

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 AVEC L'AUTORISATION DE L'AUTEUR ET ANNOTÉ

SOUS LA DIRECTION DE

EMMANUEL DE MARGERIE

TOME III (*2^e Partie*)

Avec 2 cartes en couleur et 124 figures

dont 401 nouvelles (89 exécutées spécialement pour l'édition française).



Librairie Armand Colin

Paris, 5, rue de Mézières

*Affectueux hommage
Linn. & Koenigsm.*

LA
FACE DE LA TERRE

(DAS ANTLITZ DER ERDE)

A LA MÊME LIBRAIRIE

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**.

TOME I. — **Les Montagnes**. In-8° de xv-835 pages, avec 2 cartes en couleur et 122 figures, dont 76 exécutées pour l'édition française, broché. 20 fr.

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. 20 fr.

TOME III. — **La Face de la Terre** : 1^{re} PARTIE. In-8° de xii-530 pages, avec 3 cartes en couleur et 94 figures, dont 67 exécutées pour l'édition française, broché. . . 15 fr.

— 2^e PARTIE. In-8° de xii-425 pages, avec 2 cartes en couleur et 124 figures, dont 101 nouvelles (89 exécutées spécialement pour l'édition française), broché. . . 12 fr.

(Le Tome III et dernier comprendra trois parties.)

LA FACE DE LA TERRE

(DAS ANTLITZ DER ERDE)

PAR

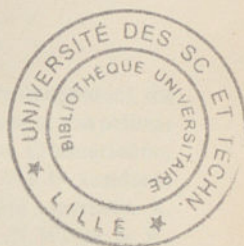
ED. SUESS

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



TOME III (2^e PARTIE)

AVEC 2 CARTES EN COULEUR ET 124 FIGURES

dont 101 nouvelles (89 exécutées spécialement pour l'Édition française)

Ex - Libris

Charles BARROIS

Membre de l'Institut

Président de l'Académie des Sciences

1851 - 1939

(Don de sa Famille 1981)

PARIS

LIBRAIRIE ARMAND COLIN

5, RUE DE MÉZIÈRES, 5

1914

Tous droits réservés.

Exclu du prêt

BIBLIOTHÈQUE DE L'USTL	
Cote	551.4
Niv.	3
Salle	MAG
Inv.	405300

LA FACE DE LA TERRE

(1794/1800)

ES SUESS

TABLEAU DE LA TERRE

TABLEAU DE LA TERRE

LA TERRE

TABLEAU DE LA TERRE

EMM. DE MARGENT



TABLEAU DE LA TERRE

TABLEAU DE LA TERRE

Charles BARROIS

Membre de l'Institut

Président de l'Académie des Sciences

1851 - 1939

Paris le 22 Avril 1911

PARIS

LIBRAIRIE ARMAND COLIN

2, rue de Mézières

BIBLIOTHÈQUE	
DE LA	
UNIVERSITÉ	
DE LILLE	

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 Chaîne 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.

Bauhin

méditerran

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 FIGURES¹

	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-Voitești. . .	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 W. 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. Cvijić.	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 <i>Geological Survey</i> 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-Bélaïr, d'après Ch. Barrois.	601
— 114. Recoupement du synclinal du Ménez-Bélaïr 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. *Chariages 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 <i>Maryland Geological Survey</i>	644
— 128. Les plateaux créacés 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

TABLE DES PLANCHES ET FIGURES.

IX
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 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'île 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 F. 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 (Zillertal), 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 Muttentjoch 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.	824
— 180. *Déferlement des plis crétacés du Sântis sur le Flysch et la Mollasse, d'après Arn. 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.	874
— 189. *Croquis orotectonique de la Tunisie Centrale, d'après L. Pervinquier.	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 Chaines 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 Baléaire, 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 de 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

TABLE DES PLANCHES ET FIGURES.

XI
Pages.

Fig. 204.	La frontière franco-espagnole aux Environs de Gavarnie, d'après la feuille de <i>Luz</i> 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 <i>Mauléon</i> et d' <i>Urds</i>), 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'île 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 (2^e 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 (1^{re} 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 EUROPE¹

Altaïdes européennes. — Le horst d'Azov. — Prolongement du Caucase. — Crimée et Plateforme 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. 416; 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 faite 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 nom¹.

Nous allons maintenant partir de la continuité des horsts anté-permiens 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 faite, 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., 3^e 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 Gobi¹. 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'Ooussa, 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'île 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 Bøthlingk 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 striés¹. 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'île 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 bordure².

Les recherches de Dal nous apprennent que ces plis occupent toute la largeur de la Presqu'île de Varanger jusqu'au Tanafjord³.

L'âge de ces grès est inconnu; on suppose qu'ils sont dévonien. 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 dominant, 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. S.-Pétersbourg, VI^e 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. Undersøgelse, n^o 4, 1892, p. 22-51 [résumé anglais, p. 198-200]); voir aussi *Aarboeg for 1891* (Ibid., n^o 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^o 4, p. 6-11).

3. Adolf Dal, *Geologiske iagttagelser omkring Varangerfjorden* (Norges Geol. Undersøgelse, n^o 28, Aarboeg f. 1896 til 99, Kristiania, 1900; n^o 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 *Corse* 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 cénomaniennne 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 Gibraltar¹. 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 faite; 9. Anticlinaux, etc.; 10. Synclinaux; 11. Failles et décrochements; 12. Effondrements. — Échelle de 1 : 3 000 000.

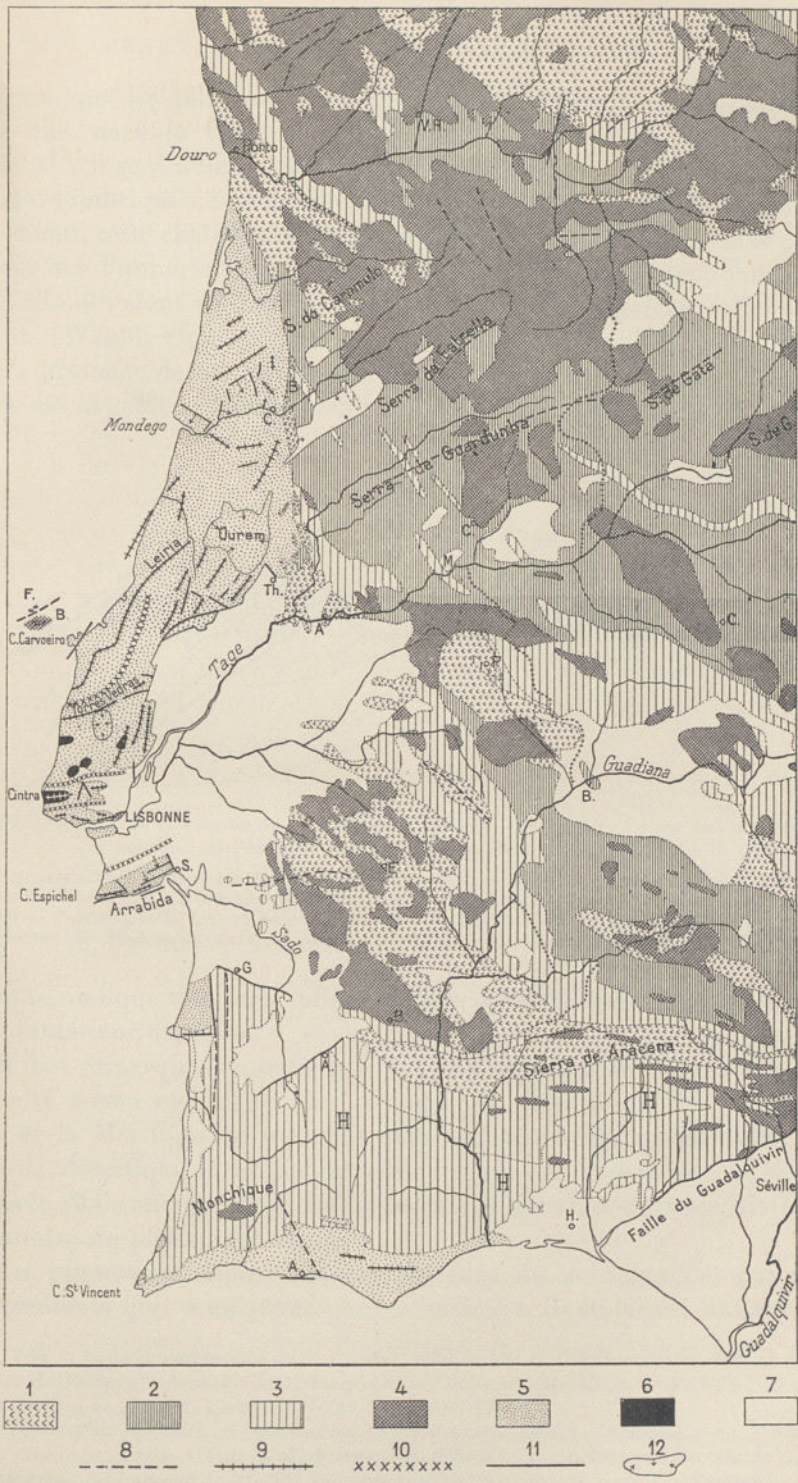


FIG. 95. — Croquis tectonique du Portugal, d'après P. Choffat (*Comunicações do Serviço Geologico de Portugal*, Tom. VII, 1907).

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 Espichel¹, il se produit, sous l'influence de mouvements violents, une structure imbriquée, avec écaïlles 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 exceptionnelle².

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

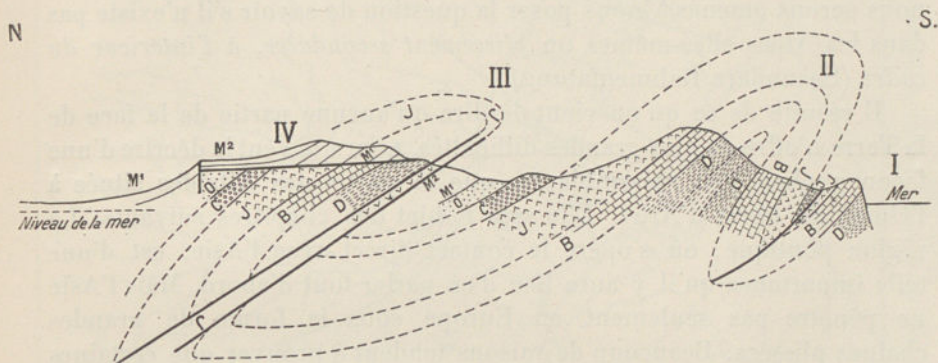


FIG. 96. — Coupe de la Chaîne de l'Arrabida, d'après P. Choffat (*Notice sur la Carte hypsométrique du Portugal*. In-8°, Lisbonne, 1907, p. 48, fig. 1).

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-faïlle et chevauchements horizontaux dans le Mésozoïque du Portugal* (C. R. Acad. Sc. Paris, CXXI, 1905, 2^e sem., p. 335-337); et surtout : *Notice sur la Carte hypsométrique du Portugal* (Extr. des Communicações do Serviço Geol. do Portugal, VII, fasc. 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.

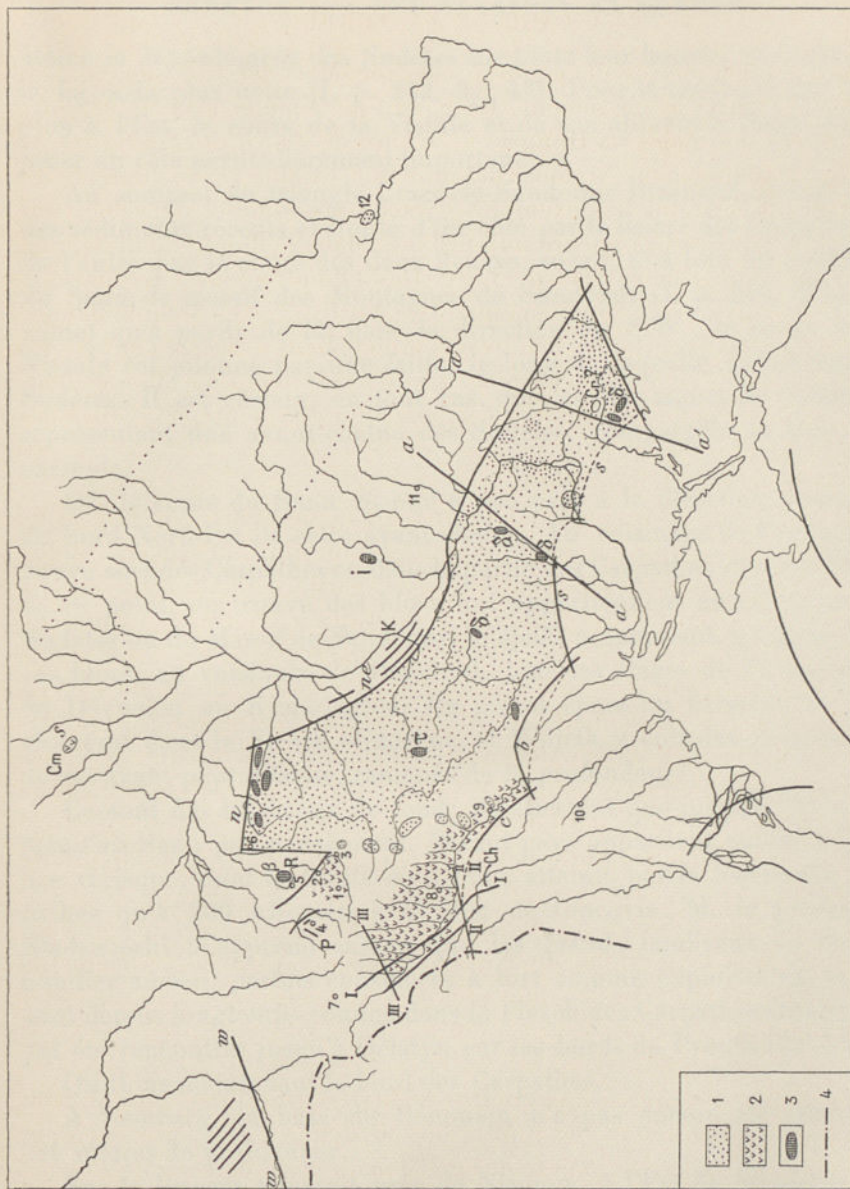
Ensuite nous passerons aux Altaïdes d'Europe, avec leurs prolongements dans l'Amérique du Nord et dans le Nord de l'Afrique, et enfin viendra l'étude des chaînes plus récentes, enserrées dans ce cadre préexistant.

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 Teisseyre¹ et Laskarev². 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. S'-Petersbourg, 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).



I. 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. Teissyre :

I. Ligne Berdo-Narol ;

II. Ligne Tchernovtzy - Perkovtzy ;

III. Ligne Kovalevka - Smykovtzy ;

P. Dislocation de Peljecha ;

R. Effondrement de Rovno ;

K. Dislocation de Kaney ;

I. Dykes diabasiques d'Is-satchky ;

ww. Faille de la Vistule ;

aa, a'a'. Canal transversal du Dniestr (Golfo du Borysthène, N. Sokolov) ;

n, ne, ss, b, c. Bords Nord, Nord-Est, Sud et Sud-Ouest de la Plate-forme cristalline.

Principales localités :

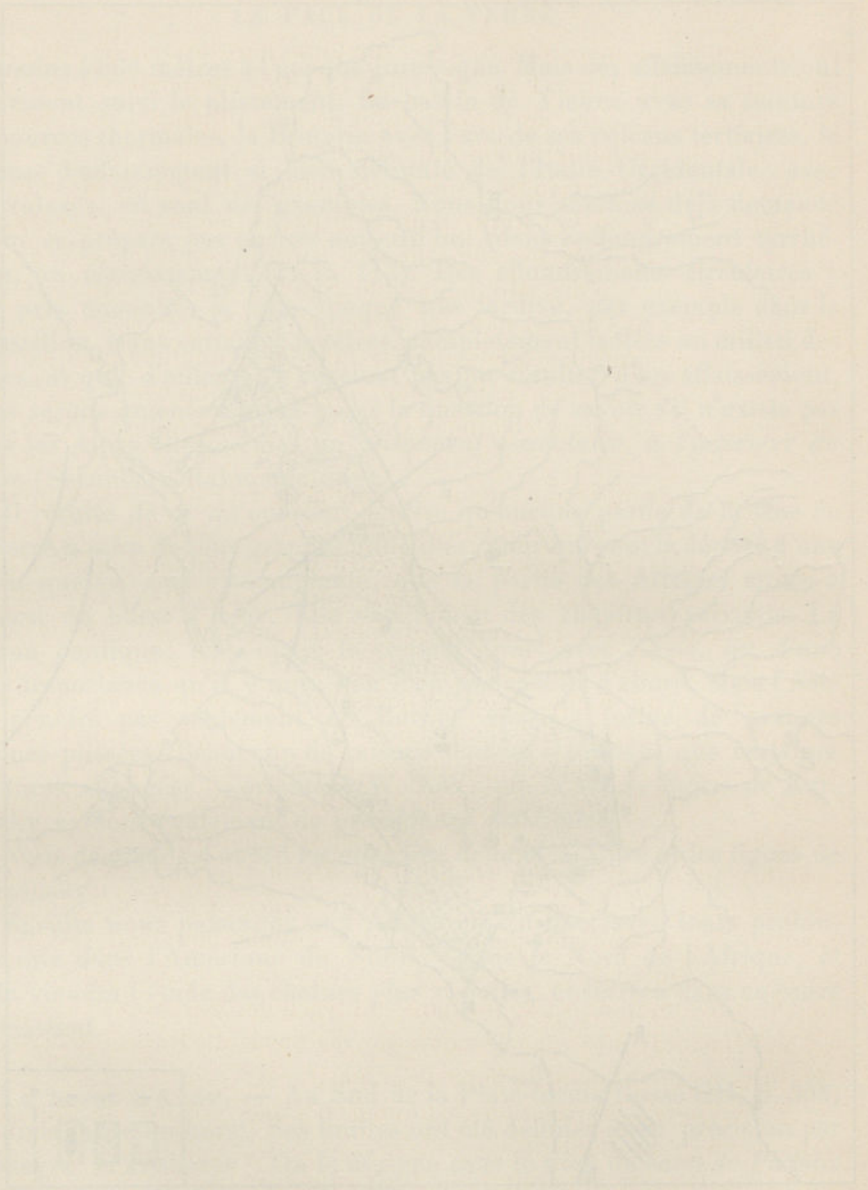
1. Brykov; 2. Ostrog; 3. Zaslave; 4. Peljecha; 5. Rovno;

6. Klessov; 7. Lwow (Lemberg); 8. Kamenetz-Podolsk;

9. Iampol; 10. Kiehlnev; 11. Poltava; 12. Ilot granitique du district de Pavlovsck.

Échelle de 1 : 10 000 000 environ.

Fig. 97. — Croquis tectonique de la Russie Méridionale, d'après V. Laskarev (Bull. Comité Géol. S^t-Petersbourg, 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 Przemysl, 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 profondeur¹.

Ce sont des lambeaux de fond; ils attestent que jusqu'à Przemysl, 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 Sandomir².

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 Przemysl* (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 Sandomir¹.

