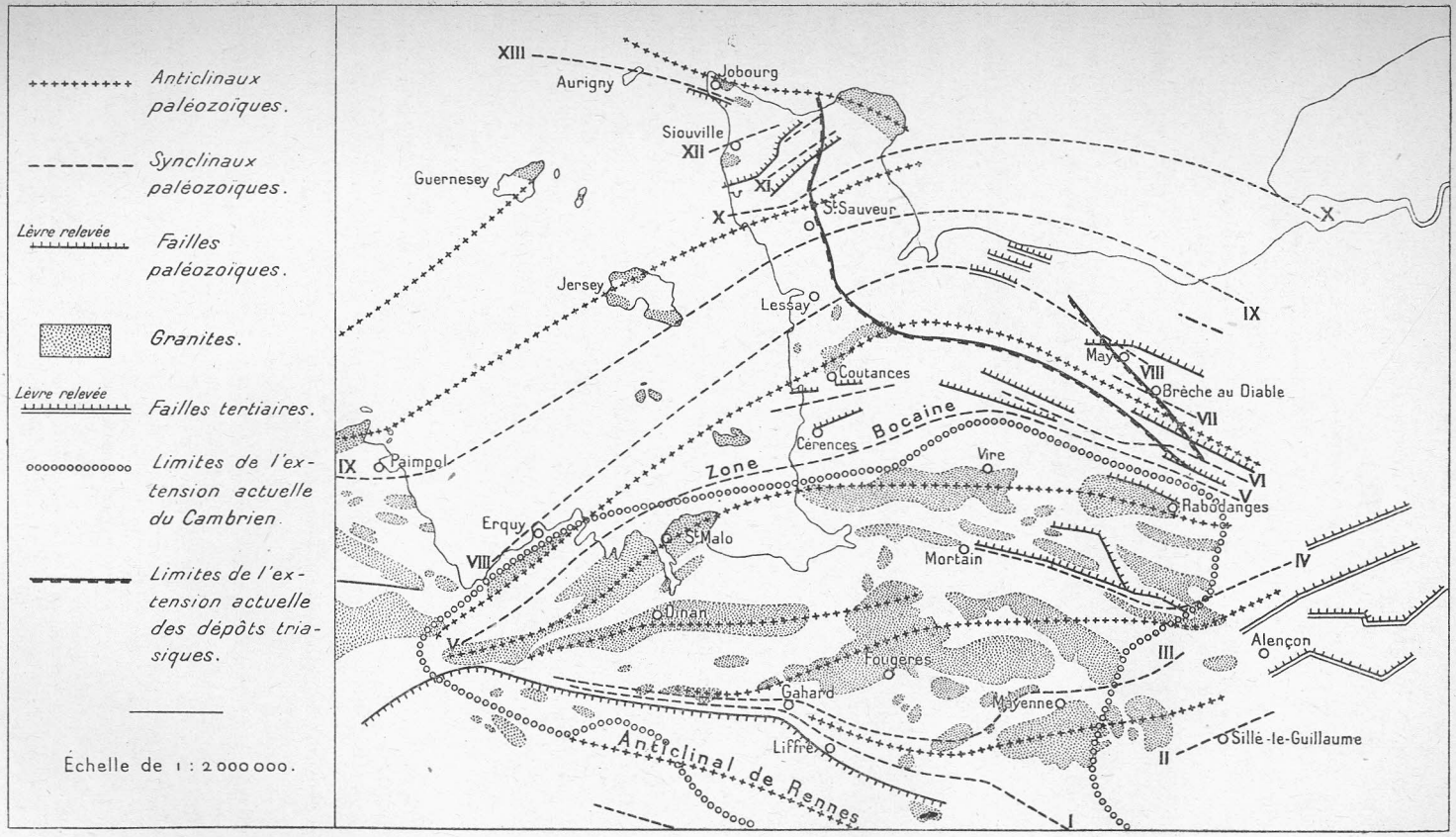


Fig. 115. — Esquisse tectonique de la partie Nord-Est du Massif Armoricain, d'après A. Bigot (*Bull. Soc. Géol. de France*, 4e sér., IV, 1904, pl. XXV).

Dans le Sud, un synclinal de direction N.E. passe dans le S.W. de la Baie du Mont Saint-Michel, reparaît auprès d'Avranches, dessine une légère convexité vers le Nord, et tourne à l'E.S.E. [1].

Un deuxième arc du même genre a été décrit par Lecornu sous le nom de « zone bocaine » (fig. 115); le sommet s'en trouve au Sud de Saint-Lô [2]. Michel-Lévy a donné une description d'ensemble des différents alignements qui, par Jersey et Guernesey, atteignent la Presqu'île du Cotentin et dont quelques-uns la traversent; ce sont en partie des synclinaux paléozoïques, se relevant dans la direction du N.E. [3] L'extrême Nord, près du Cap de la Hague, est, d'après Bigot, formé de roches précambriennes et siluriennes, affectées par des fractures et par les roches éruptives voisines [4].

Nous apercevons ici une ordonnance tout à fait particulière.

Les plis qui apparaissent dans l'Ouest, au Sud de l'axe du Léon, présentent jusqu'à la Baie de Saint-Brieuc une direction arquée, convexe vers le Nord. Puis le tracé devient concave et les plis tournent au N.N.E. et au N.E., pour former dans le Nord du Cotentin les lignes extérieures d'un deuxième arc, plus important que le premier.

Si on rapproche de ce qui précède les observations d'Œhlert et de Bigot près de Mayenne et d'Alençon, on voit même apparaître comme les indices de l'amorce d'un troisième arc. Du bord septentrional du bassin de Laval partent d'autres plis dirigés vers l'E.N.E. ou le N.E., tout à fait homologues à l'anticlinal de Dinan, par exemple le synclinal qui, par Mayenne et Villaines, arrive jusqu'au voisinage d'Alençon [5]. Dans le coude que fait la Sarthe auprès d'Alençon, un anticlinal venu du S.W. se partage, sur la lisière du massif ancien, en une branche dirigée vers le N.N.E. et une branche dirigée vers l'E.N.E. [6]. Le grand synclinal des Coëvrons, qui atteint la bordure plus au Sud, auprès de

1. Il faut rectifier, en conséquence, ce qui a été dit au tome II, p. 138, d'après les données antérieures, sur le Cap Fréhel.

2. L. Lecornu, *Sur les plissements siluriens dans la région du Cotentin* (Bull. Service Carte géol. de la Fr., IV, 1892-1893, n° 33, p. 395-414, croquis de la p. 401). [Voir une carte géol. de la zone bocaine par A. Bigot, dans L. Cayeux, *Les Minerais de fer oolithique de France.* Fascicule I. *Minerais de fer primaires.* In-4°, Paris, 1909, p. 12 (Ministère des Travaux publics, Études des gîtes minéraux de la France).]

3. Michel-Lévy, *Contribution à l'étude du granite de Flamanville et des granites français en général* (Bull. Service Carte géol. de la Fr., V, 1893-1894, n° 36, p. 317-357, 5 pl. ; en particulier p. 318, fig. 1).

4. A. Bigot, *Feuille des Pieux* (Bull. Service Carte géol. de la Fr., X, 1898-1899, n° 63, p. 106-109).

5. Voir la petite carte d'Œhlert, *Feuille de Mayenne* (Bull. Service Carte géol., VIII, 1896-1897, n° 53, p. 60, et p. 58 pour l'inflexion des directions). [Voir aussi D.-P. Oehlert, *Livret-Guide de la Réunion extraordinaire de la Société géologique de France dans la Mayenne et la Sarthe.* In-8°, 78 p., 7 pl. cartes, Laval, 1909.]

6. D.-P. Œhlert et A. Bigot, *Note sur le massif silurien d'Hesloup* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 3e sér., XXVI, 1898, p. 82-103, carte de la p. 83).

Fresnay (fig. 116), tourne au contraire, dans sa partie méridionale, vers le S.E. C'est l'amorce du troisième arc. On retrouve la même direction dans les petits lambeaux de terrains anciens qui apparaissent sous la couverture jurassique, par exemple au N.W. du Mans.