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 Prouth². 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 carte³ (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. S^{ts}-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 Donetz¹.

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. Bogatchev, *Observations géologiques dans le bassin de la Rivière Manytch*, r. f. (Bull. Comité Géol. S'-Petersbourg, 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 Klietzkhaïa 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 Kalmioug, 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 inverses¹.

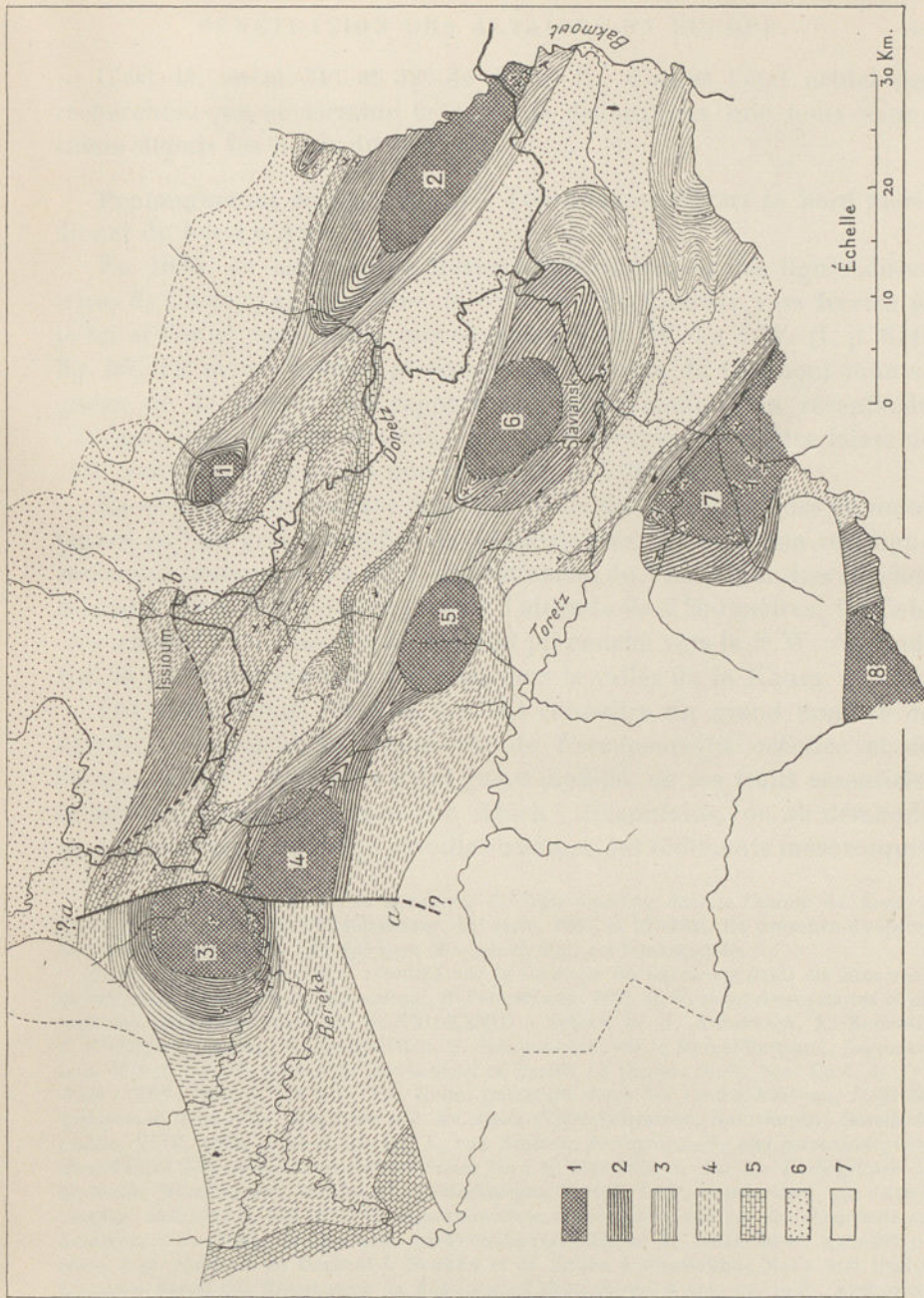
Borissiak a montré comment ces plis étroits se perdent au Nord-Ouest dans la direction d'Ooussioum (fig. 98); là, ils sont complètement rasés, et les voûtes apparaissent à la surface de la plaine à l'état d'ellipses isolées s'orientant N.W., affectant une structure concentrique plus ou moins régulière, 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 oligocène².

Le Dniepr jalonne le bord méridional, et l'on trouve encore très en amont, près de Kanev, des accidents dans le Jurassique et le Crétacé³.

1. Th. Tschernyschew et L. Loutougin, *Le bassin du Donetz* (Guide des Excursions du VII^e Congrès Géol. International, S^t-Petersbourg, 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. Piatnitsky, *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. S^t-Petersbourg, VI^e 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^o 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. Tsareborissovo;
 2. Dronovka;
 3. Petrovskaïa;
 4. Kamychevkaïa;
 5. Korouïka;
 6. Slaviansk;
 7. Drouïkovska-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. Borissiak (Mém. Comité Géol., S-Petersbourg, 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 rhétien¹, mais elles n'ont guère modifié, en ses traits essentiels, le tableau d'ensemble tracé par Abich². 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. S'-Petersbourg, VI^e 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 VII^e Congrès Géologique International*, S'-Petersbourg, 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 VII^e Congrès géologique international en Russie. Le Caucase* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 3^e sér., XXV, 1897, p. 713-719); Alb. Heim, *Querprofil durch den Central-Kaukasus, längs der crusinischen 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., S'-Petersbourg, XIX, n^o 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, fotogr. 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'Aphéron, 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 Derbent¹ 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 créacé 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, gov. 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 VII^e 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 S'-Petersbourg, 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. 253-381, pl. IX-XVI: carte); et dans d'autres publications.

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

Androusov 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.

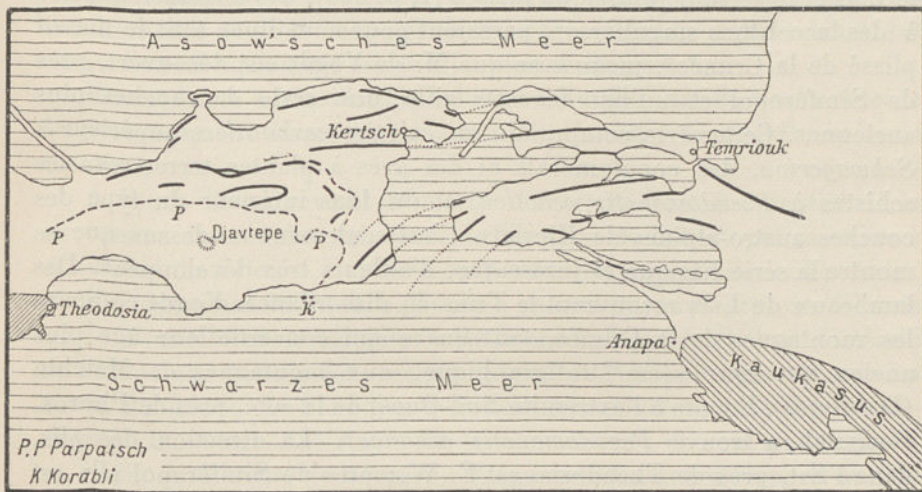


FIG. 99. — Le Déroit de Kertch, d'après Androusov.

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. Androusov 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 singulières¹, passaient pour constituer tout le massif plissé de la Crimée², 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 développée³. 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 VII^e Congrès Géologique International*, St-Petersbourg, 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-Petersbourg, 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 Crimée¹. 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 Bulgare².

Ernest Favre a considéré le calcaire à Nummulites de Varna comme le prolongement direct du calcaire à Nummulites du Sud-Ouest de la Crimée³.

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 Turonien⁵.

1. Michel paraît avoir été le premier qui y ait reconnu du Néocomien (Bull. Soc. Géol. de Fr., 2^e 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., 4^e 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., 3^e sér., XXIV, 1896, p. 595-601); voir aussi, pour le Jurassique supérieur des environs de Constanza, le *Guide des Excursions du 3^e 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., 3^e 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'avancant 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 roumains¹.

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 Dobruška 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., IX^e 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^o, 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 Rotenturm-passe 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., IX^e 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.

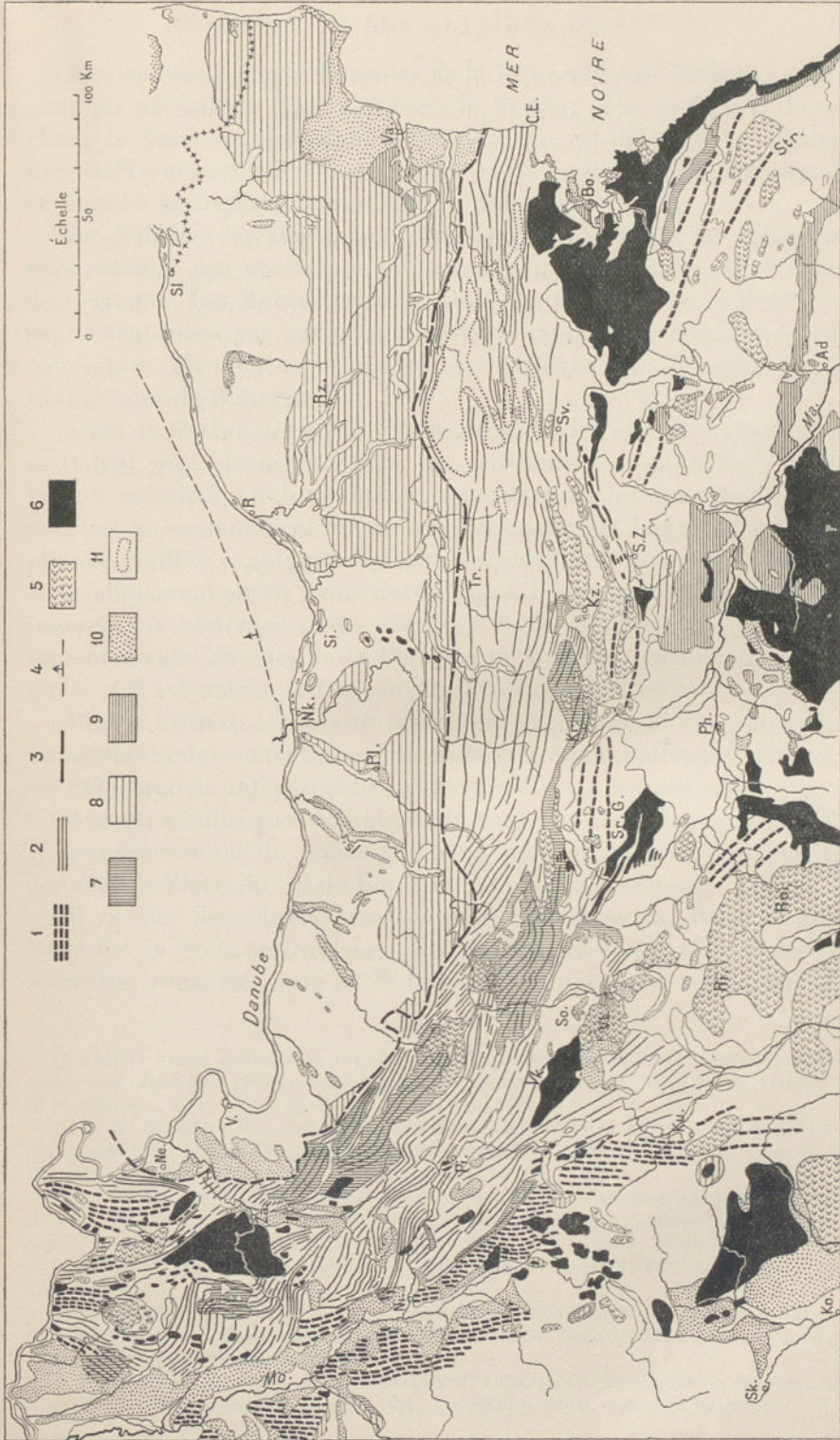
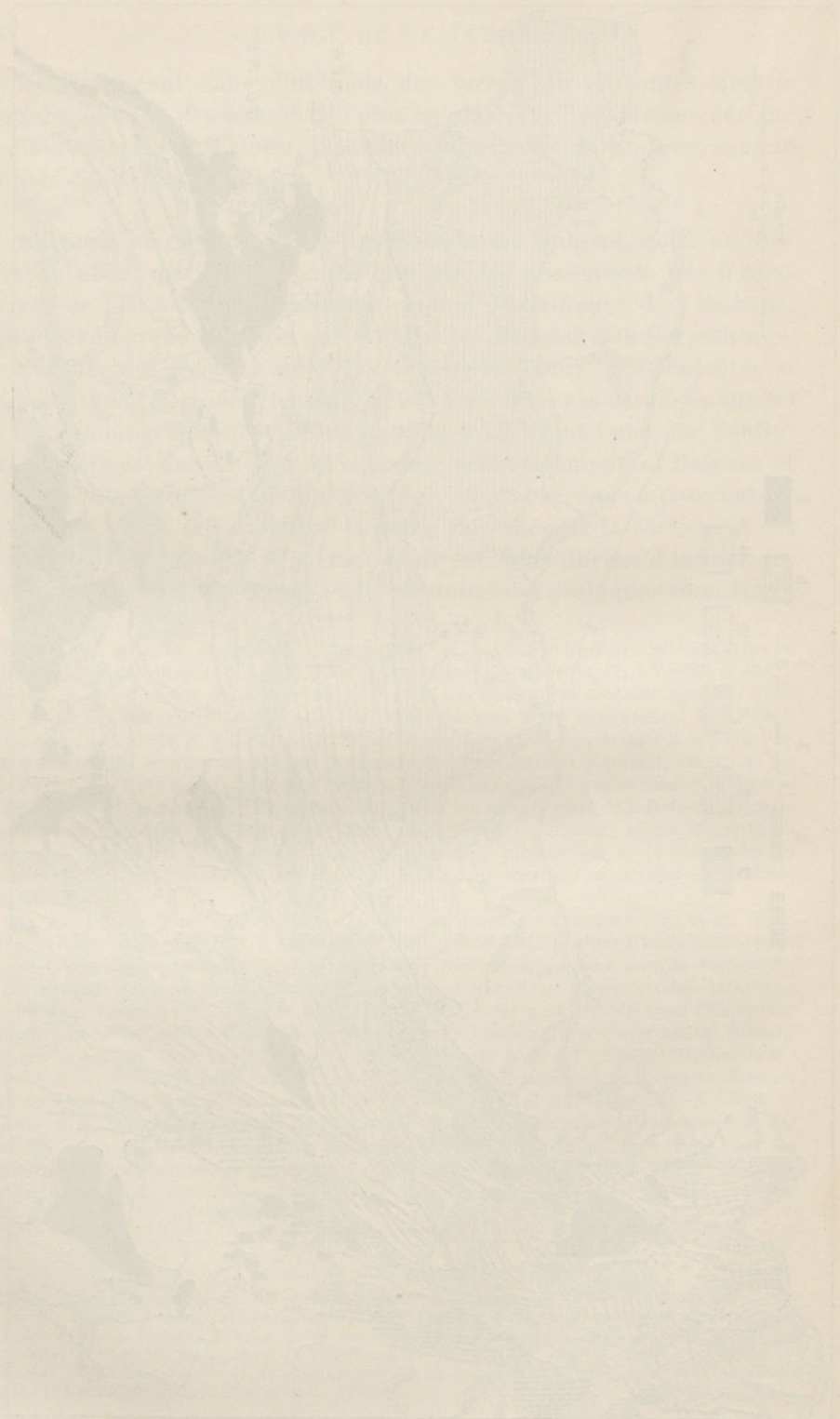


Fig. 100. — Croquis tectonique des Balkans, d'après J. Cvijic (Congrès Géol. Internat., Compte rendu de la IX^e Session, Vienne, 1903, t. I, pl. I, p. 370).



Les terrains anciens du centre de la Presqu'île des Balkans¹ 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 Schaffer², 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 lâche³. 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 « aptygmiques », 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 Zlatarski⁴ et de Bontchev⁵ 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 Allserbien* (Petermanns Mittheil., Ergänzungsheft Nr. 162). In-4°, VIII-392 p., 16 pl. fotogr., 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, 10^e 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., 10^e 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 Graptolithes¹, 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 Pirov 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. Allahverdjiév, *Contribution à l'étude du système silurien en Bulgarie* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e 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 (serpentine, 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).



IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

Nord des Monts de Retyezát, peut-être même se prolonge-t-elle jusque dans la partie Nord de la coupure transversale de l'Olt¹. 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 anciennes². 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'écaillés successives³. Murgoci a décrit ensuite les hautes montagnes roumaines dans la région du Paring⁴. En 1903, Mrazec présenta au Congrès de Vienne quelques conclusions générales⁵; enfin Murgoci fut conduit à une synthèse embrassant la structure de la moitié occidentale des Carpathes roumaines⁶.

1. F. Schafarzik, *Die geologischen Verhältnisse der Umgebung von Borlova und Pojana-Mörol* (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 cercetare geologica vara 1898; V. Grupul superior al cristalinelui in masivul Paringu* (Bull. Soc. Ingen. de Mine, Bucaresti, 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., IX^e 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, CXXI, 1905, 2^e 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 Tertiar Oltenien's mit Rücksicht auf das Vorkommen von Salz, Petroleum und Mineralwasser* (Anuarul Institutului Geologic al României, 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 : 4 000 000, 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 servons 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 autochtone *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 charriage¹. 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).

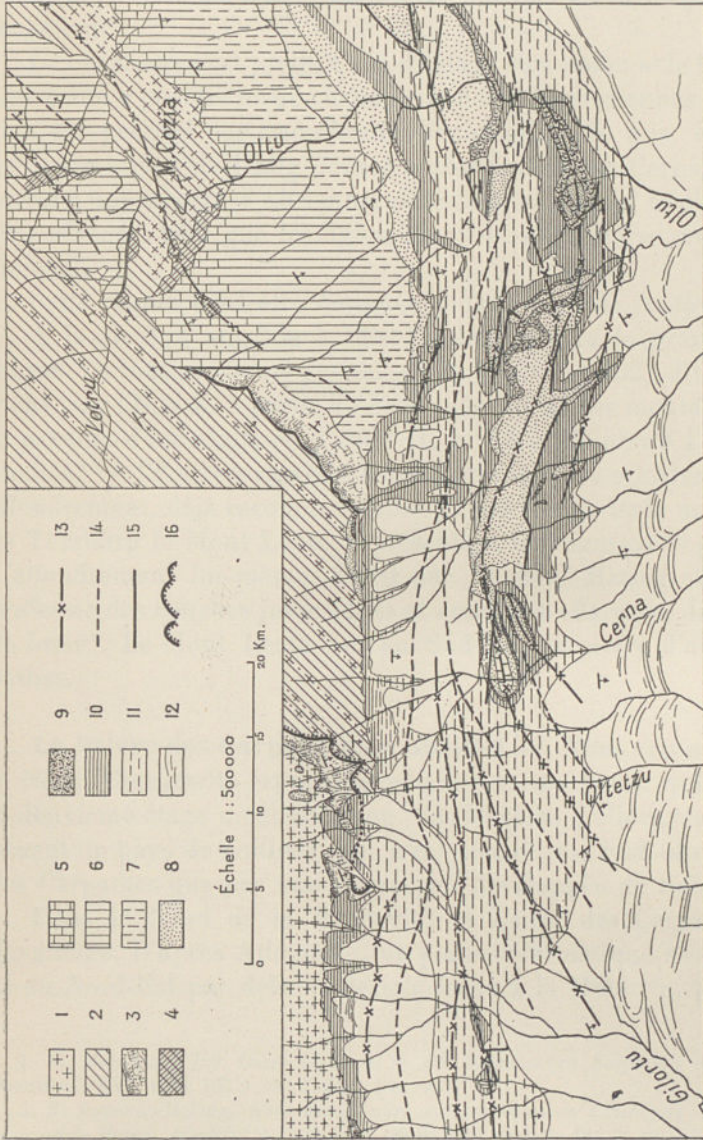


FIG. 102. — La zone subcarpathique en Ollénie, d'après G. Murgoci (*Anuarul Institutului Geologic al României*, I, 1907, pl. II).