Il résulte de ces études que l'opinion très répandue, suivant laquelle *les arcs d'un grand système de plissements se seraient formés les uns derrière les autres, dans un ordre régulier*, en s'accolant pour ainsi dire

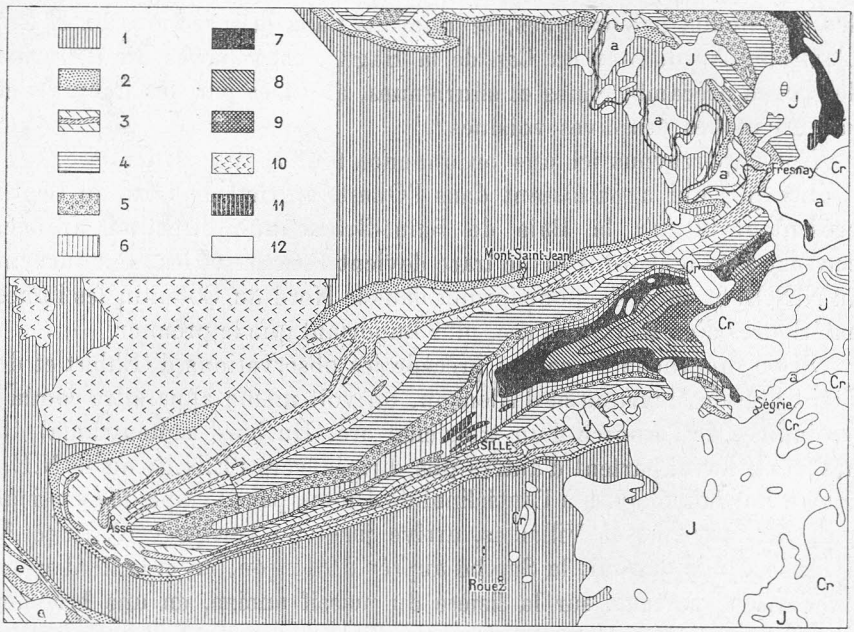


FIG. 116. — Carte géologique du synclinal cambro-silurien des Coëvrons, d'après D.-P. Œhlert (*Livret-Guide de la Réunion extraordinaire de la Société Géologique de France dans la Mayenne et la Sarthe.* In-8°, Laval, 1909, pl. 3).

1. Schistes précambriens. — Silurien inférieur ou Cambrien : 2. Poudingues pourprés; 3. Schistes et calcaires magnésiens; 4. Grès de Sainte-Suzanne; 5. Brèches et poudingues; 6. Grès et psammites. — Silurien moyen : 7. Grès armoricain; 8. Schistes à Calymènes, etc. — Silurien supérieur : 9. Gothlandien (grès, schistes, quartzites et ampélites). — 10. Granite; 11. Porphyres. — 12. Terrains secondaires, tertiaires et quaternaires (J. Jurassique; Cr. Crétacé supérieur; e. Sables et grès à *Sabalites* (Éocène); a. Alluvions. — Échelle de 1 : 300 000.

les uns aux autres, *ne se vérifie pas en Bretagne*. Le Bassin de Châteaulin, qui embrasse encore le Culm, doit son origine, tout comme les voûtes qui le recoupent, aux grands mouvements intra-carbonifères qui ont donné naissance aux chaînes armoricaines (fig. 117); et il existe à l'intérieur du massif plusieurs arcs distincts. Il semble qu'il faille tenir compte de la présence de noyaux anciens au milieu des plis [1].

1. A. Bigot, *Le massif ancien de la Basse-Normandie et sa bordure* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4e sér., IV, 1904, p. 909-953, pl. XXIV, XXV : carte; en particulier p. 944).

La bande gneissique du Cornouailles est accompagnée à l'Est par un filon de quartz, long de 140 kilomètres, qui rappelle le Pfahl bavarois et donne à cette partie du système un caractère de grande continuité.

Dans le synclinal du Bassin houiller d'Ancenis, Michel-Lévy croit voir une directrice qui se prolongerait dans le Plateau Central [1].

Élargissement du Bassin de Londres. — Des Mendip Hills à Boulogne, l'arc armoricain est interrompu. Le bassin est ouvert sur