1. Granite et diorite; 2. Micascistites 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. Failles; 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 Cénomaniens; l'intrusion σ pénètre jusque dans les couches barrémiennes. Le Cénomaniens 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-cénomaniens, 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 étudiée¹. A l'Est reparait 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 fossé². 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 salifère³.

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. Scient. 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., 3^e 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 Dimbovitza, 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 bordure¹.

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 Carpathes³. 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 Rimnié-Sarat, le tableau a de nouveau changé; là, 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* (hgg. v. k. Rumän. Minist. d. öf. Arb.). In-4°, 104 p., Bucarest, 1904 (auteurs de la carte: C. Alimănestianu, L. Mrazec et V. J. Brătianu; 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 Prahova¹. Ainsi se trouve isolée une longue baie autonome de terrain salifère, la baie de Slanitz (fig. 103). Son bord septentrional est une cassure, et les gîtes 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

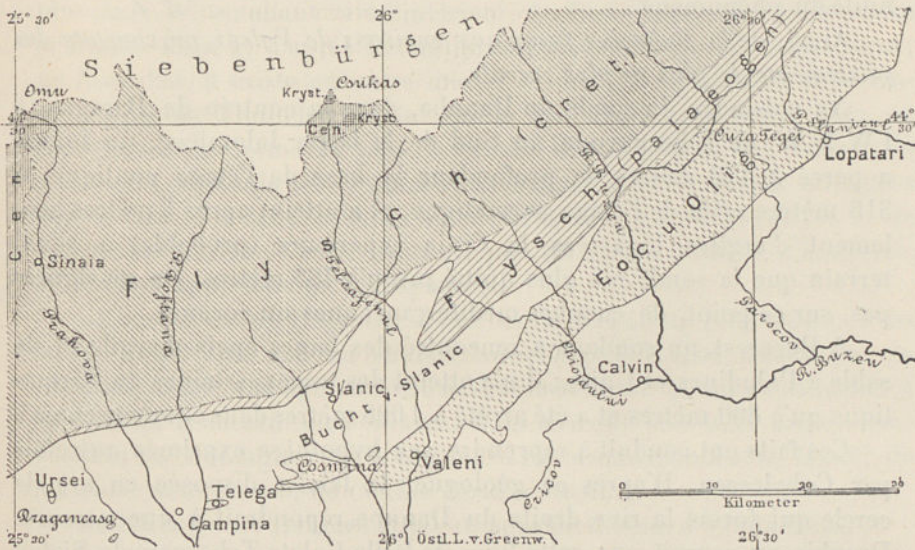


Fig. 103. — L'éperon de Valeni, d'après une esquisse communiquée par M. le Prof. Mrazec. Echelle de 1 : 800 000 environ.

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., 4^e sér., IV, 1904, p. 54-77, carte et coupes dans le texte). L. Mrazec, *La tectonique de l'éperon paléogène de Valeni* (Revue du Pétrole, 1^{re} 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 Læss 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 étage².

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 Slanitză³ ». Murgoci fait cependant observer, que, près de Roustchouk, le calcaire créacé 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 preliminară asupra structurii geologice a regiunii Campina Bustenari* (An. Acad. Roman., Bucaresti, Ser. II, XXVIII, 1905-1906, p. 491-510, pl. I-II : carte et coupe); Mrazec, *Contribution à la géologie de Gura Oenitzei-Moreni* (Moniteur Pétrol. Roum., 20 septembre 1905, p. 785-789); voir aussi *Arb. Petrol. Comm.*, p. 90, et *Guide des Excursions du 3^e 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 3^e Congrès International du Pétrole*, 1907, V, p. 227.

3. M. M. Draghicenu, *Studii asupra Hidrologiei subterane diu punctul de vedere a alimentarei Oraselor*, etc. In-4°, 181 p., carte, Bucaresti, 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 stratigraphiques¹. Pascu a fait paraître une carte nouvelle². 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 Toultscha), 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'Île 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; Draghicensu 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 Dobrudscha* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 3^e 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 trainée 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. 245-258); 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 Carpathes¹.

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

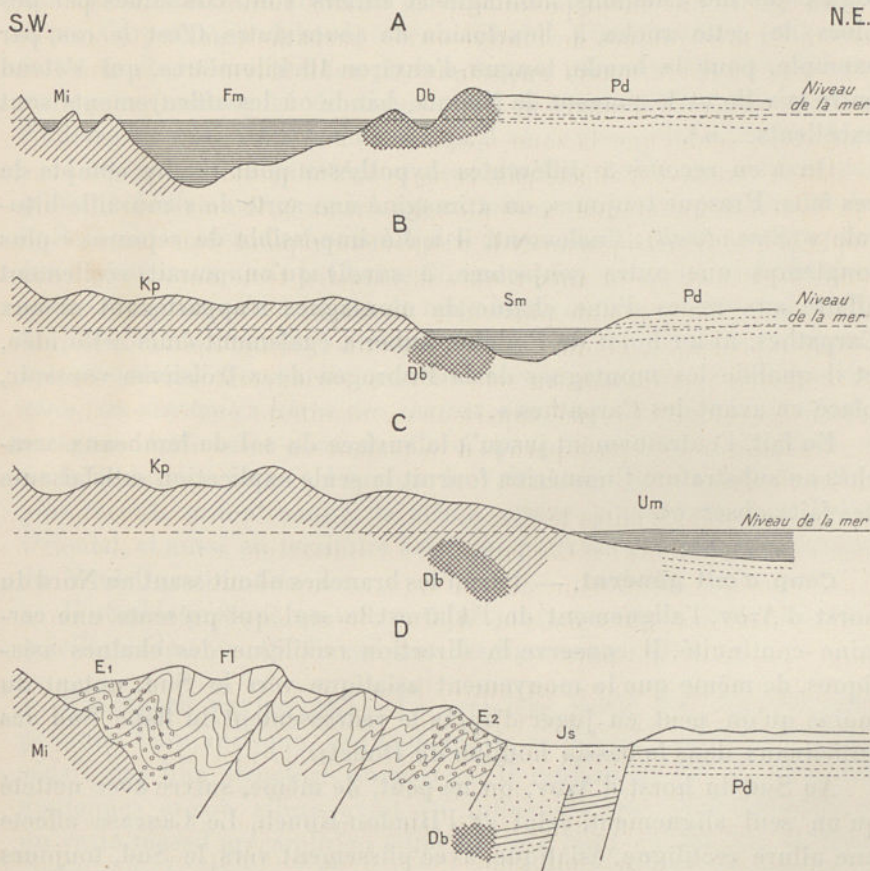


FIG. 104. — Évolution de la Chaîne Cimmérienne au voisinage des Carpathes Orientales, d'après R. Zuber (*Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst.*, LII, 1902, p. 257).

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; E₁, E₂. 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 inexplicé. 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 reparait 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*, 1^{re} partie (Mém. Acad. Roy. Sc. Bruxelles, XX, 1847, p. 45-92). Pour le Condros, 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 mentionnons 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, 1^{er} 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., CXXI, 1905, 2^e 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., 4^e sér., VII, 1907, p. 293-306, carte dans le texte; résumé, C. R. Acad. Sc., CXLIV, 1907, 1^{er} 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, 1^{er} 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, 1^{er} sem., p. 323-326); P. Termier, additions à la note précédente (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e 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 récent¹. 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 terrains³. 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., 3^e 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^o 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, 3^e sér., XIII, 1906, p. 1337, pl. 169).

3. G. C. Laube, *Geologie des böhmischen Erzgebirges*, II (Archiv d. Naturwiss. Durchforschung v. Böhmen, VI, n^o 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 Högau, 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 Alpes¹.

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 tuffeffüllte Ausbruchsröhren* (Jahreshfte 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, n° 9, 1889-1890, p. 24 et suiv.); le même, Bull. Soc. Géol. de Fr., 3^e 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 Marburg¹.

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

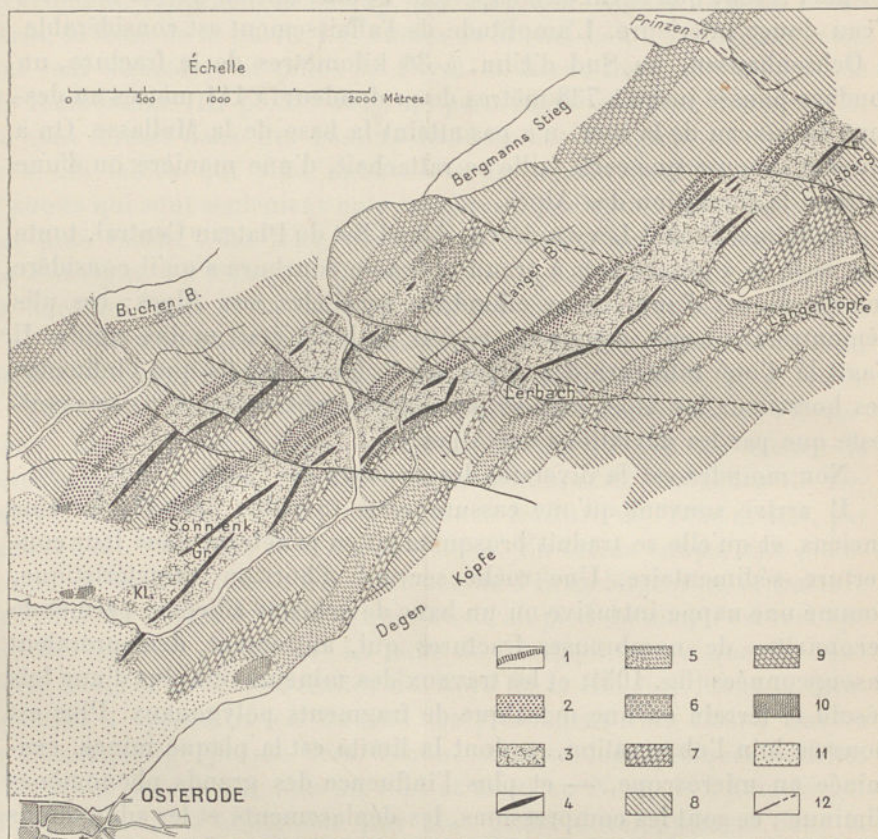
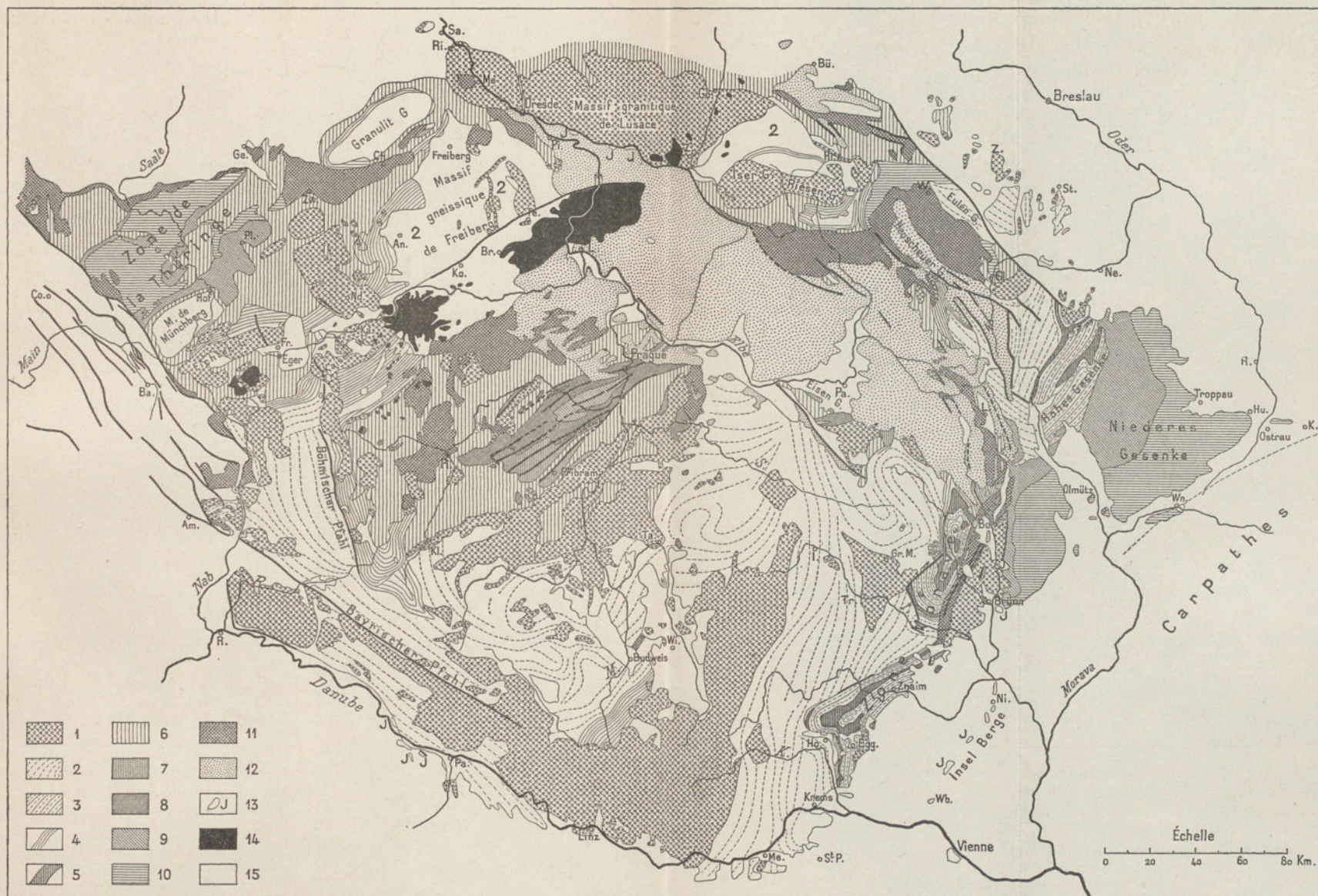


FIG. 105. — Failles morcelant la bande des diabases du Harz Occidental entre Osterode et le Clausberg, d'après M. Koch (in F. Beyschlag, P. Krusch, J. H. L. Vogt, *Die Lagerstätten der nutzbaren Mineralien und Gesteine nach Form, Inhalt und Entstehung*, I. In-8°, Stuttgart, 1909, p. 28, fig. 35).

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 recouper 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 Hochschar et de l'Altwatergebirge; 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 créacé; 13. Terrain jurassique (j); 14. Roches volcaniques tertiaires, tufs; 15. Formations tertiaires et dépôts récents. — Échelle de 1 : 2500 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; S^t P. St. Pölten; Ta. Tabor; Te. Teplitz; Tr. Trebitsch; Wb. Waschberg; Wi. Wittigen; Wn. Weisskirchen; Z. Zittau; Z. Zobten; Zw. Zwickau.

à la direction des plis¹. 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

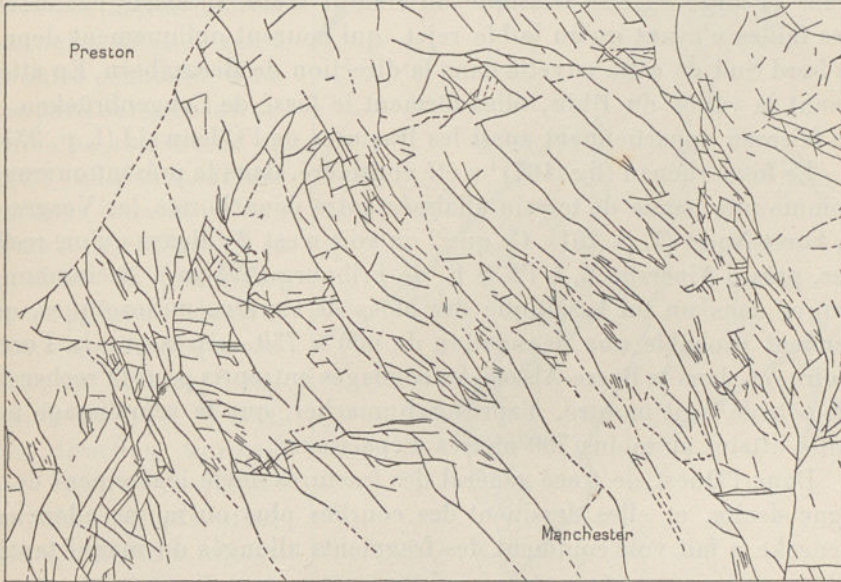


Fig. 106. — Failles de la région houillère du Lancashire, d'après les cartes du *Geological Survey of Great Britain*, réduites par W. Prinz (*Bull. Soc. Belge de Géol.*, XVIII, 1904, Mémoires, p. 144-145). — Échelle de 1 : 500 000 environ.

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 autrichien².

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.*, 4^e 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 pétrole² ont montré, d'après Schumacher, que le remplissage tertiaire atteint au moins 780 mètres d'épaisseur³.

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., 35. 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 Südwestdeutschlands* (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 Werveke, 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 anciens¹. 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

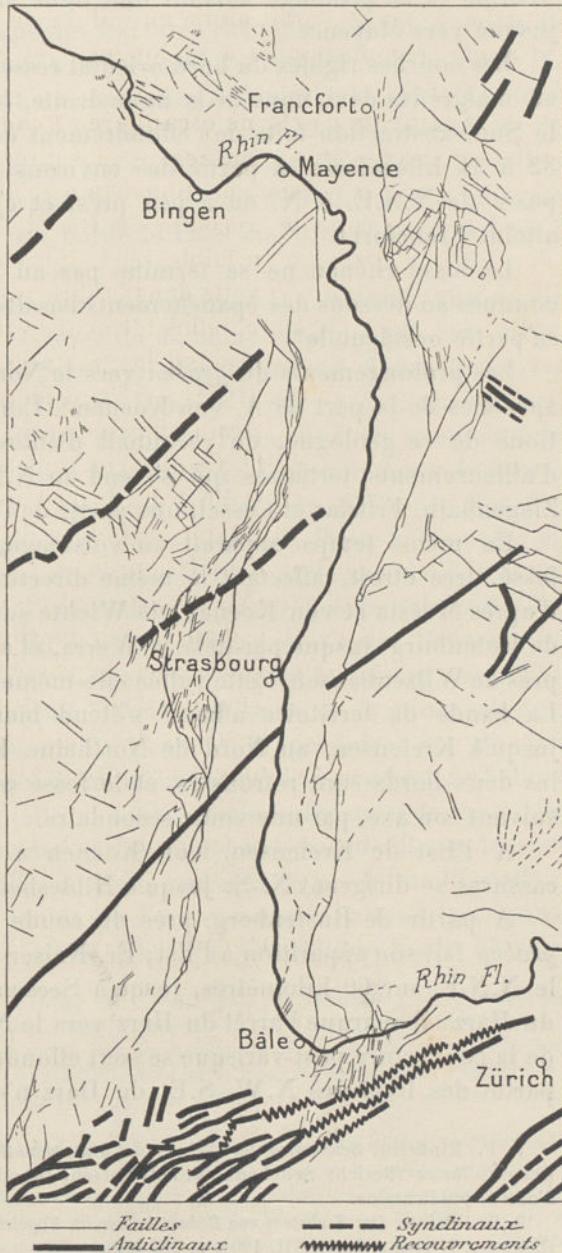


FIG. 107. — Le fossé Rhénan, d'après la carte de C. Regelmann. Figure extraite de : *Les Tremblements de Terre. Géographie séismologique*, par F. de Montessus de Ballore. In-8°, Paris, 1906, p. 79, fig. 6. — Échelle de 1 : 2 400 000.

1. Benecke, ouvr. cité, p. 66.

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 Francfort¹.

Le fossé rhénan ne se termine pas au Main. Ses fractures sont connues au-dessous des épanchements basaltiques du Vogelsberg, dans sa partie occidentale².

Les prolongements du *graben* vers le Nord ont fait l'objet d'études spéciales de la part de A. von Koenen³. Conformément aux observations de ce géologue, on reconnaît d'abord, dans la longue trainée 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 Witzhausen. 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 Unterniedrthales* (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 tracé¹.

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 accidents². 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 orientale³. 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 retournement 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., 3^e sér., XV, 1886-87, p. 215-238); *Note sur le mode de formation des Vosges* (Ibid., 3^e sér., XVI, 1887-88, p. 181-184); et *Note à propos de l'histoire de la vallée du Rhin* (Ibid., 3^e 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 Rheinthalspalten-systems* (Ibid., p. 47-53); 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 Rheinthalsgrabens* (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. Hoefler, *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 rhénan¹.

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 Bohême; 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 Koenen³ 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.

3. A. von Koenen, *Ueber die Störungen, welche den Gebirgsbau im nordwestlichen und west-*

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 la *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 Donau-stauf, plonge sous les terrains anciens¹.

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 Kissingen². Au pied des montagnes, près d'Alt-Palkstein, le gneiss repose sur du Rothliegende³. 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 bigarré⁴.

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 Böhmisches Masse*. In-8°, Wien-Leipzig, 1903, p. 8, 245; 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 Wald¹. 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'Esgegebirge au delà de Volksmarsen. 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 Detmold². 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 Bayerischer 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 Muschelkalk³. 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. Mestwert, *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 Hülsmulde*, 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 Gebirgsbau 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'Echte¹; 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 Weser². On doit donc souscrire à la conclusion que tout le Teutoburger Wald, de Detmold jusqu'au delà d'Ibbenbühen, 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 moins³.

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'affaissement¹.

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 Rhin².

Des fractures orientées N.W. ou W.N.W. traversent aussi l'île de Rügen³, de même que Bornholm. Nous avons déjà vu que des accidents analogues morcellent 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 Saxe⁴.

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* (Sitzungsber. 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 permienne¹. 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

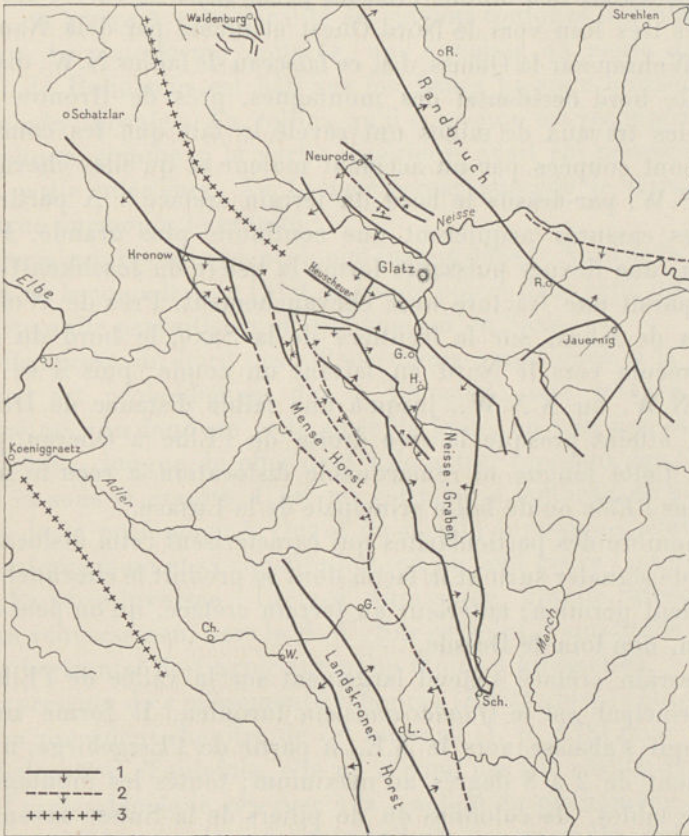


FIG. 108. — Croquis tectonique d'une partie des Sudètes : Environs de Glatz, d'après K. Flegel (*Zur Geologie des böhmisch-schlesischen Grenzgebirges*. In-8°, Breslau, 1904, pl. III).

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 Böhmisches 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 Khau, 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. Gesellsch., 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 Muldenstügel 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.

Döhlen sont antérieures au Cénomaniens 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 Dzungarie, 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'Obroutchev¹, 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°, 24 p., Tomsk, 1907.

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

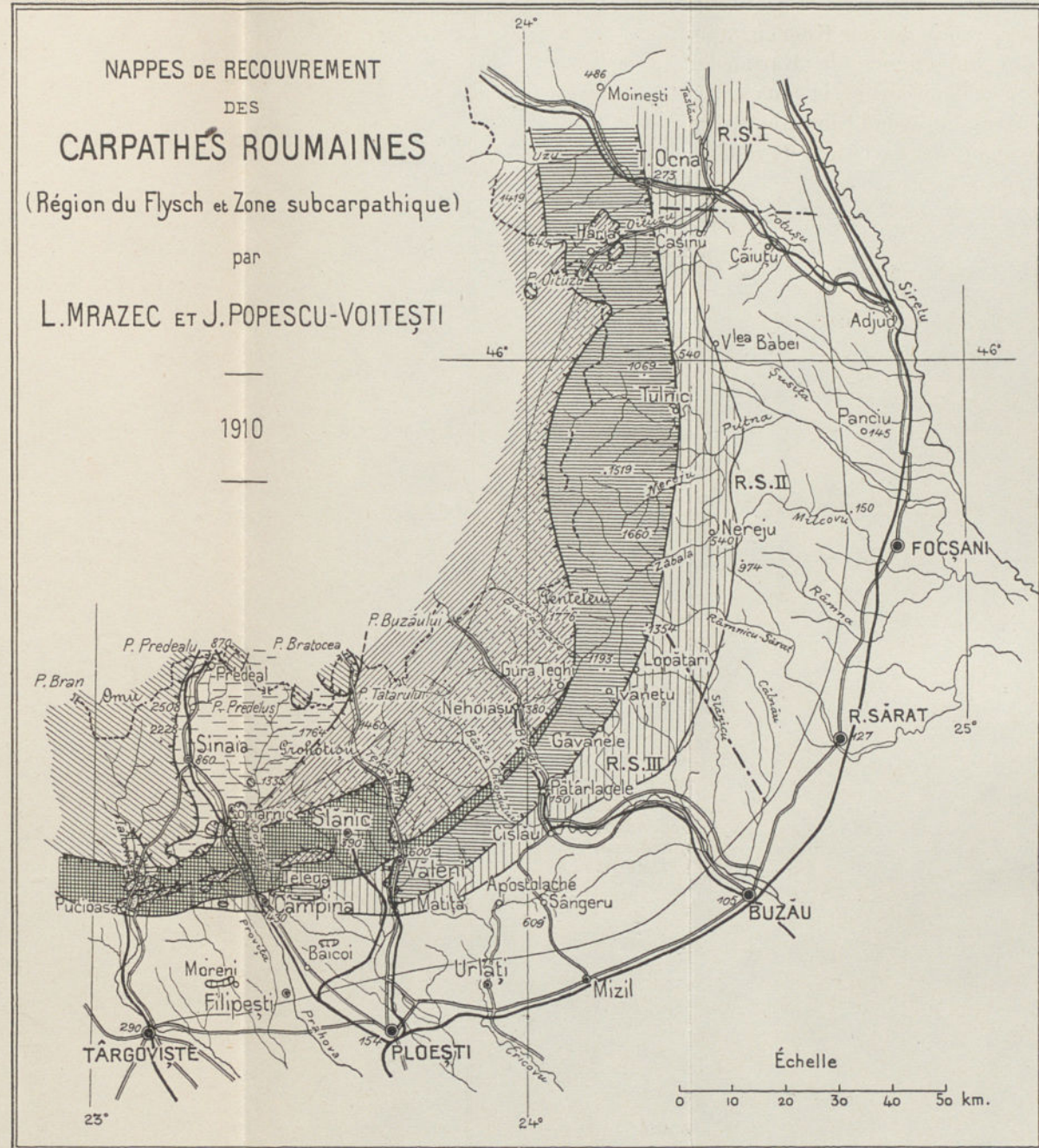
L'hypothèse de von Koenen, que ce groupe de dislocations correspondrait aux lignes de Karpinsky, fournit dans l'état actuel des recherches l'explication la plus satisfaisante. Il n'y a aucun motif pour rattacher la faille de l'Elbe à la bordure du Harz.

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

LÉGENDE

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

*Terrains autochtones
apparaissant
en fenêtres*



50. Cours de la Faculté

RAPPORTS

CARRIAGES

(Rapport de l'élève)

L. MARTEL

10

TARROTT

CHAPITRE XI

ARMORIQUE ET ALTAÏDES AMÉRICAINES¹

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 variables², 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. 353-354, pl. 1-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

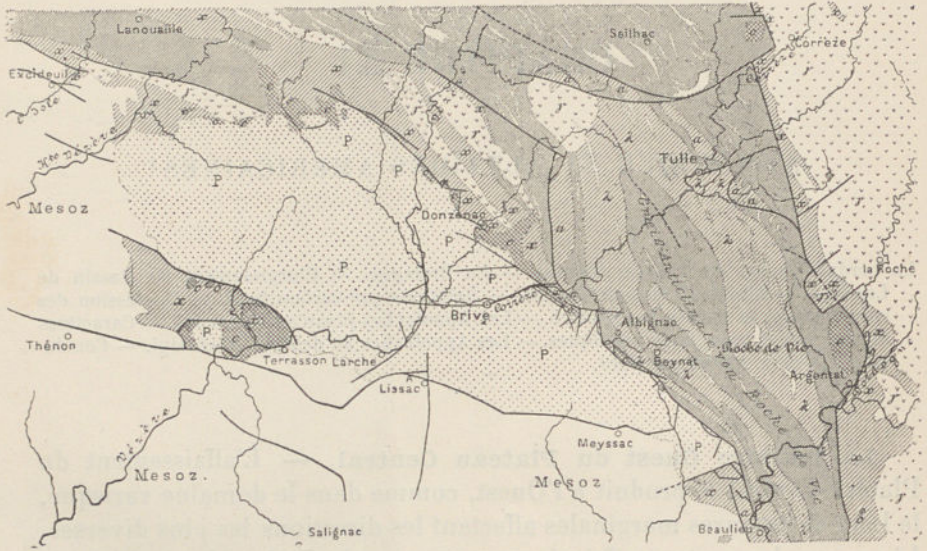


FIG. 110. — La bordure Ouest du Plateau Central près de Brive, d'après G. Mouret.

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 Meysac, à 16 kilomètres au S.E. de Brive, on voit s'écarter du bord du Plateau Central la faille de Meysac, qui limite au Sud non seulement les dépôts houillers et permien 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 mésozoïque¹.

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'Île 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 Paris¹. 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 horsts².

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'accident³.

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 reparait 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 Charente⁴.

1 carte géol., Paris, 1891 (Ministère des Trav. publ. Études des gites 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., 3^e 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^o 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, 1^{er} 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, 1^{er} sem., p. 1737-1740, carte); *Les plissements des terrains crétacés du bassin de l'Aquitaine* (Ibid., CXXVII, 1898, 2^e 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^o 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^o 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

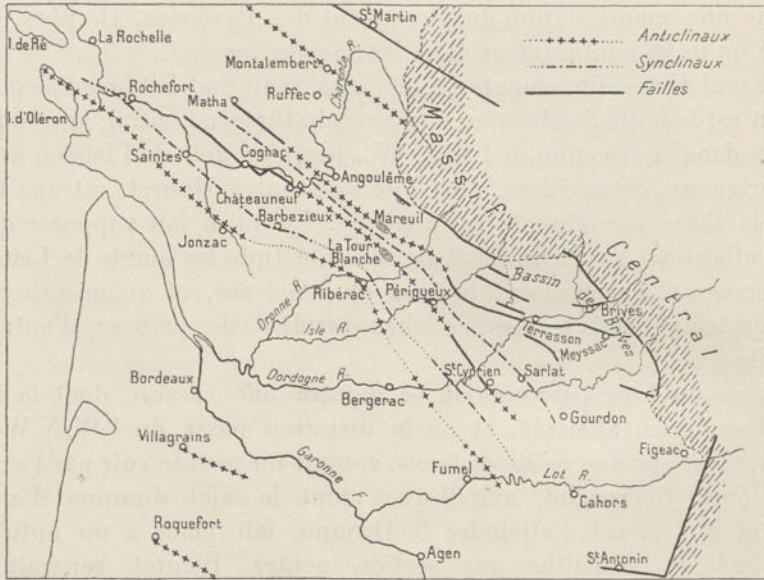


FIG. 111. — Plissements des terrains secondaires du Bassin de l'Aquitaine, d'après Ph. Glan-geaud (*C. R. Acad. Sc.*, CXXVII, 1898, 2^e sem., p. 1243; et *Libret-Guide du VIII^e Congrès Géol. Internat.*, Paris, 1900, n^o IV, p. 28). — Échelle de 1 : 3 250 000.

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 Franconie¹.

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 reparait, au delà du pays tertiaire d'Eger, dans l'Erzgebirge².

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 magistrales³.

1. L. De Launay, *Les dislocations du terrain primitif dans le Nord du Plateau Central* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 3^e sér., XVI, 1887-1888, p. 1045-1063, pl. XXXVII : carte géol.); le même, Bull. Service Carte géol., IV, 1892-1893, n^o 30, p. 318, et X, 1898-1899, n^o 63, p. 89, 90; et *Les sources thermales de Nérès (Allier) et d'Evauz (Creuse)* (Annales des Mines, 9^e sér., VII, 1895, p. 563-623, pl. XVIII : carte géol.). Voir aussi son ouvrage : *Recherche, captage et aménagement des sources thermo-minérales*. In-8^o, Paris, 1899, p. 251 et suiv. — Pour la feuille de Limoges, voir Mouret, Bull. Service Carte géol., XI, 1899-1900, n^o 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, 1^{re} sem., p. 1441-1443), et Bull. Soc. Géol. de Fr., 3^e sér., XX, 1892, p. 440-456, carte p. 445; voir surtout Bull. Service Carte géol., IX, 1897-1898, n^o 59, p. 311, et Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., III, 1903, p. 941.

3. Nous citerons seulement ici : Ch. Barrois, *Légende de la feuille de Plouguerneau et Ouessant* (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^o 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. I : carte). — Voir le tome II du présent ouvr., p. 137, note 1. Voir aussi : Ch. Barrois,



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

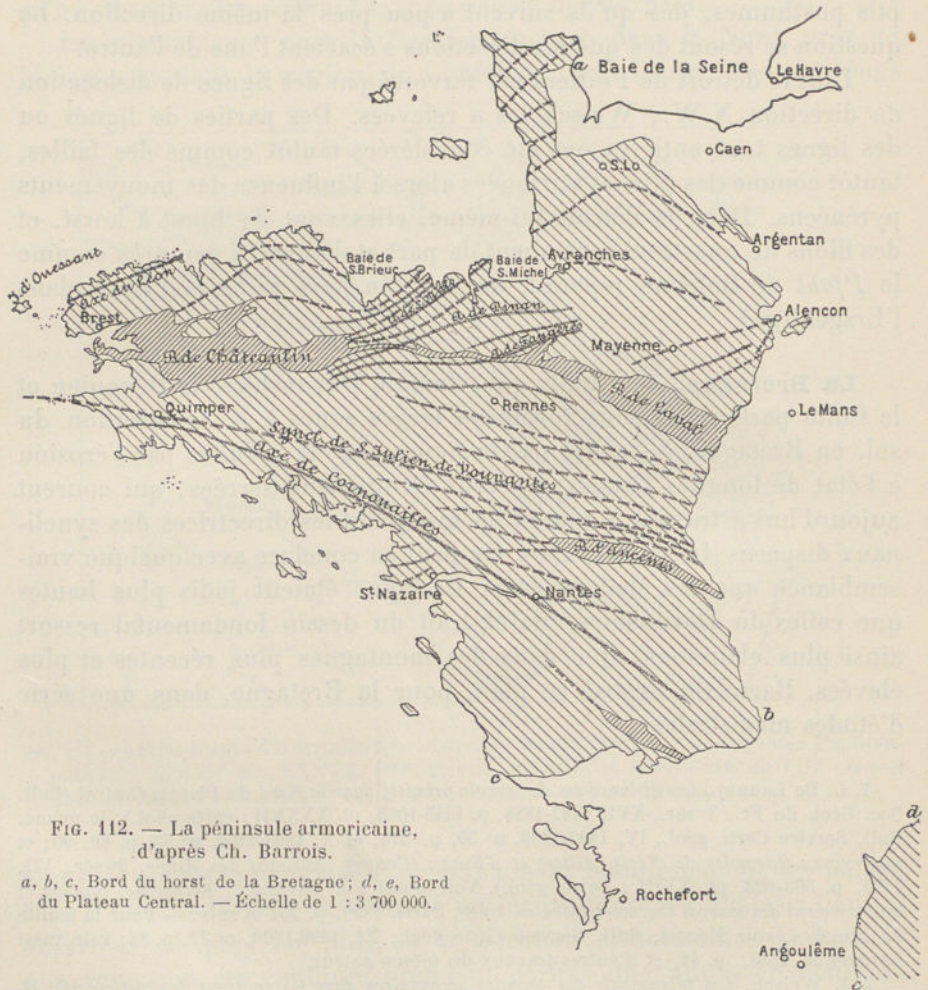


Fig. 112. — La péninsule armoricaine, d'après Ch. Barrois.