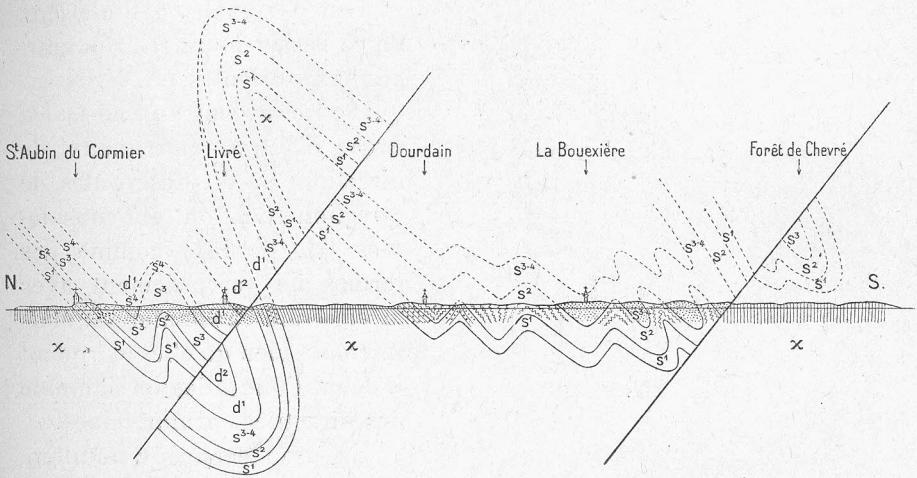
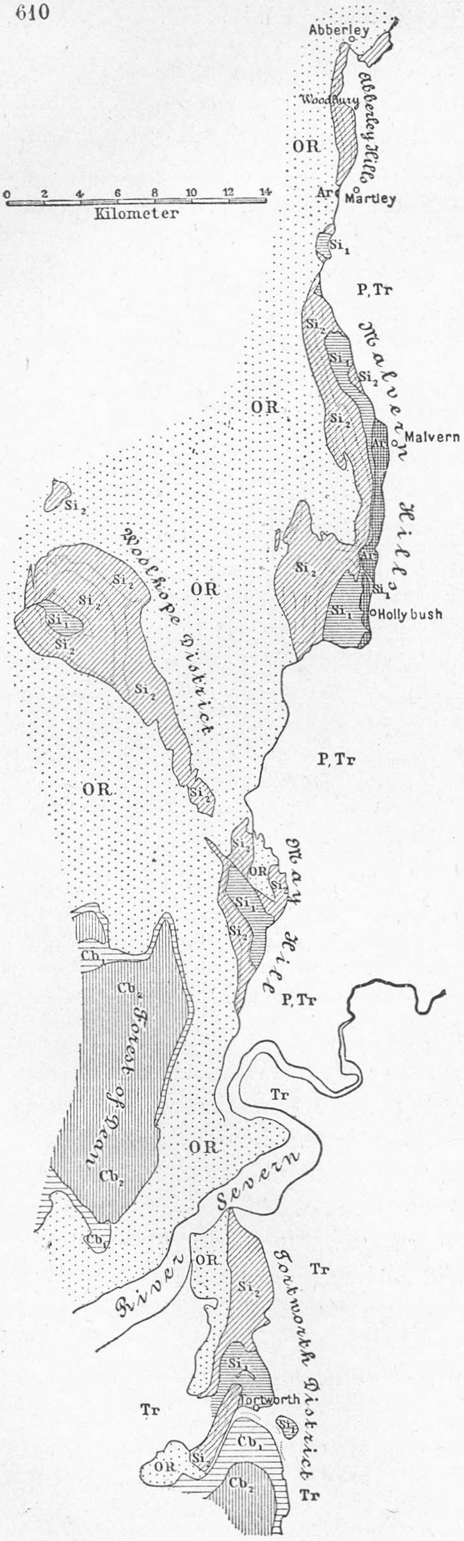


FIG. 117. — Coupe du Massif de Saint-Aubin-du-Cormier suivant le méridien de Dourdain, d'après Ch. Barrois (*Annales Soc. Géol. du Nord*, XXII, 1894, pl. IX, fig. 3).

x. Phyllades de Saint-Lô; s^1. Grès armoricain; s^2. Schistes d'Angers; s^{3-4}. Silurien supérieur et Grès de Saint-Germain; d^1. Grès de Gahard; d^2. Grauwacke de Néhou. — Échelle de 1 : 160 000.

cette grande distance, et c'est précisément là que se sont produits les plus importants des plissements récents, ceux du Weald. Nous avions admis, d'accord avec Godwin-Austen et beaucoup d'autres autorités, que les couches houillères déversées des Mendip Hills se raccordaient au delà d'Exeter, sous la couverture mésozoïque, avec les couches houillères déversées du Nord de la France (II, p. 141). Les faits ne sont pas tout à fait aussi simples. Par le rapprochement des observations anciennes et nouvelles, on peut reconnaître aujourd'hui que les mouvements d'âge armoricain se sont propagés assez loin vers le Nord, à

1. A. Michel-Lévy, *Situation stratigraphique des régions volcaniques de l'Auvergne* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 3e sér., XVIII, 1889-90, p. 688-695; en particulier p. 690 et pl. XXII, fig. 1). [Voir aussi Alb. Michel-Lévy, *Les Terrains primaires du Morvan et de la Loire* (Bull. Service Carte géol. de la Fr., XVIII, 1907-1908, n° 120, p. 193-489, 4 pl., 4 cartes; notamment p. 278-281, fig. 51 : carte schématique).]



l'Est de la zone calédonienne du Pays de Galles, au delà de ce qu'on considérait comme leur limite extrême [1].