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, VIII^e 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 milliardième*, nouvelle édition, publiée par le Ministère des Travaux publics en 1905, feuille N.W.; et les travaux suivants de Ch. Barrois : *Carte de Bretagne au milliardième* (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,

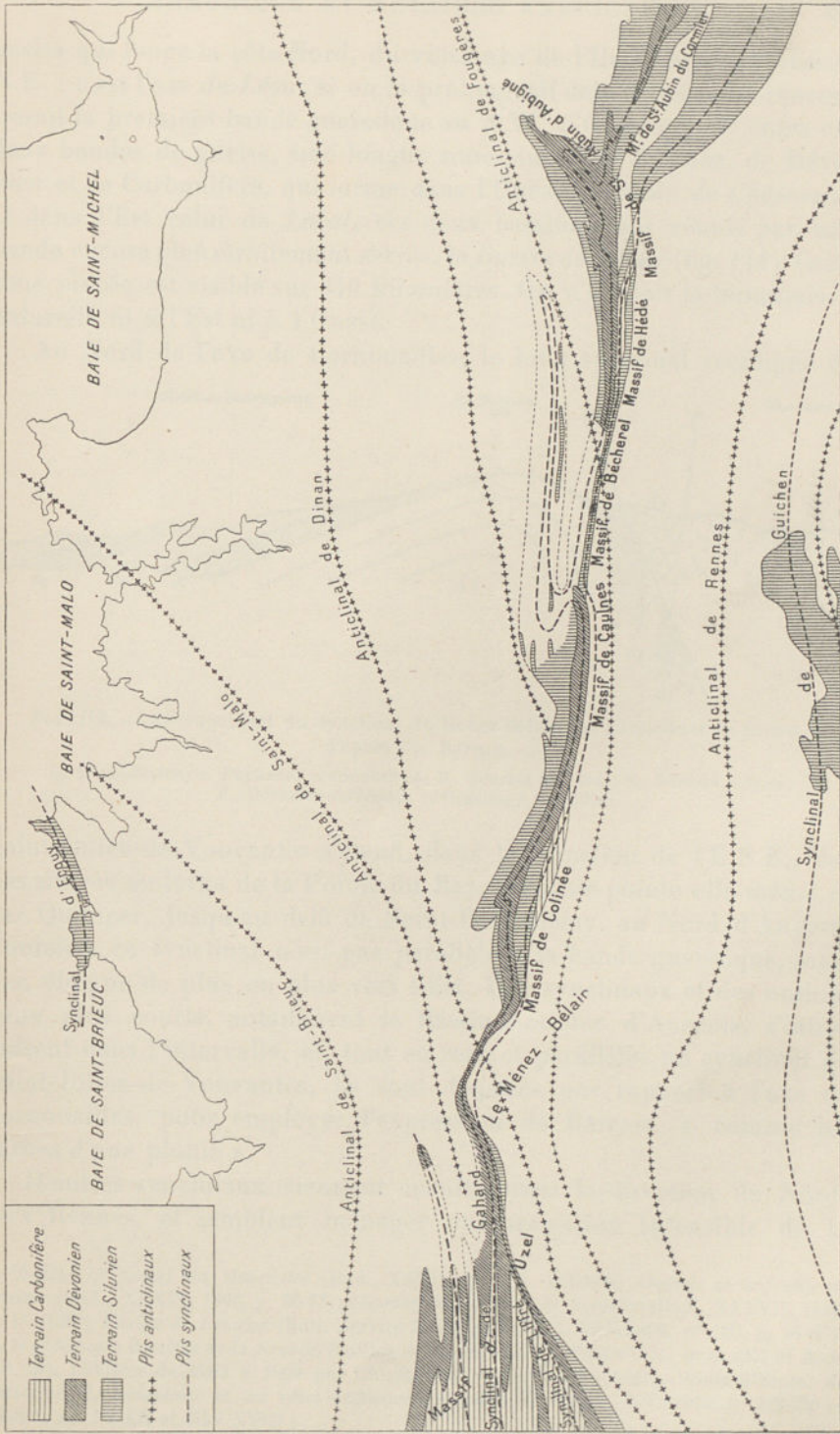


FIG. 113. — Carte tectonique du Bassin du Ménez-Bélaïr, d'après Ch. Barrois (*Annales Soc. Géol. du Nord*, XXII, 1894, pl. IV). — Échelle de 1 : 640 000.

gneiss qui longe la côte Nord, du voisinage de l'Île 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

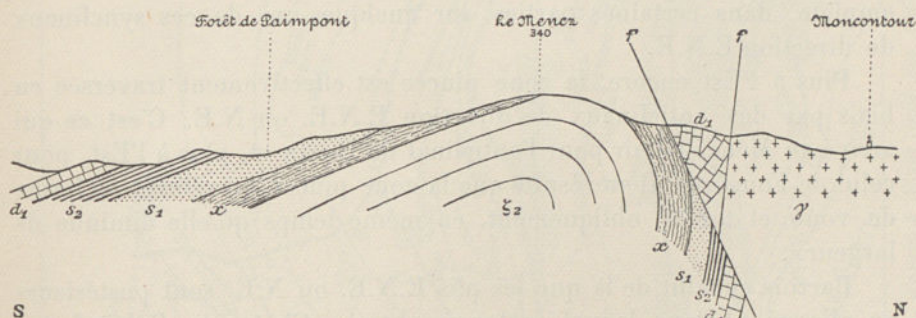


FIG. 114. — Recouplement du synclinal du Menez-Bélair par l'anticlinal de Dinan, d'après Ch. Barrois.

ζ_2 . Micaschistes; x . Phyllades précambriens; S_1 . Silurien inférieur; S_2 . 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 Menez-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 péninsule 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-Bélaïr-Laval.

Au milieu de cette zone, on a l'occasion rare de pouvoir suivre le recouplement 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 Châteaulin¹ 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-Bélaïr 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 largeur².

Barrois conclut de là que les plis E.N.E. ou N.E. sont postérieurs au plissement dans lequel la longue bande Châteaulin-Bélaïr-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-Michel³.

[1. Voir F. Kerforne, *Étude de la région silurienne 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, 4^e sér., II, 1902, p. 51-73, 9 fig.); J. Bergeron, *Sur l'existence probable de nappes de charriage en Bretagne* (Ibid., 4^e 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-Bélaïr*, p. 273, fig. 13; son extrémité Nord-Est disparaît dans un massif granitique. Pour les digitations du Bassin de Laval, voir D. P. Oehlert, *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.

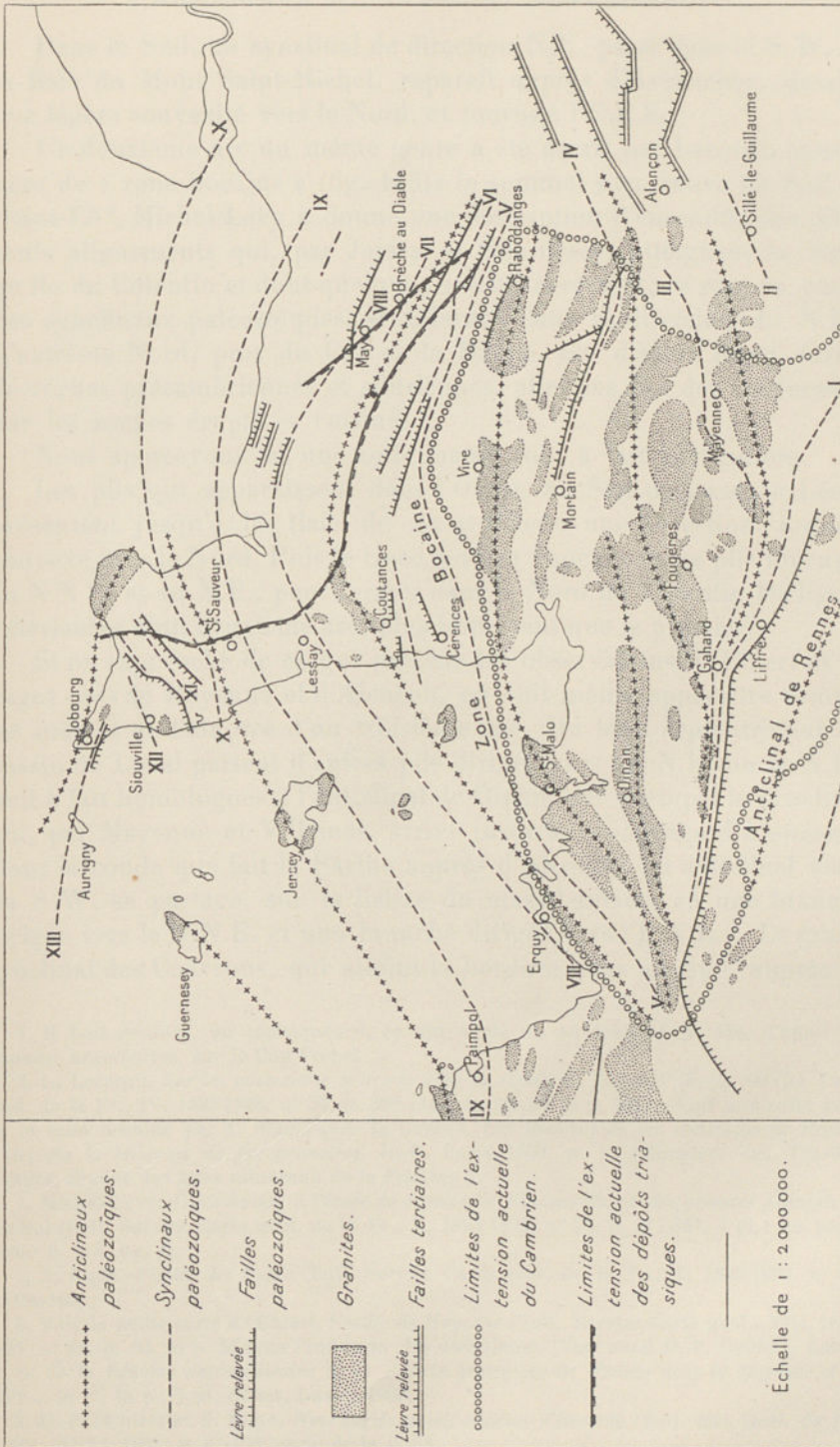


Fig. 145. — Esquisse tectonique de la partie Nord-Est du Massif Armoricain, d'après A. Bigot (Bull. Soc. Géol. de France, 4^e sér., IV, 1904, pl. XXV).

Dans le Sud, un synclinal de direction N.E. passe dans le S.W. de la Baie du Mont Saint-Michel, reparait 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 Flamenville 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. Œhlert, *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., 3^e 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

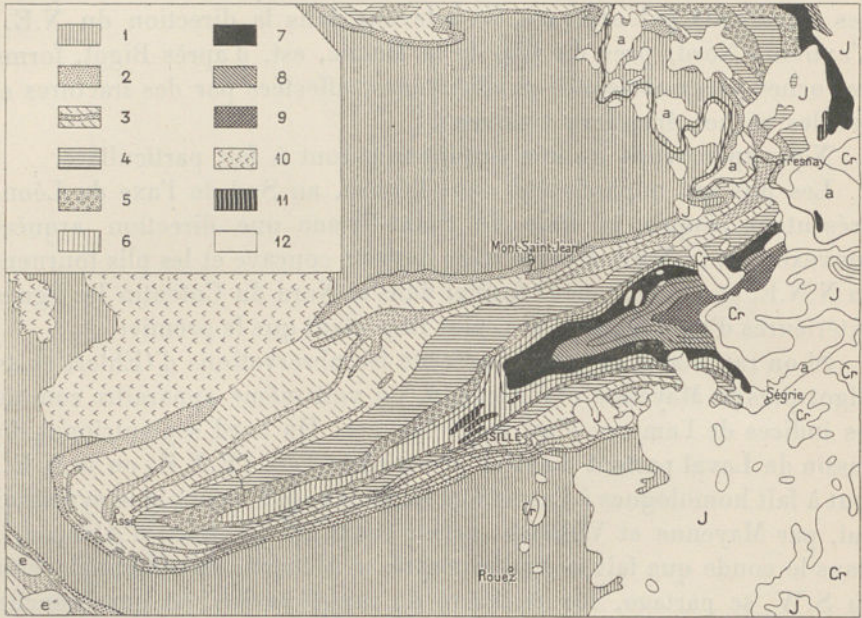


FIG. 116. — Carte géologique du synclinal cambro-silurien des Coëvrons, d'après D.-P. Oehlert (*Livret-Guide de la Réunion extraordinaire de la Société Géologique de France dans la Mayenne et la Sarthe*. In-8°, Laval, 1909, pl. 3).

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 recourent, 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 plis¹.

1. A. Bigot, *Le massif ancien de la Basse-Normandie et sa bordure* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e 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 bāvaroïis 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

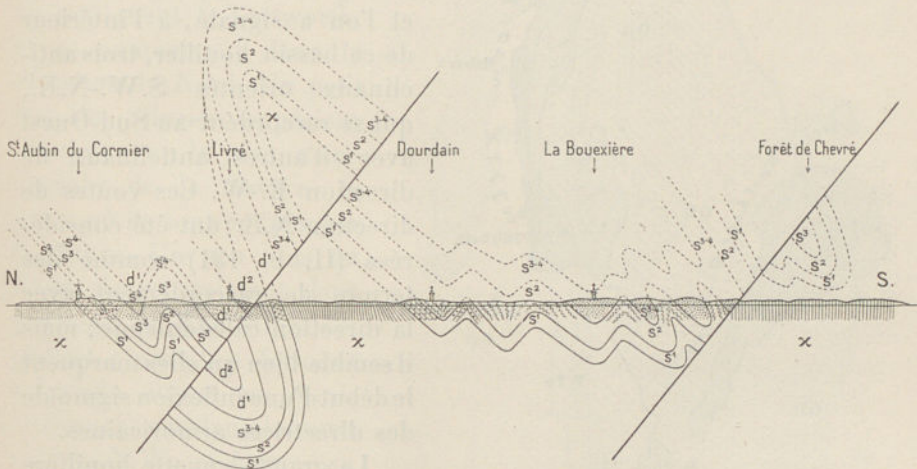
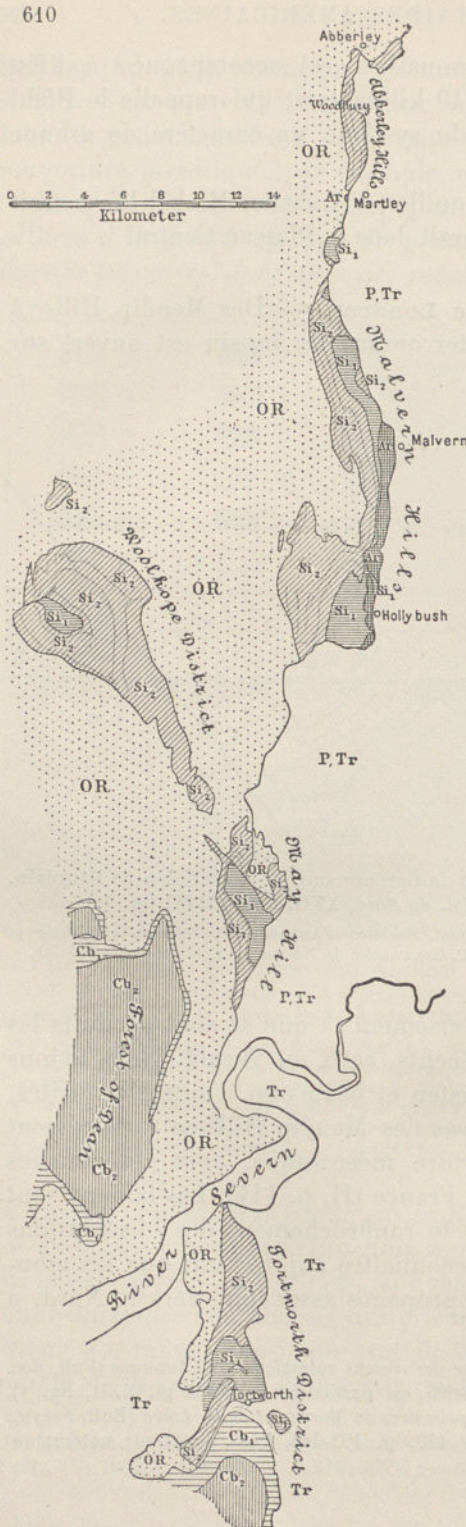


FIG. 117. — Coupe du Massif de Saint-Aubin-du-Cormier suivant le méridien de Dourdain, d'après Ch. Barrois (*Annales Soc. Géol. du Nord*, XXII, 1894, pl. IX, fig. 3).

x. Phyllades de Saint-Lô; s¹. Grès armoricain; s². Schistes d'Angers; s³-⁴. Silurien supérieur et Grès de Saint-Germain; d¹. Grès de Gahard; d². 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 avons admis, d'accord avec Godwin-Austen et beaucoup d'autres autorités, que les couches houillères déversées des Mendip Hills se rattachaient 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., 3^e 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 extrême¹.

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, 4^e 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; Si₁, Cambrien; Si₂, Silurien; OR. Old Red Sandstone; Cb₁, Calcaire carbonifère; Cb₂, 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 oriental¹.

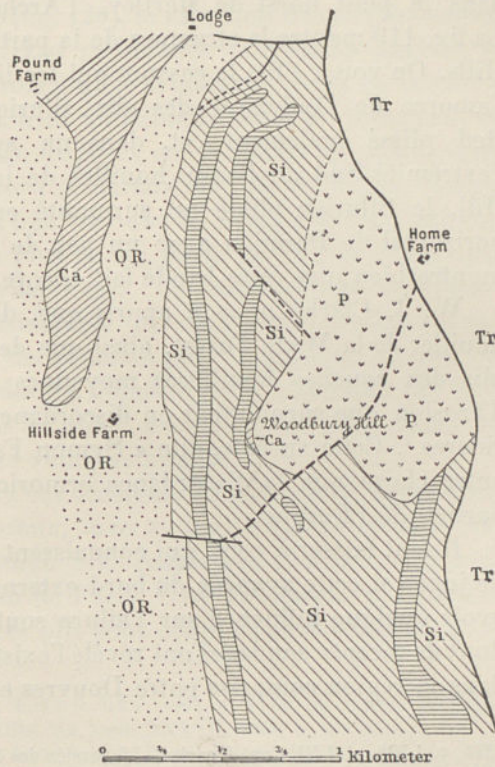


FIG. 119. — Les Abberley Hills, d'après T. T. Groom (*Quart. Journ. Geol. Soc. London*, LVI, 1900, p. 164).

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 1,

C'est seulement grâce aux travaux méritoires de Groom que la signification des Malvern Hills s'est éclaircie¹. 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 supérieures². 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 Canterbury³.

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'île 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'histoire 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'Île de Wight), disposés en coulisses, les voûtes étant toujours plus raides vers le Nord et partant de l'Île 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 trainée de poussière noire semblable à une veine de houille¹.

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 armoricaine². 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 systèmes 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., 4° 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 varisque¹.

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 ressuscitait². 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 Moselle³. 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 indépendant⁴.