Dans le Sud-Ouest du Pays de Galles, jusqu'à la Baie de Carmarthen, la zone pincée de terrain houiller est fort étroite; plus à l'Est, dans le grand Bassin du Glamorganshire, elle s'élargit beaucoup vers le Nord; et l'on a signalé, à l'intérieur de ce bassin houiller, trois anticlinaux orientés S.W.-N.E., qui se raccordent au Sud-Ouest avec d'autres anticlinaux de direction E.-W. Ces voûtes de direction N.E. ont été considérées (II, p. 131) comme des termes de raccordement avec la direction calédonienne; mais il semble bien qu'elles marquent le début d'une inflexion sigmoïde des directrices armoricaines.

La grande cuvette houillère fait place à l'Est à un anticlinal de direction N.E., qui, près d'Usk, amène au jour le Silurien sous l'Old Red Sandstone. Cet anticlinal sépare le Bassin du Glamorganshire d'un long synclinal de Calcaire carbonifère, orienté N.E., qui embrasse dans sa partie septentrionale le

[1. G. Delépine, *Plis hercyniens à travers le Sud de l'Angleterre et l'Irlande* (Bull. Soc. Géol. de France, 4e sér., IX, 1909, p. 197-199).]

Fig. 118. — Les Malvern Hills, d'après J. Phillips (*Mem. Geol. Survey of Great Britain*, II, 1848, pt. 1, pl. I).

Ar. Archéen; Si_1. Cambrien; Si_2. Silurien; OR. Old Red Sandstone; Cb_1. Calcaire carbonifère; Cb_2. Terrain houiller; P. Tr. Permien et Grès bigarré. — Échelle de 1 : 400 000 environ.

Bassin houiller de la Forest of Dean. Le lit même de la Severn est occupé par un autre bassin houiller, et au delà, à l'Est du fleuve, se trouve le plus long des rameaux armoricains. Dans ces parages, le Grès bigarré recouvre bien des accidents. Cependant, on reconnaît que le Bassin houiller de Bristol, dirigé N.N.E., est enserré à son extrémité septentrionale par deux anticlinaux qui se rapprochent sous un angle aigu comme les branches d'une fourche, se rejoignent à Tortworth, et se poursuivent dans la direction du Nord. Un petit îlot de Silurien supérieur marque, sur la rive méridionale de la Severn, le point où ils sont coupés par le fleuve. Un peu plus au Nord, ils reparaissent dans le Massif de May Hill et s'écartent ensuite en formant un angle ouvert au Nord. La branche occidentale court vers le N.W. et forme, au Nord du Bassin houiller de la Forest of Dean, le dôme de Woolhope, allongé en forme de poire, tandis que l'autre branche conserve une direction rectiligne vers le Nord. Celle-ci, après une courte interruption, forme la ligne N.-S. des *Malvern Hills* (fig. 118), puis des *Abberley Hills*, et c'est seulement alors, au S.W. de Kidderminster, à environ 70 kilomètres au Nord de l'extrémité septentrionale du Bassin houiller de Bristol et à environ 100 ou 110 kilomètres au Nord du bord des Mendip Hills, qu'elle tourne à l'E.N.E. et se dérobe à la vue (fig. 119). Une faille de direction méridienne, qui tranche toutes les roches anciennes du côté du Permien et du Grès bigarré, longe son bord oriental[1].

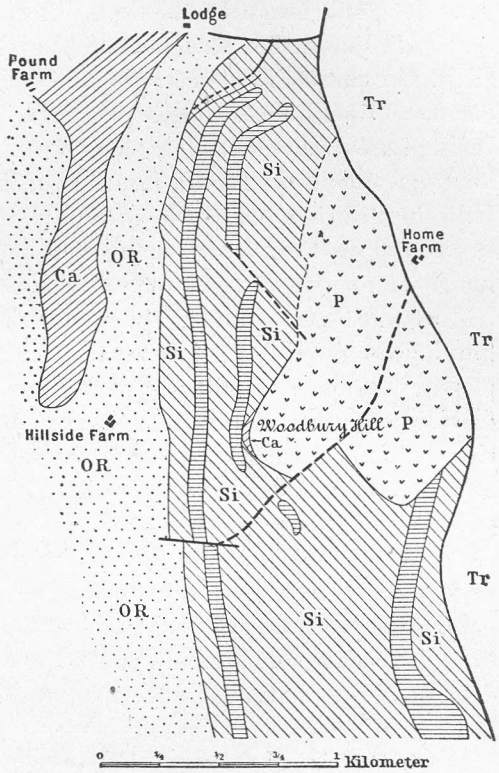


FIG. 119. — Les Abberley Hills, d'après T. T. Groom (*Quart. Journ. Geol. Soc. London*, LVI, 1900, p. 164).

Si. Schistes de Wenlock et de Ludlow, avec bandes de Calcaire d'Aymestry; OR. Old Red Sandstone; Ca. Terrain carbonifère; p. Brèche de Haffield (Permien); Tr. Grès bigarré. — Échelle de 1 : 30 000 environ.

1. J. Phillips, *The Malvern Hills, compared with the Palæozoic Districts of Abberley, Woolhope, May Hill, Tortworth, and Usk* (Mem. Geol. Survey of Great Britain, II, part 11

C'est seulement grâce aux travaux méritoires de Groom que la signification des Malvern Hills s'est éclaircie [1]. Elles se composent, depuis le Sud jusqu'à North Malvern, sur leur flanc Est, d'une étroite bande archéenne, *poussée vers l'Ouest par-dessus des couches cambriennes et siluriennes*. Plus au Nord, la bande archéenne disparaît : encore dans le petit horst de Martley, l'Archéen repose sur le Cambrien. La fig. 119 montre la structure de la partie septentrionale des Abberley Hills. On voit à l'Est la cassure qui les limite du côté du Grès bigarré, l'amorce de l'inflexion des plis siluriens vers l'E.N.E., puis l'Old Red plissé également, et, dans un synclinal de cette formation, l'extrémité Sud du Bassin houiller de la Wyre Forest. A Woodbury Hill, le Silurien plissé est surmonté en discordance par un paquet horizontal de Permien avec un peu de Carbonifère supérieur, ce qui montre bien que cette bande fait encore partie de l'édifice armoricain.

W. J. Clarke nous a appris que, dans la profondeur du Bassin houiller de la Wyre Forest, ainsi que de quelques bassins voisins, les plis des couches houillères moyennes sont coupés par une surface d'érosion que surmontent en discordance les couches houillères supérieures [2]. Cette surface, dite « Symon Fault », n'est probablement pas autre chose que la discordance armoricaine, si générale en tant de parties de l'Europe.

Il faut laisser à ceux qui connaissent le pays dans le détail le soin de juger si cette avancée du bord externe de la zone armoricaine peut avoir quelque influence sur l'allure souterraine des terrains houillers dont de récents sondages ont révélé l'existence, depuis Boulogne jusque dans la région comprise entre Douvres et Canterbury [3].

1848, p. 1-330, pl. I-III, dont 2 cartes). L'avancée des Malverns est particulièrement nette sur la carte schématique d'A. Strahan : *Map of Post-Carboniferous and Pre-Permian Earth-Movements* (Brit. Ass. Adv. Sc., 74th Rep., Cambridge, 1904, pl. VIII) [reprod. ci-après, p. 615, fig. 120].

1. T. T. Groom, *The Geological Structure of the Southern Malverns, and of the adjacent district to the West* (Quart. Journ. Geol. Soc. London, LV, 1899, p. 129-169, pl. XIII-XV) ; et : *On the Geological Structure of Portion of the Malvern and Abberley Hills* (Ibid., LVI, 1900, p. 138-197, pl. VIII : carte). Un chevauchement signalé encore plus au Nord, dans l'Ile de Man, n'affecte que des roches volcaniques d'âge carbonifère ; G. W. Lamplugh, *On some Effects of Earth-Movement on the Carboniferous Volcanic Rocks of the Isle of Man* (Ibid., LVI, 1900, p. 11-25).