1. P. Lemoine et C. Rouyer, *Sur l'allure des plis et des failles dans la Basse-Bourgogne* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e 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., 3^e 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, 1^{er} 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. Oehlert et A. Bigot, *Note sur le Massif silurien d'Hesloup* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 3^e sér., XXVI, 1898, p. 82-103, carte de la p. 83).

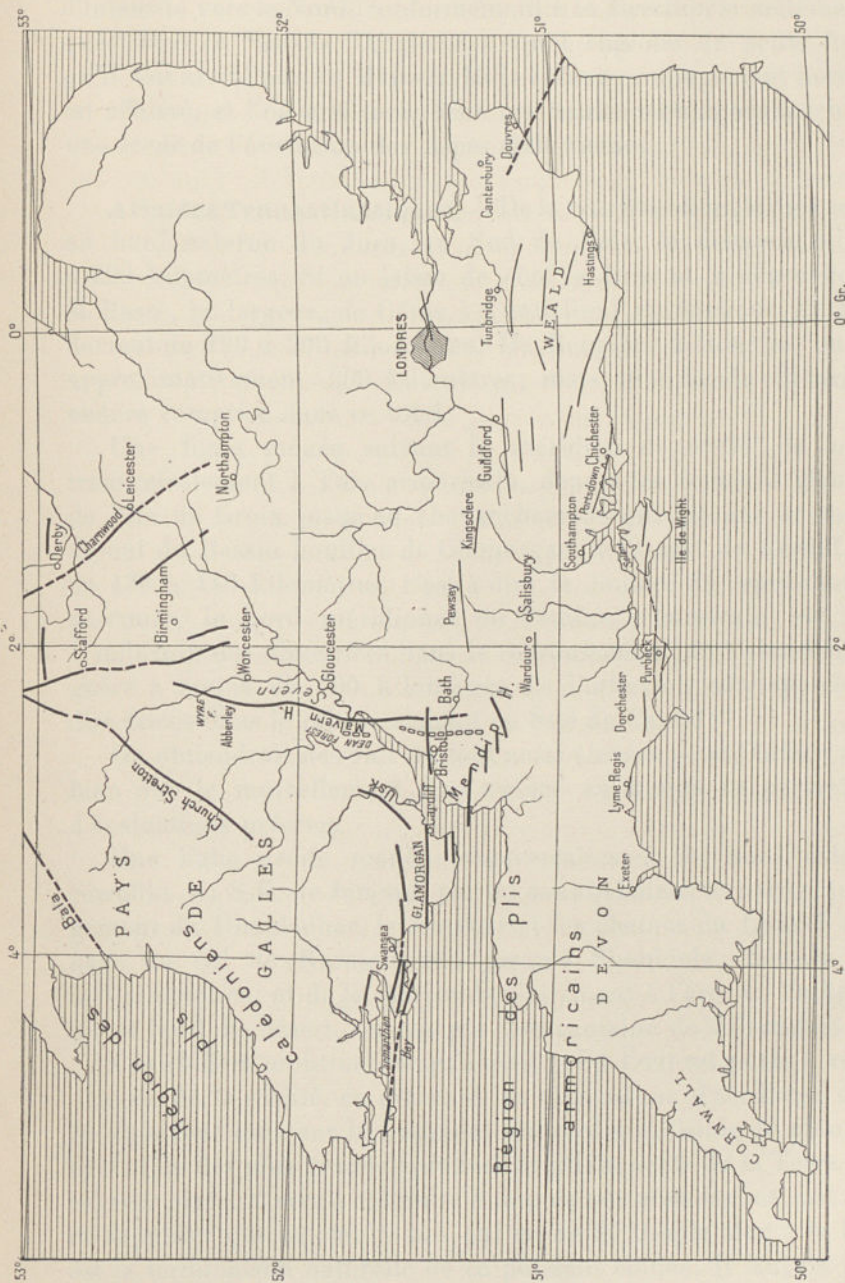


FIG. 120. — Accidents post-carbonifères du Sud de la Grande-Bretagne, d'après A. Strahan (*British Assoc. Adv. Sc., 74th. Rept., Cambridge, 1904, pl. VIII*).

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.

Qu'on imagine maintenant que ce plissement posthume augmente d'intensité vers le Nord, conformément à la direction si nettement marquée dans le Sud de l'Angleterre, qu'il englobe de petits horsts et qu'il soit arrêté par les Malvern Hills et leur prolongement nord-oriental affaissé, et l'on assistera, dans ces hautes montagnes inachevées, à une scène de l'évolution des Alpes elles-mêmes.

Altaïdes Transatlantiques. — De la rive méridionale du Lac Majeur au bord externe du Jura, au Sud de Bâle, la distance est de 210 à 220 kilomètres. Si on laisse de côté le Jura et la dépression de la Mollasse, la largeur, de Côme à l'anticlinal mollassique de Lucerne, devient de 190 à 200 kilomètres. De Bergame à Bregenz, on mesure approximativement 200 kilomètres; mais une bande dinarique est encore comprise dans ce total.

Une ligne menée suivant le méridien de 3° 30' de long. W. transversalement à l'arc armoricain, depuis les roches à glaucophane de l'Île de Groix jusqu'au chevauchement qui jalonne le bord méridional du Bassin houiller de Glamorgan, à l'Ouest de Cardiff, mesure de 430 à 440 kilomètres, c'est-à-dire le double. Et cependant, sur ce parcours, le bord méridional de l'édifice armoricain est inconnu. L'inflexion des directrices dans le rebroussement de Valenciennes n'est guère à moins de 600 kilomètres de l'inflexion correspondante des directrices dans le rebroussement au Sud du Cantal.

On obtiendrait des valeurs tout aussi élevées pour l'édifice varisque, bien que le morcellement plus avancé en horsts ne permette guère d'évaluations précises.

Une ligne droite menée transversalement du bord externe des Siwaliks, au S.E. de Jammu, par les avant-chaînes tertiaires, le prolongement du Dhauladhar, le Zanskar et les chaînes du Ladakh au voisinage du col de Karakoroum, jusqu'à Shahidula, mesure environ 500 kilomètres; et de là, perpendiculairement à l'arc de Yarkend, jusqu'au bord du désert, on compte une centaine de kilomètres de plus.

Ces chiffres montrent jusqu'à quel point l'œil est porté à rester au-dessous de la réalité, en évaluant les dimensions d'accidents disparus. Ils signifient que, sur le fragment aujourd'hui visible du plan armoricain, l'un des plus grands systèmes de plissements de la Terre pourrait trouver place. Il serait contraire à tout ce que nous savons, par ailleurs, de supposer que la côte à rias qui va de la Dingle Bay à la Rochelle est la terminaison naturelle de ce puissant édifice. Il faut en chercher le prolongement sous l'Océan Atlantique et au delà.

Le regard se fixe de lui-même sur la côte à rias de Terre-Neuve et de la Nouvelle-Écosse.

Dès 1871, J. W. Dawson avait conclu, de l'examen de la flore des temps carbonifères, à une jonction des deux continents¹. C'est ce que confirme la structure des montagnes.

A Terre-Neuve, les anticlinaux se dirigent vers le N.N.E. et le N.E.; on a déjà remarqué ici que la direction E.-W. se fait sentir en Nouvelle-Écosse aux approches de l'Océan, et que les bancs de houille y reposent en transgression sur un système de plis plus ancien (I, p. 740). Le mérite d'avoir rétabli d'une main hardie la continuité des directrices à travers l'Océan revient à Marcel Bertrand. C'est dans la séance de la Société Géologique de France du 21 mars 1887 que fut faite cette communication, qui marque un progrès important dans l'intelligence du plan fondamental de l'hémisphère Nord².

Les formations d'eau douce du Weald atteignent l'Océan Atlantique à la Charente; cherchons le prolongement du continent.

Un indice est fourni au Nord par le Porcupine Bank. Il s'élève jusqu'à — 154 mètres; ses isobathes s'allongent sur une grande distance vers le S.S.W.; à en juger par la nature du fond, il pourrait bien être constitué par les mêmes roches que les parties immédiatement voisines du continent³. Du côté du Sud, on relève des profondeurs de plus de 4 000 mètres, mais, à peu près sous la latitude de la Manche, la ligne de 200 mètres se trouve par 11° de long. W. De là, elle oblique rapidement au S.E. vers les grands fonds du Golfe de Gascogne⁴.

Cette avancée des isobathes, qui correspond en même temps aux Iles Scilly, aux îles situées au large d'Ouessant, plus loin en mer au Cockburn Bank, au Parson's Bank, etc., est ici le seul et faible indice d'un prolongement sous-marin. Du côté de l'Océan, on trouve ensuite des profondeurs de plus de 4 000 mètres.

Gwyn Jeffreys rapporte que, dans des opérations de pose de câbles, on a rencontré au milieu de l'Océan, entre 33° 50' et 36° 30' de long. W., près de 51° 20' de lat. N., le fond de roche sur une longueur de 160 kilomètres environ. Le point le plus haut se trouvait à — 2 502 mètres; à partir de là, le fond s'abaissait d'abord très rapidement (de 420 mètres sur 800 mètres), puis plus doucement jusqu'à — 4 078 mè-

1. J. W. Dawson, *The Fossil Plants of the Devonian and Upper Silurian Formations of Canada* (Geol. Survey of Canada). In-8°, 92-8 p., 20 pl., Montreal, 1871; Part II, 49 p., 4 pl., 1882; en particulier I, p. 82.

2. Marcel Bertrand, *La Chaîne des Alpes et la formation du Continent Européen* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 3^e sér., XV, 1886-1887, p. 423-447); en particulier carte de la p. 442 (fig. 5).

3. G. A. J. Cole and T. Crook, *On Rock specimens dredged from the Floor of the Atlantic of the Coasts of Ireland* (Report on the Sea and Inland Fisheries of Ireland for 1901, IX, Part II, Appendix; 9 p., 1903).

[4. Voir la carte bathymétrique intitulée : *Die Gründe vor dem Kanal*, dans O. Krümmel, *Handbuch der Ozeanographie*, 1, 2. Aufl. In-8°, Stuttgart, 1907, p. 108, fig. 19.]

tres, c'est-à-dire de 1 576 mètres, sur 12,8 kilomètres. Cet accident se trouve sur la directrice conjecturale de Marcel Bertrand ¹.

Déjà à 880 kilomètres au large de Terre-Neuve, on rencontre le Laura Ethel Bank (— 65 mètres) et le Milne Bank (— 147 mètres); à 380 ou 400 kilomètres de la côte, on se trouve déjà, sur les bancs de Terre-Neuve, à l'intérieur de l'isobathe de — 100 mètres; on atteint enfin l'une des côtes à rias les plus caractérisées qui soient au monde.

Il n'est pas exact de considérer le Déroit de Belle-Isle comme la limite du bouclier canadien du côté des terrains plissés. Ce déroit est, dans sa partie extérieure et la plus étroite, une fosse d'effondrement, dans laquelle des sédiments cambriens horizontaux se sont affaissés ². La large chaîne qui constitue la côte N.W. de Terre-Neuve, du voisinage de la Baie des Iles (non loin de 49° de lat. N.) à l'extrémité septentrionale, est un fragment du bouclier canadien, qui ne doit donc pas être compris dans la côte à rias. Le gneiss forme la rive occidentale de la Baie Blanche, et en même temps la partie septentrionale et la plus considérable du Long Range. Même après élimination de cette bande de gneiss, les montagnes plissées de Terre-Neuve, mesurées perpendiculairement à leur direction, atteignent encore une largeur de plus de 380 kilomètres. Mais l'Océan coupe si obliquement les autres plis de la chaîne dont Terre-Neuve fait partie, et cette chaîne subit des dislocations si particulières dans le reste de son parcours qu'il n'est pas possible de déterminer la largeur réelle de l'édi-fice tout entier (II, p. 50-52).

Relations pré-carbonifères. — Dawson a soutenu à différentes reprises que la série stratigraphique acadienne ressemble plus à celle de l'Europe qu'à celle de bien d'autres parties de l'Amérique, et Walcott a défini la série cambrienne de la région atlantique de l'Amérique du Nord comme une partie de la série européenne. Ami a insisté sur l'identité du Silurien inférieur en Acadie et dans la Grande-Bretagne ³.

Il y a déjà longtemps que Salter a reconnu en Nouvelle-Écosse la

1. J. G. Jeffreys, *Nature* (London), XXIII, Febr. 3, 1881, p. 325. On ne connaît malheureusement pas la nature de la roche.

2. C'est ce qu'affirme, par exemple, A. Hyatt, *Proc. Boston Soc. Nat. Hist.*, XXIII, 1888, p. 315-319.

3. C. D. Walcott, *Correlation Papers. Cambrian* (U. S. Geol. Survey, Bull. n° 81, 1891, p. 376) : [« In point of fact, the Atlantic Coast Province of America is practically a portion of the Atlantic Province of which the sections of western Europe are on the eastern side. »] H. M. Ami, *Synopsis of the Geology of Canada* (Proc. and Trans. Royal Soc. Canada, 2^e ser., VI, 1900, sect. III, p. 200), signale en particulier l'analogie entre l'étage de Skiddaw et d'Arenig, ainsi que les couches de Hartfell et de Llandeilo, du Silurien inférieur d'Angleterre, et les gisements de l'Acadie.

faune des *Tilestones*, c'est-à-dire du niveau le plus élevé du Silurien supérieur anglais, et Williams mentionne des traces de la même faune dans le grès de Chapman, sur les bords de l'Aroostook (Maine Oriental). Mais ce grès pourrait bien comprendre en outre un horizon plus élevé; du moins, J. M. Clarke signale, dans la même région, une immigration d'espèces du Dévonien rhénan dans le grès de Chapman. Dans tous ces exemples, il s'agit de rapports avec l'Europe¹.

Dans la Gaspésie, on trouve ensuite des grès puissants à végétaux dévoniens; ils appartiennent à un Continent Nord-Atlantique très vaste (II, p. 358) qui, avec des contours variables, exista vraisemblablement pendant toute la durée des temps dévoniens. Ses restes, représentés surtout par des grès, sont visibles en Galicie, sur la Mer Baltique, en Écosse et, plus loin, dans le Nord de la Russie, les Orcades, les Shetlands, Beeren Eiland, le Spitzberg, le Groenland Oriental, la Terre d'Ellesmere, puis en Acadie et dans le Nord-Est des États-Unis.

Mais ces grès ne donnent qu'en partie la mesure de l'extension du continent. Des chaînes archéennes très considérables ont dû exister, d'où provenaient les sables. La plus grande partie de la Laurentia septentrionale, la région de l'accident calédonien et le Bouclier Baltique ont dû faire partie de ce continent. Le pays était un désert, interrompu çà et là par des lacs, dont un grand nombre étaient des lacs d'eau douce, par conséquent pourvus d'écoulement, tandis que d'autres étaient salés.

Pour la Grande-Bretagne, il y a déjà longtemps que Geikie a essayé de délimiter ces lacs et de donner un tableau de l'état des choses à cette époque². Nathorst a montré qu'*Archæopteris archetypus* apparaît en même temps sur le Donetz et loin au Nord, dans la Terre d'Ellesmere, de même que *Bothrodendron Kiltorkense* existe à la fois en Irlande et à Beeren Eiland³. Des Plantes et des Poissons furent emportés dans les mers dévoniennes; *Dinichtys pustulosus*, *Dipterus flabelliformis*, etc., apparaissent, d'après Lohest, à la partie supérieure

1. H. S. Williams, *The Paleozoic Faunas of Maine* (in : H. S. Williams and H. E. Gregory, *Contributions to the Geology of Maine*, U. S. Geol. Survey, Bull. n° 165, 1900, p. 15-92, pl. I, 11), en particulier p. 80 et suiv.; J. M. Clarke, *Evidences of a Coblenzian invasion in the Devon of Eastern America* (Festschrift Adolf. v. Koenen gewidmet von seinen Schülern. In-8°, Stuttgart, 1907, p. 359-368) [et New York State Mus., Mem. 9, Part 2, 1909, p. 91-128, pl. 22-31].

[2. Voir la carte intitulée : IV. Time of Old Red Sandstone, dans Sir Arch. Geikie, *The History of the Geography of Scotland* (Scottish Geogr. Magazine, XXII, 1906, p. 117-134, 10 pl. fotogr. et 1 pl. contenant 8 cartes).]

3. A. G. Nathorst, *Zur Fossilien-Flora der Polarländer*; I, 3. *Zur Oberdevonischen Flora der Bären-Insel* (K. Svenska Vetensk.-Akad. Handlingar, XXXVI, n° 3, 1902). In-4°, 60 p. 14 pl.; et : *Die oberdevonische Flora des Ellesmere-Landes* (Report of the 2^d Norwegian Arctic Expedition in the « Fram », 1898-1902, No. 1). In-8°, 22 p., 7 pl., Kristiania, 1904.

des psammites du Condroz en Belgique et dans le Dévonien supérieur d'Amérique, associés dans les deux cas à *Spirifer disjunctus* ¹.

La pénétration de J. W. Dawson lui a permis, dès 1871, à une époque où l'on ne connaissait qu'une minime partie des faits, d'entrevoir également ces relations. Le centre de provenance des sédiments anciens des Appalaches devait, pensait-il, se trouver dans la direction du Nord-Est. A l'époque carbonifère, il existait dans le domaine atlantique des connexions entre les flores d'Europe et d'Amérique. A l'époque dévonienne, ces connexions n'ont pu exister qu'à une grande distance au Nord-Est. C'est donc à Terre-Neuve, au Labrador et au Groenland qu'il faut chercher la plus ancienne flore américaine, et, de même, c'est sur les bords de l'antique noyau scandinave qu'il faut chercher la flore européenne primitive. Dawson indiquait même comme vraisemblable, dès cette époque, l'établissement d'une communication avec l'Europe par les Appalaches : il le plaçait, il est vrai, avant la fin du Dévonien ².

Dawson désigna la flore sous le nom de « flore érienne » et les dépôts sous le nom de « groupe érien », ces mêmes sédiments ayant été distingués sur les bords du lac Erié sous le nom d'« Erie division ». Nous désignerons ce grand continent de l'époque dévonienne sous le nom d'*Eria*.

La partie supérieure de la flore érienne coïncide avec la flore ursienne (*Ursa-Stufe*) de Heer, dont il faut distinguer, ainsi que l'a montré Nathorst, la flore du Culm du Spitzberg ³.

Dans la partie Nord-Est des États-Unis, pour les temps antérieurs au Carbonifère, il y a lieu de considérer, outre l'*Eria*, trois mers différentes : une mer nord-occidentale (eurasiatique-arctique), une mer orientale (atlantique) et une mer méridionale (mississippienne) ⁴.

L'existence de la première se traduit par la transgression du Dévo-

1. M. Lohest, Annales Soc. Géol. de Belgique, Liège, XVI, 1888-89, p. LVII.

2. J. W. Dawson, *The Fossil Plants of the Devonian and Upper Silurian Formations of Canada*, I, p. 82.

3. A. G. Nathorst, *Zur Fossilen Flora der Polarländer; I. Zur paläozoischen Flora der arktischen Zone, enthaltend die auf Spitzbergen, auf der Bären-Insel und auf Novaja Zemlja von den Schwedischen Expeditionen entdeckten paläozoischen Pflanzen* (K. Svenska Vetensk.-Akad. Handlingar, XXVI, n° 4, 1894). In-4°, 80 p., 16 pl.; en particulier p. 74. L'existence d'une flore du Culm au Spitzberg avait déjà été entrevue par D. Stur (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1877, p. 81).