2. W. J. Clarke, *The Unconformity in the Coal-Measures of the Shropshire Coal-Fields* (Quart. Journ. Geol. Soc., LVII, 1901, p. 86-95). Pour les régions plus septentrionales, voir W. Gibson : *On the character of the Upper Coal-Measures of North Staffordshire, Denbighshire, South Staffordshire, and Nottinghamshire ; and their relation to the Productive Series* (Ibid., p. 251-266). Il est très possible que la grande faille d'Orlau [dans le bassin houiller de la Haute-Silésie] s'explique de la même façon que cette prétendue « Symon Fault ». C'est à cette conclusion que conduit l'étude détaillée à laquelle s'est livré à son sujet R. Michael : *Über die Frage der Orlauer Störung im oberschlesischen Steinkohlenbecken* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch., LIX, Monatsberichte, 1907, n° 2, p. 30-34).

[3. Ch. Barrois, *L'historique de la découverte du Bassin houiller de Douvres, d'après M. W. Boyd Dawkins* (Annales Soc. Géol. du Nord, XXXVI, 1907, p. 389-397, carte dans le texte) ; E. A. Newell Arber, *On the Fossil Plants of the Waldershare and Fredville Series of the*

Parmi les plissements posthumes, nous avons signalé le Weald et l'anticlinal rompu du Pays de Bray comme particulièrement importants (II, p. 144). Le résultat essentiel avait été qu'à l'intérieur de l'aire d'affaissement, il s'est produit des plissements récents suivant l'ancienne direction armoricaine.

Dans le Sud de l'Angleterre (fig. 120), la direction de ces plissements récents est à peu près E.-W. Les recherches de Strahan peuvent se résumer en disant qu'il existe trois grands synclinaux (ceux de Londres, de Chichester et du Solent) et trois anticlinaux (ceux de Guildford, de Portsdown et de l'Ile de Wight), disposés en coulisses, les voûtes étant toujours plus raides vers le Nord et partant de l'Ile de Wight suivant deux lignes de dislocation : l'une traverse la Presqu'île de Purbeck, tandis que la seconde, un peu plus au N., passe au Sud de Dorchester et atteint la côte près de Lyme Regis. Ces mouvements ont développé parfois une énergie considérable. Strahan décrit un cas où une série redressée verticalement de couches peu résistantes, épaisse de 1 100 pieds (335 m.), a été réduite à l'épaisseur de 270 pieds (82 m.). Un rognon de silex noir, dans la craie, est réduit en une traînée de poussière noire semblable à une veine de houille[1].

Il est plus difficile de suivre ces accidents en France où, selon toute apparence, ils sont plus nombreux, mais en partie moins accusés. Sur un croquis de Dollfus, la direction S.E. règne très généralement dans la moitié occidentale du Bassin de Paris. C'est également la direction armoricaine[2]. Dans le Sud, ces plis sont coupés par des failles N.-S.

Kent Coalfield (Quart. Journ. Geol. Soc. London, LXV, 1909, p. 21-40, pl. I, avec bibliogr.; résumé par Ch. Barrois, Annales Soc. Géol. du Nord, XXXVII, 1908, p. 227-229).]

1. A. Strahan, *On Overthrusts of Tertiary Date in Dorset* (Quart. Journ. Geol. Soc., LI, 1895, p. 549-562, pl. XVII et XVIII, dont 1 carte); et *The Geology of the Isle of Purbeck and Weymouth* (Mem. Geol. Survey, England and Wales. In-8°, XI-278 p., 11 pl., dont 1 carte géol., 1898). Du même : *Guide to the Geological Model of the Isle of Purbeck.* In-8°, 26 p., 2 pl. cartes géol., 1906. Un aperçu général des accidents post-carbonifères a été donné par A. Strahan dans son Adresse présidentielle à la British Association en 1904 (74th Rep., Cambridge, p. 532-541, pl. VIII; texte reprod. Geol. Magazine, Dec. V, vol. I, 1904, p. 449-462). Il ressort de cette intéressante synthèse que, dans l'Ouest de l'Angleterre, un grand nombre de failles, affectant une direction plus ou moins calédonienne, ont pris naissance avant le dépôt du Permien et du Trias. Pour pousser plus loin la comparaison, il faudra distinguer des sytèmes de plissements, encore plus nettement qu'on ne l'a fait jusqu'à présent, les redressements locaux et les anticlinaux isolés qui sont une simple conséquence de la production des failles; on peut se demander, par exemple, si le Lake District ne représente pas un horst.