[4. Voir la série des *Paleogeographic Maps of North America* publiées par Bailey Willis dans le *Journal of Geology*, de Chicago, en 1909 (XVII), notamment les suivantes : Lower Cambrian (p. 205), Late Middle and Upper Cambrian (p. 207), Middle Ordovician (p. 254), Silurian (p. 255), Middle Devonian (p. 287), Mississippian (p. 288), Pennsylvanian (p. 343), Latest Paleozoic (p. 404). Voir aussi, dans le même volume, celles qui accompagnent l'article d'A. W. Grabau, *Physical and Faunal Evolution of North America during Ordovician, Silurian and Early Devonian Time* (Ibid., p. 209-252), et les cartes paléogéographiques jointes au mémoire de Ch. Schuchert, *Paleogeography of North America* (Bull. Geol. Soc. of America, XX, 1908, p. 427-606, pl. 46-101, 1910).]

nien moyen, qui s'étend de l'Asie jusqu'au delà de Manitoba et plus loin encore vers le Sud. Stoliczka a trouvé *Stringocephalus Burtini* sur le flanc Sud du Tien-Chan, et Mac Connell aux « Ramparts » du Mackenzie inférieur ¹. L'ancienne mer atlantique des époques cambrienne et silurienne a déjà été signalée. De l'intervention d'une troisième mer, méridionale, résultèrent des conditions très complexes, mais aussi très instructives. Il ne serait pas possible de les embrasser dans leur ensemble si les dernières années ne nous avaient apporté une série de monographies stratigraphiques de Williams, Prosser, Kindle, etc. ², et aussi, déjà, des essais de coordination dus à Ulrich et à Schuchert d'abord, puis à ce dernier ³.

En suivant la transgression venue du Mackenzie, on a dit que le Dévonien moyen de l'État de New York comprend les schistes de Marcellus, le groupe de Hamilton et les schistes de Genessee; que les schistes qui précèdent et suivent le Hamilton sont si semblables que Williams regarde le Genessee comme une récurrence du Marcellus; que le Hamilton contient une riche faune marine et que, vers le haut, on voit apparaître par places un calcaire particulier, le « Tully limestone » à *Rhynchonella cuboides* (II, p. 380).

Un progrès important fut fait quand Williams eut démontré que les types européens (ou asiatiques, ce qui, dans le cas présent, revient au même) sont limités au Tully limestone et que le *Hamilton* contient une faune exotique, qui a été nommée depuis faune à *Tropidoleptus carinatus* ⁴.

La succession serait donc la suivante : schistes (Marcellus); bancs à faune exotique (Hamilton, *Tropidoleptus*); calcaire à faune

1. J. F. Whiteaves, *The Fossils of the Devonian Rocks of the Mackenzie River Basin* (Geol. Survey of Canada, Contrib. to Canadian Palaeont., vol. 1, part III, 1891, p. 197-253 pl. XXVII-XXXII; en particulier p. 235).

2. H. S. Williams, *The Correlation of Geological Faunas, a Contribution to Devonian Paleontology* (U. S. Geol. Survey, Bull. n° 210, 1903, 147 p., 1 pl.); voir aussi C. S. Prosser, *The Upper Hamilton and Portage Stages of Central and Eastern New York* (Amer. Journ. Sc., 3^e ser., XLVI, 1893, p. 212-230); Edw. Kindle, *The Devonian Fossils and Stratigraphy of Indiana* (Indiana Dept. of Geol., 25th Ann. Rept., 1901, p. 529-763, pl. I-XXXI). Cette étude a donné lieu à un très grand nombre d'autres publications.

3. E. O. Ulrich and Ch. Schuchert, *Paleozoic Seas and Barriers in Eastern North America* (New York State Museum, Rept. State Paleontologist, 1901, p. 633-663, pl. 9 : carte); Ch. Schuchert, *On the Faunal Provinces of the Middle Devonian of America and the Devonian Coral Sub-Provinces of Russia* (Amer. Geologist, XXXII, 1903, p. 137-162, 2 cartes paleogéogr. : pl. XX, XXI); et ailleurs. [Voir aussi les trois cartes de Schuchert : Middle Devonian Paleogeography. Close of Onondaga Time; Close of Hamilton Time; Upper Devonian Paleogeography, publiées dans C. R. Eastman, *Devonian Fishes of Iowa* (Iowa Geol. Survey, XVIIIth. Ann. Rept., 1907, pl. XIV-XVI, p. 348-360); et le résumé de Stuart Weller, *Correlation of the Middle and Upper Devonian and the Mississippian Faunas of North America* (Journal of Geol., XVII, 1909, p. 257-285).]

4. H. S. Williams, *The Cuboides-Zone and its Fauna; a Discussion of Methods of Correlation* (Bull. Geol. Soc. of America, I, 1889, p. 481-500, pl. 11-13).

européenne (Tully limestone, *Rhynchonella cuboides*); puis, de nouveau, schistes (Genessee). Au-dessus viennent des faunules qui, malgré des caractères assez peu définis et parfois singulièrement instables, se rattachent du moins à l'Europe par des espèces représentatives, mêlées, il est vrai, à des espèces isolées de la faune à *Tropidoleptus*; on trouve en outre dans ces sédiments des troncs d'arbres et des restes de grands Poissons (faune à *Productella* ou formation d'Ithaca; faune à *Cardiola* ou étage de Portage), jusqu'à ce qu'on atteigne le terme marin le plus élevé du Dévonien américain, l'étage de Chemung (faune à *Spirifer disjunctus*). Ce fossile caractéristique est lui-même un représentant de la faune européenne; mais, encore en plein Chemung, Williams a trouvé une intercalation de la faune à *Tropidoleptus*, jouant le rôle d'une véritable colonie.

Vient ensuite l'étage de Catskill, c'est-à-dire les grès ériens à plantes terrestres et Poissons.

On observe donc ici la pénétration mutuelle de deux faunes marines, et en même temps, à l'époque de Chemung, la dispersion des sédiments à partir des rivages du continent érien. Il ne paraît pas y avoir de Dévonien marin tout à fait supérieur authentique, au sens européen du mot. A cette époque, les sables ériens avaient pris la prépondérance. Frech cite, dans le Dévonien moyen d'Amérique, une série de Bivalves arénicoles qui sont regardées comme représentant des formes européennes, et cinq espèces d'*Avicula* (*Leptodesma*) communes à l'étage de Chemung et au Famennien belge¹. Ces fossiles pourraient être des traces de la faune littorale érienne.

Ces résultats suggèrent deux conjectures.

Le Vieux Grès rouge est encore compris dans l'anticlinal des Mendips (II, p. 132), et les voûtes qu'il forme sur la côte à rias de l'Irlande occidentale, entre la Dingle Bay et la Crook Bay, s'avancent en éperons dans l'Océan Atlantique (II, p. 126). Il ne dépasse pas au Sud ces plis armoricains septentrionaux, mais les Poissons et les végétaux ériens s'avancent jusqu'en Thuringe, en Bohême et sur le Donetz. On observe la même chose en Amérique. Les sédiments ériens appartiennent à l'avant-pays, mais cependant ils sont encore affectés par quelques plissements extérieurs. De là naît le soupçon que, sous l'Océan, le bord septentrional des Altaïdes n'est pas non plus très éloigné du bord méridional de l'avant-pays désigné sous le nom d'Eria.

L'autre supposition est plus solidement établie : elle concerne les mers. La mer eurasiatique-arctique semble se continuer au Sud vers

1. F. Frech, *Lethæa palæozoica*. II, 1. Lief. Gr. in-8°, Stuttgart, 1897, p. 253; H. S. Williams, *The Paleozoic Faunas of Maine* (U. S. Geol. Survey, Bull. n° 165, 1900, p. 80).

l'Iowa et le Missouri. La faune exotique à *Tropidoleptus* (faune de Hamilton) est connue depuis l'Est de l'État de New York jusque dans le Wisconsin et dans beaucoup d'États du Centre, puis au Sud jusqu'au delà des Monts Ozark. Elle est inconnue dans l'Ouest, dans l'Iowa (à l'exception de *Phacops rana*). Déjà, avec l'étage sous-jacent d'Onondaga, une transgression commence sur différents points; on signale quelque chose de semblable en Europe. Or, la faune d'Onondaga (Oriskany) du centre des États-Unis est identique à celle qui est désignée sous le nom de faune à *Leptocœlia* (*Anoplothea*) *flabellites* (schistes d'Icla de A. Ulrich), et la faune de Hamilton (faune à *Tropidoleptus*) s'appelle faune à *Vitulina pustulosa* (espèce qui apparaît aussi dans le Hamilton de l'État de New York). Sous ces noms, ces deux étages sont signalés en nombre de points de l'Amérique du Sud; la première est mentionnée en outre aux Iles Malouines et dans la Colonie du Cap. L'étage à *Tropidoleptus* s'avance même jusque dans le Sahara central. Les couches de Hamilton représentent la forme que prennent, dans l'Amérique du Nord, les dépôts de ce vaste Océan méridional, à l'approche de l'Eria.

Succession des couches dans le terrain carbonifère. — La longue traînée d'affleurements houillers qui apparaît à Cracovie et en Basse-Silésie, dans le Bassin de la Ruhr, en Belgique, dans le Sud de l'Angleterre et du Pays de Galles correspond, de l'autre côté de l'Océan, aux Bassins houillers des Appalaches (II, p. 381). Dans le domaine européen, il existe à la base le Calcaire carbonifère inférieur marin et les intercalations marines du Culm, et, en outre, sur toute la distance comprise entre la bordure des Carpathes et l'Angleterre, des intercalations marines isolées dans les couches de houille de l'étage d'Ostrau. Ces intercalations, au moins de la Basse-Silésie à la Belgique, revêtent vers le haut des caractères littoraux de plus en plus marqués; des Bivalves isolées en sont la dernière trace, et il est probable qu'il n'y a plus d'intercalation franchement marine à partir de l'horizon de Schatzlar. Le Carbonifère supérieur marin fait défaut non seulement dans ces bassins houillers, mais aussi dans toute la partie du continent européen qui s'étend plus au Nord.

Il semble que l'avancée des plis varisques et armoricains ait repoussé la mer du Carbonifère supérieur hors de l'Europe Centrale. Cet événement rappelle la retraite de la Mer Méditerranée hors de l'Europe Centrale devant l'avancée des Alpes. De même qu'on ne voit pas de sédiments marins du troisième étage méditerranéen au Nord des Alpes, et qu'il faut descendre jusque dans la basse vallée du Rhône pour les rencontrer, de même on ne voit pas de Carbonifère supérieur

marin au Nord des fragments des arcs varisques et armoricains. Pour en trouver, il faut aller dans les Asturies, dans les Alpes Carniques ou en Russie.

Dans l'Amérique du Nord, ce processus s'accuse encore plus nettement. Le calcaire marin du Carbonifère inférieur présente, il est vrai, un grand développement, — il s'étend jusqu'au Nouveau-Brunswick et à Terre-Neuve, — mais, à l'exception de bancs à *Najadites*, il n'existe pas d'intercalations marines dans les assises houillères du Nord-Est. Elles commencent seulement dans la Virginie Occidentale et l'Ohio, et, pour voir du Carbonifère supérieur franchement marin, il faut aller plus loin à l'Ouest et au Sud-Ouest, dans l'Iowa et l'Illinois, le Kansas et l'Oklahoma, l'Arkansas et le Texas¹.

J. P. Smith insiste sur la ressemblance des fossiles du Carbonifère supérieur de l'Arkansas avec ceux de Lo-ping, et les désigne comme les indices d'un Océan Pacifique carboniférien. Cette mer est connue dans la Colombie Britannique, l'Alaska, le Japon, l'Oussouri Méridional et jusqu'à une grande distance dans l'intérieur de l'Asie. D'après Tschernyschew, certains gisements situés sur le bord septentrional de l'Archipel Parry et jusqu'au Cap Feilden (82° 44') en dépendraient; et il en résulterait que le Carbonifère supérieur marin s'étend autour du Groenland, jusqu'au Spitzberg et à l'Île des Ours (Beeren Eiland)².

Tandis qu'en Europe le Carbonifère supérieur seul est repoussé par le plissement, et que, dès le Permien, la faune assez pauvre du Zechstein annonce les faunes marines qui viennent ensuite, — dans le Nord-Est des États-Unis et la partie voisine du Canada, toute la région située en dehors des plissements, c'est-à-dire au N. W. et à l'W., reste, à partir de cette époque, complètement séparée de la mer jusqu'à la transgression post-glaciaire. Même la Craie supérieure marine n'arrive que sur le côté interne des plis.

Ainsi, toute comparaison ultérieure avec l'Europe est basée sur les flores terrestres.

La distribution du terrain houiller productif n'est pas uniforme. On peut regarder Terre-Neuve, la Nouvelle-Écosse et le Nouveau-Brunswick

[1. Sur la succession des faunes carbonifères marines dans l'Amérique du Nord, voir T. C. Chamberlin et R. D. Salisbury, *Geology*. In-8°, New York, II, 1906, p. 496-618; G. H. Girty, *The Carboniferous formations and faunas of Colorado* (U. S. Geol. Survey, Professional Paper n° 16). In-4°, 546 p., 10 pl., 1903; G. H. Girty, *Upper Carboniferous* (Journal of Geol., XVII, 1909, p. 305-319).]

2. J. Perrin Smith, *Marine Fossils from the Coal Measures of Arkansas* (Proc. Amer. Phil. Soc., XXXV, n° 152, 1896, p. 213-285, pl. XVI-XXIV). Pour l'extension de cette mer, voir notamment H. Yabe, *A contribution to the Genus Fusulina, with Notes on a Fusulina-Limestone from Korea* (Journ. College of Sc., Imp. Univ. Tōkyō, XXI, Art. 5, 1906, 36 p., 3 pl.).

wick comme constituant une première région, caractérisée par une certaine diversité des gisements. Dans une seconde province, comprenant la Gaspésie, le Maine et jusqu'au Connecticut, le développement de la houille est très minime. Les bancs les plus riches et les plus étendus se trouvent sur le flanc occidental des Appalaches, de la Pennsylvanie à l'Alabama, et aussi de l'autre côté du Mississippi jusqu'au delà de l'Arkansas. On peut distinguer une quatrième région, étroitement rattachée toutefois à la précédente, et qui répondrait à l'ensemble des bassins, presque horizontaux et discordants, mais où l'épaisseur des couches de houille est beaucoup moindre, qui s'étendent vers l'Ouest par-dessus l'avant-pays laurentien, c'est-à-dire dans certaines parties du Michigan, de l'Illinois, de l'Iowa et du Missouri.

Les travaux détaillés du Service géologique de la Pennsylvanie, les monographies stratigraphiques de J. J. Stevenson et les études paléobotaniques de David White sont les principales sources d'information¹. On peut dire d'une manière générale, il est vrai, que ces sédiments sont plus puissants au voisinage des Appalaches, et qu'ils diminuent d'épaisseur vers l'Ouest. Cependant, comme cette diminution n'est pas uniforme, et que la puissance des niveaux inférieurs de chaque étage décroît en général plus vite, il arrive que dans chaque région des couches différentes jouent le rôle de couches de base, et que la désignation de « Lower Coal Measures » est flottante et souvent trompeuse.

D'ailleurs, l'amincissement des termes inférieurs ne se produit pas seulement vers l'Ouest. Un croquis de David White (fig. 121) montre qu'il s'est formé, en avant des plis appalachiens, une longue dépression dont le point le plus bas se trouvait dans le Sud-Est de la Virginie Occidentale, où s'entassaient les sédiments les plus épais, tandis qu'il existait au N.E., dans le Sud-Ouest et le Centre de la Pennsylvanie, un bombement sur lequel plusieurs des termes inférieurs font défaut². Dans ces conditions, nous devons, dans le résumé qui va suivre, donner la préférence aux désignations locales, qui laissent entière la question du parallélisme.

1. *Pocono*. Quand on lit l'exposé, dû à Stevenson, de l'état des choses immédiatement antérieur au Carbonifère, en Pennsylvanie et en Virginie, la description de la grande épaisseur des sables ériens dans le Nord-Est, de leur décroissance très rapide vers le Sud-Ouest, de la retraite de la vie marine à leur approche et de la surface irrégulière à laquelle ils ont donné naissance, on comprend combien il est difficile

[1. Voir aussi le résumé de D. White, *The Upper Paleozoic Floras, their Succession and Range* (Journal of Geol., XVII, 1909, p. 320-341, 2 cartes).]

2. D. White, *Deposition of the Appalachian Pottsville* (Bull. Geol. Soc. of America, XV, 1903, p. 267-282; en particulier pl. 41).

de distinguer les sédiments nés du remaniement de ces sables¹. On se rappelle en même temps les quantités de sable que les tempêtes portent actuellement du Sahara dans l'Océan Atlantique.

Au-dessus de ces couches inférieures, il convient de distinguer un

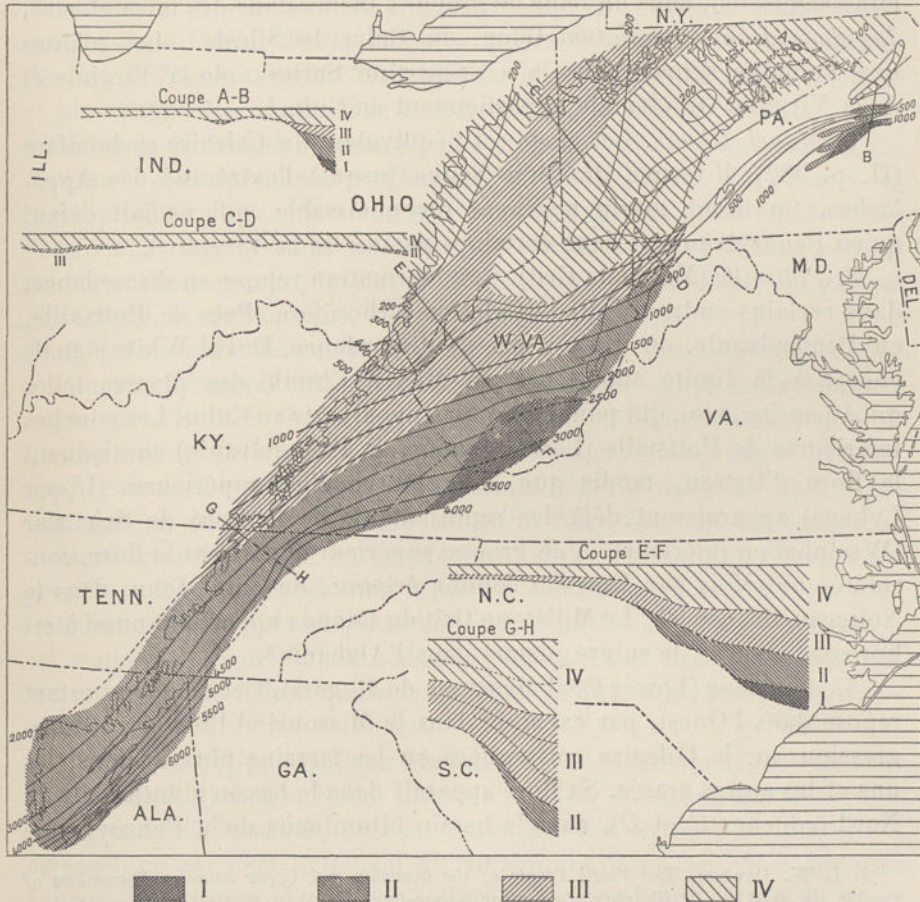


FIG. 121. — Extension de l'étage de Pottsville dans le Bassin des Appalaches, d'après David White (*Bull. Geol. Soc. of America*, XV, 1903, pl. 11).