2. G. F. Dollfus, *Relations entre la structure géologique du Bassin de Paris et son hydrographie* (Annales de Géogr., IX, 1900, p. 313-339 et 413-433, pl. X : carte); Bull. Service Carte géol. de la Fr., XV, 1903-1904, n° 98, p. 149-163, carte; d°, XVI, 1904-1905, n° 105, p. 31-35, carte. Voir aussi sa notice : *Nouvelle carte géologique du Bassin de Paris au millionième* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4e sér., III, p. 7-18). Pour le Pays de Bray, consulter la monographie détaillée d'A. de Lapparent (Mém. pour servir à l'Explication de la Carte géol. détaillée de la France). In-4°, 182 p., 4 pl. cartes, 1879.

qui viennent du Plateau Central. Lemoine et Rouyer ont cru remarquer que, dans le Sud, les accidents tournent dans le sens du rebroussement, comme pour épouser la direction varisque [1].

Quelques savants distingués, tels que Godwin-Austen, ont pensé, il y a longtemps, que les plissements se reproduisaient toujours et partout suivant les mêmes lignes. Lorsque Marcel Bertrand recueillit les premières observations sur ces plissements récents dans l'Ouest du Bassin de Paris, il se trouvait dans une région où leur direction est sensiblement parallèle à la direction armoricaine qui règne dans les horsts. Il conclut, dans le sens de Godwin-Austen, à la continuité du plissement, c'est-à-dire qu'il admit que le plissement des horsts eux-mêmes ressuscitait [2]. Et cependant, on voit bien des cassures partir des horsts, mais non pas des plis. Cela résulte aussi clairement que possible de leur direction différente en Angleterre.

Les plissements posthumes du Bassin de Paris et de Londres sont dans le même rapport avec les horsts qui les entourent que les Alpes avec leur encadrement. *Ils représentent une architecture du même genre, quoique plus lâche, et sur une plus petite échelle.*

Il y a beaucoup à apprendre ici pour l'intelligence des Alpes.

Le bord oriental, varisque, du Bassin de Paris montre que le Massif Rhénan, dans les deux golfes qui s'ouvrent vers Luxembourg et vers Metz, s'est abîmé suivant des cassures longitudinales, varisques, sensiblement parallèles aux cassures de la Sarre. Les relevés de L. van Werveke (II, p. 156, fig. 28) permettent en outre de reconnaître que ces deux golfes sont ainsi devenus deux fosses d'effondrement, séparées par un horst allongé qui demeure visible jusqu'à Sierck sur la Moselle [3]. On ne saurait méconnaître la ressemblance de ce horst avec ceux de Lissac et de Terrasson (fig. 110) et avec ceux d'Alençon et d'Argentan (fig. 112). Le fragment de granite et de Silurien qui apparaît au Sud-Ouest d'Alençon (Massif d'Hesloup) offre une structure fort compliquée, qui ne ressemble en rien à l'axe d'un anticlinal indépendant [4].

1. P. Lemoine et G. Rouyer, *Sur l'allure des plis et des failles dans la Basse-Bourgogne* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4e sér., IV, 1904, p. 561-568, pl. XV : carte).

2. M. Bertrand, *Sur la continuité du phénomène de plissement dans le Bassin de Paris* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 3e sér., XX, 1892, p. 118-165, pl. V, cartes dans le texte); voir aussi sa note : *Lignes directrices de la Géologie de la France* (C. R. Acad. Sc., CXVIII, 1894, 1er sem., p. 258-262, carte de la p. 260).

3. L. van Werveke, *Uebersichtskarte der Verwerfungen des mesozoischen Gebirges in Lothringen, Luxemburg und den angrenzenden Gebieten der Rheinprovinz* (in : Schumacher, Steinmann und van Werveke, *Erläuterungen zur geologischen Uebersichtskarte des westlichen Deutsch-Lothringen*. In-8°, Strassburg, 1887, pl. II); ibid., p. 10, 11 : « Le Trias et le Jurassique... se sont effondrés tout autour des terrains anciens ».

4. D. P. Œhlert et A. Bigot, *Note sur le Massif silurien d'Hesloup* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 3e sér., XXVI, 1898, p. 82-103, carte de la p. 83).

FIG. 120. — Accidents post-carbonifères du Sud de la Grande-Bretagne, d'après A. Strahan (*British Assoc. Adv. Sc., 74th. Rept.*, Cambridge, 1904, pl. VIII).

Les anticlinaux, failles, etc., postérieurs au terrain houiller mais antérieurs au terrain permien, sont représentés par des traits noirs forts; les synclinaux du même âge par de petits cercles alignés en chapelets. Les traits fins figurent les anticlinaux de date plus récente. — Échelle de 1 : 3 300 000 environ.