I. Aire de la formation de Pocahontas (assise inférieure); II. Transgression du niveau de Raleigh-Bon-Air; III. Transgression à la fin du dépôt des grès de Sharon; IV. Transgression des assises supérieures, dans les limites actuelles du bassin. — Les chiffres indiquent l'épaisseur approximative de l'étage de Pottsville en pieds anglais. — Échelle de 1 : 9 000 000 environ.

horizon qui correspond au Culm d'Europe. A Terre-Neuve, c'est un conglomérat grossier; dans la Nouvelle-Écosse, il est représenté par la

1. J. J. Stevenson, *Lower Carboniferous of the Appalachian Basin* (*Bull. Geol. Soc. of America*, XIV, 1903, p. 15-96, en particulier p. 42 et 86); le même, *Carboniferous of the Appalachian Basin* (*Ibid.*, [XV, 1904, p. 37-210]; XVII, 1906, p. 63-228; [XVIII, 1907, p. 29-178]).

Horton Series de Dawson, que cet observateur assimile au « Tweedian » du Nord de l'Angleterre, et qui contient une flore à *Cyclopteris* (*Aneimites*) *acadica*, etc., analogue à celle du Culm¹. Ailleurs aussi, on rencontre des traces du même genre. On a trouvé à Worcester (Massachusetts), dans un banc de graphite inclus dans des micaschistes, *Lepidodendron acuminatum* Göpp. du Culm de Silésie². Les plantes que Fontaine signale dans la « Vespertine Series » de la Virginie et de la Virginie Occidentale appartiennent au Culm³.

2. *Mauch Chunk*. Cet étage est l'équivalent du Calcaire carbonifère (II, p. 382); il forme, de Terre-Neuve jusqu'à l'extrémité des Appalaches, un terme marin aisément reconnaissable, qui ne fait défaut qu'en Pennsylvanie et dans certaines parties de la Virginie⁴.

3. *Pottsville* (Millstone Grit). Cette formation repose en discordance, dans certains endroits, sur le Calcaire carbonifère. Près de Pottsville, en Pennsylvanie, où il n'y a pas de discordance, David White signale encore à la limite supérieure du Mauch Chunk des plantes telles qu'*Aneimites*, etc., qui pourraient bien appartenir au Culm. Les couches inférieures de Pottsville (Lower Lykens de Pennsylvanie) contiennent la flore d'Ostrau, tandis que dans les couches supérieures (Upper Lykens) apparaissent déjà les représentants de la flore de Schatzlar (Westphalien inférieur). A ce groupe supérieur appartient la flore, considérée autrefois par Dawson comme érienne, de Saint-John, dans le Nouveau-Brunswick. Le Millstone Grit du Canada appartient aussi à cet horizon; on peut le suivre jusque dans l'Alabama⁵.

4. *Allegheny* (Lower Coal Measures de Rogers). Cet étage important repose dans l'Ouest, par exemple dans le Missouri et l'Iowa, en transgression sur le Calcaire carbonifère ou les terrains plus anciens, les uns et les autres arasés. Sa flore apparaît dans le bassin à anthracite du Nord (couches *C* et *D*), dans le bassin bitumineux de la Pennsylvanie

1. J. W. Dawson, *The Fossil Plants of the Devonian and Upper Silurian Formations of Canada*, II, p. 128; H. Fletcher, *Geological Nomenclature in Nova Scotia* (Proc. and Trans. Nova Scotian Inst. of Sc., Halifax, X, 1899-1900, p. 235-244). — Le mot « Culm » est employé dans les pages suivantes conformément à son sens traditionnel; la question de savoir si le Culm typique d'Angleterre possède réellement un âge aussi ancien n'a pas été prise en considération; il suffira de renvoyer à E. A. Newell Arber, *The Fossil Flora of the Coal-measures of North-West Devon, and the Palæobotanical Evidence with regard to the Age of the Beds* (Proc. Royal Soc. London, LXXIV, B, 1904, p. 93-99 [et Phil. Trans., CXC VII, B, 1904, p. 291-325, pl. 19-20]).

2. J. H. Perry, *Amer. Journ. of Sc.*, 3^e ser., XXIX, 1885, p. 157.

3. W. M. Fontaine, *Notes on the Vespertine Strata of Virginia and West Virginia* (Amer. Journ. of Sc., 3^e ser., XIII, 1877, p. 37-48 et 115-123).

[4. Voir J. Barrell, *Origin and Significance of the Mauch Chunk Shale* (Bull. Geol. Soc. of America, XVIII, 1907, p. 449-476, pl. 49-52).]

5. D. White, *The stratigraphic succession of the fossil Floras of the Pottsville Formation in the South Anthracite Coalfield, Pennsylvania* (U. S. Geol. Survey, 20th Ann. Rept., 1898-99, pt. II, p. 749-930, pl. CLXXX-CXCIII; en particulier p. 911 et suiv.).

(Cannelton), en Virginie (partie des couches de la Kanawha), plus à l'Ouest dans l'Illinois (Mazon Creek), le Missouri (Henry County)¹, le Kansas (couches de Lansing)², et dans le Territoire Indien (houille de Grady)³. Elle correspond à la flore de Schatzlar (westphalienne) d'Europe, et l'on y retrouve même, à ce qu'il semble, ses différentes subdivisions. Ainsi, David White a montré l'équivalence des couches de Henry County avec le Westphalien moyen et supérieur de Zeiller, et plus particulièrement avec la zone de Bully-Grenay, dans le bassin houiller de Valenciennes, tandis que l'assise *E* du bassin à anthracite du Nord correspondrait à l'horizon de Geistlautern, et l'assise *G* correspondrait déjà aux couches d'Ottweiler. La houille de Grady serait l'équivalent des niveaux inférieurs de Schatzlar. Il y a tout lieu de partager l'étonnement de David White devant la similarité du milieu biologique, à cette époque, des deux côtés de l'Océan.

5. *Conemaugh* (Lower Barren Measures) et 6. *Monongahela* (Upper Productive Measures). Ces deux formations représentent le Carbonifère supérieur d'Europe (étage stéphanien, couches d'Ottweiler). Un banc de calcaire à Crinoïdes dans le Conemaugh est considéré comme l'indice de la dernière avancée de la mer à partir du Sud-Ouest. C'est l'époque où la mer s'étrangle. Dans le Nord-Est, les intercalations marines ont cessé dès la fin du Mauch Chunk; dans le Sud-Ouest, elles persistent, généralement sous forme de calcaires à Fusulines qui contiennent des Brachiopodes en abondance. La flore de la Monongahela est connue en Nouvelle-Écosse (Joggins) et aussi dans le Kansas (Le Roy Shales), de même que dans le Sud du Territoire Indien (couches de Mac Alester).

7. *Dunkard* (Upper Barren Measures). Cet étage appartient au Permien. Le conglomérat rouge grossier de New Glasgow, qui se montre transgressif en Nouvelle-Écosse, renferme des veinules de houille et se continue par delà le détroit de Northumberland, associé à des grès rouges, dans la grande île sans relief du Prince-Édouard, est rapporté par H. S. Poole au Permien⁴. Dans l'Île du Prince-Édouard, on a

1. D. White, *Fossil Flora of the Lower Coal Measures of Missouri* (U. S. Geol. Survey, Monograph XXXVII). In-4°, x-467 p., 73 pl., 1899; en particulier p. 298 et suiv.

2. G. I. Adams, G. H. Girty and D. White, *Stratigraphy and Paleontology of the Upper Carboniferous Rocks of the Kansas Section* (U. S. Geol. Survey, Bull. n° 211, 1903, 123 p., 4 pl. cartes; en particulier p. 110 et suiv.).

3. J. A. Taft, *Geology of the Mc Alester-Lehigh Coalfield, Indian Territory, accompanied by a Report on the fossil Plants by D. White, and a Report on the Paleozoic Invertebrate Fossils by G. H. Girty* (U. S. Geol. Survey, 19th Ann. Rept., pt. 3, 1897-98, p. 423-600, pl. LXIV-LXXII, dont 3 cartes; en particulier p. 457 et suiv.).

4. H. S. Poole, *The Pictou Coal Field; a geological Revision* (Proc. and Trans. Nova Scotian Inst. of Sc., Halifax, 2^e sér., I, 1893, p. 228-343, carte). Sur l'âge des sédiments à l'Île du Prince-Édouard, voir I. C. Russell et F. H. Knowlton, U. S. Geol. Survey, Bull. n° 85, 1892, p. 25-31; ces dépôts étaient regardés autrefois comme triasiques.

trouvé dans des grès qui, jadis, passaient pour triasiques, *Ulmannia*, *Walchia* et d'autres plantes du Rothliegende. Dans le Dunkard typique du Sud-Ouest de la Pennsylvanie, de l'Est de l'Ohio et de certaines parties de la Virginie Occidentale, David White n'a rencontré, en fait de plantes communes avec l'Europe, que des espèces du Rothliegende inférieur (couches de Kusel)¹. Les intercalations marines n'apparaissent qu'au Texas. L'un des genres d'animaux les plus étranges, le *Naosaurus* de Cope, découvert dans le Permien rouge du Texas, a été retrouvé par A. Fritsch, sous une forme beaucoup plus petite, il est vrai, dans les charbons à gaz permien de la Bohême². Des résultats analogues se dégagent de la concordance frappante dans l'ordre de développement des différents groupes d'insectes carbonifères, en Europe et en Amérique, dont Handlirsch a fourni la démonstration du Lower Lykens à la limite supérieure³.

Les Appalaches jusqu'au Mississipi. — Ce puissant système montagneux décèle sa dépendance vis-à-vis des Altaïdes par sa position, au Nord-Est par des côtes à rias qui réclament un prolongement et au Sud-Ouest par des extrémités libres, par la contemporanéité de la discordance à la base du Culm, enfin par l'achèvement de sa surrection avant l'apparition de la flore d'Ottweiler ou du Permien.

Ces montagnes se composent de plusieurs parties ou coulisses⁴. Vers l'extrémité de la Presqu'île de Gaspé, la direction tourne complètement de la normale S.W. à l'E.S.E., ainsi que l'ont montré les sondages effectués dans le Dévonien pour la recherche du pétrole⁵.

1. D. White, *Permian Elements in the Dunkard Flora* (Bull. Geol. Soc. of America, XIV, 1903, p. 538-542).

2. E. D. Cope, *Systematic Catalogue of the Species of Vertebrata found in the beds of the Permian Epoch in North America* (Trans. Amer. Phil. Soc., XVI, 1886, p. 285-297, pl. II, III (1890), en particulier p. 293); A. Fritsch, *Fauna der Gaskohle und der Kalksteine der Permformation Böhmens*. In-4°, Prag, III, 1895, p. 121, et IV, 1901, p. 87.

3. A. Handlirsch, *Revision of American Palaeozoic Insects* (Proc. U. S. Nat. Museum, Washington, XXIX, 1906, p. 661-820, 109 fig.).

4. Voir la grande *Carte géologique de l'Amérique du Nord*, dressée par Bailey Willis à l'échelle de 1 : 5 000 000, et jointe au Compte rendu de la X^e Session du Congrès Géologique International, Mexico, 1906, feuilles N.E. et S.E. — Pour une analyse des très nombreux travaux qui ont été consacrés aux terrains archéens et métamorphiques du système des Appalaches, de Terre-Neuve à l'Alabama, voir l'ouvrage de C. K. Van Hise et C. K. Leith, *Pre-Cambrian Geology of North America* (U. S. Geol. Survey, Bull. 360. In-8°, 939 p., 2 pl. cartes, 1909), en particulier les chapitres VI (Eastern Townships of Quebec southeast of St. Lawrence River), VII (New Brunswick, Nova Scotia, Newfoundland, and Gaspe Peninsula), IX (New England), X (Adirondack Mountains, Southeastern New York, and New Jersey), et XI (Piedmont Plateau and adjacent portions of the Appalachians in Alabama, Georgia, Tennessee, North Carolina, South Carolina, Virginia, Maryland, Pennsylvania, and Delaware.)

5. R. W. Ells, *The Oil Fields of Gaspé* (Geol. Survey of Canada, Ann. Rept., N. S., XV, 1902-03, A, p. 310-363, carte, 1906).

L'île d'Anticosti appartient à la bordure du bouclier canadien. Il en est de même de la moitié septentrionale du Long Range, à Terre-Neuve. Il en résulte une disposition particulière pour l'encadrement du Golfe du Saint-Laurent.

Terre-Neuve est formée, à l'Est du Long Range, par des plis étroitement serrés de roches précambriennes et de terrains plus récents, jusqu'au Carbonifère, souvent modifiés par la pression. Les côtes à rias du Nord et du Sud de la grande île sont l'expression de ces plissements.

Le Carbonifère, représenté ici par le conglomérat de la Horton Series (Culm), le Calcaire carbonifère marin accompagné de gypse, le Millstone Grit et la série houillère, apparaît dans le Sud-Ouest autour de la Baie Saint-George et de la Baie Port à Port. Les plantes que Dawson signale sur la Baie Saint-George sont, pour la plupart, des espèces bien connues en Europe dans la flore de Schatzlar (*Sphenopteris Hoeninghausi*, *Pecopteris abbreviata*, *Alethopteris lonchitica*, etc.)¹. Ces couches carbonifères se poursuivent vers l'intérieur, le long du bord oriental du Long Range, dans la direction du N.N.E. et atteignent au moins le voisinage de l'extrémité septentrionale du Grand Pond (49° de lat. N.). Mais, d'après les indications de Murray, il est à supposer que leurs traces sont visibles bien plus loin encore dans la même direction, jusqu'au Cap Rouge et au Fox Cape, sur le bord occidental de la Baie Blanche (près de 51° de lat. N.)².

Il y a donc quelque apparence qu'il existe en avant de la limite, du côté de l'avant-pays, une bande de terrain houiller productif. La Baie Blanche pourrait alors marquer le point où les couches de houille de la bordure armoricaine ressortent de l'Océan.

Selon une hypothèse de Dana, abondamment confirmée depuis, les plis de Terre-Neuve se poursuivent dans l'île du Cap-Breton³. Ceci nous amène à tracer ce tableau général :

Sable Island (60° de long. W., 44° de lat. N.) représente vraisemblablement un reste d'une chaîne tout à fait interne; l'île paraît être formée de Carbonifère inférieur.

Un premier fragment de coulisse plus continue est représenté par les roches paléozoïques anciennes qui traversent obliquement, dans la direction du N.E., la partie sud-orientale de la Nouvelle-Écosse⁴,

1. J. W. Dawson, *Carboniferous Fossils from Newfoundland* (Bull. Geol. Soc. of America, II, 1891, p. 529-540, pl. 21, 22).

2. A. Murray and J. P. Howley, *Geological Survey of Newfoundland*. In-8°, London, 1881, p. 41. Ces dépôts sont attribués au Dévonien (p. 67 et 309).

3. J. D. Dana, *Archæan Axes of Eastern North America* (Amer. Journ. of Sc., 3^e ser., XXXIX, 1890, p. 378-383).

[4. Voir la carte géologique d'assemblage : *Map of the Province of Nova Scotia to*

de la Baie Sainte-Marie à la Baie Chedabucto. La forme de la côte à rias du Sud est trompeuse : on pourrait supposer que la direction y est N.-S.; mais Bailey a reconnu que les plis se continuent vers le S.W. et l'W.S.W. L'illusion est due à des granites intrusifs, qui coupent les plis, et à la présence de vallées transversales analogues à des fjords¹. Dans le Nord, au voisinage de la Baie Chedabucto, la direction tourne de plus en plus à l'E.N.E. (I, p. 740). Du côté de la Baie de Fundy, des couches à *Dictyonema* sont surmontées immédiatement par la série de Horton, qui indique déjà la transgression discordante du Culm; vient ensuite une bordure tout à fait horizontale de Trias, avec un liséré de trapp triasique qui forme sur une grande distance le rivage S.E. de la Baie de Fundy. Plus au Nord, dans l'Île du Cap-Breton, on voit des plis qui divergent vers le Nord, c'est-à-dire vers Terre-Neuve; c'est là aussi qu'apparaissent les premiers indices de couches de houille. Le plus riche bassin, celui de Pictou, se trouve sur le bord N.W. de la Nouvelle-Écosse, là où la terre commence à se rétrécir. Les couches de houille sont plissées; elles reposent sur le Millstone Grit, lequel appartient à l'étage de Pottsville. Nous les rapportons donc, comme celles de la Baie Saint-George (Terre-Neuve) et de Saint John (de l'autre côté de la Baie de Fundy), à l'horizon de Schatzlar (Upper Lykens). Dans l'ensemble, les synclinaux de Pictou semblent avoir tellement souffert de l'érosion que des cuvettes isolées apparaissent à la place d'une zone houillère unique. Sur leur bord septentrional, les couches de Pictou sont, d'après le rapport de Fletcher, mises en contact par une dislocation avec des couches de houille appartenant au conglomérat du Rothliegende, qui s'appuie en discordance contre le Carbonifère.

L'étranglement situé au Sud du Déroit de Northumberland, que la direction des couches coupe de part en part, est visiblement d'une importance capitale pour la connaissance de la structure. C'est là qu'il faut chercher le bord externe des plissements de la Nouvelle-Écosse. C'est un fait bien remarquable que dans cette région, sur le bord N.E. de la Baie Chignecto (extrémité N.E. de la Baie de Fundy), la puis-

illustrate Report by E. R. Faribault on the Gold Fields of Nova Scotia, publiée par le Geological Survey of Canada en 1906 (n° 927).]

1. L. W. Bailey, *Report on the Geology of Southwest Nova Scotia* (Geol. Survey of Canada, Ann. Rept., N. S., IX, 1896, M, 154 p., 5 pl., carte, 1898). Les Îles Fox, dans la Baie de Penobscot (Maine), montrent quelque chose d'analogue; elles consistent en un massif éruptif dont les contours sont indépendants de l'allure des plis, dirigés S.W.; G. Otis Smith, *The Geology of the Fox Islands, Maine*. Dissert. In-8°, 76 p., 2 pl. dont 1 carte géol., Skowhegan, Maine, 1896 [voir aussi le *Geologic Atlas of the United States* publié par l'U. S. Geol. Survey, *Penobscot Bay folio, Maine* (n° 149), 1907]; H. Fletcher, *Kings and Hants Counties, Nova Scotia* (Geol. Survey of Canada, Ann. Rept., N. S., XIV, 1901, A, p. 208-214, 1902).

sante série houillère des Joggins, décrite par Dawson, contient la flore d'Ottweiler et se présente avec une allure tranquille¹.

L'horizontalité est donc acquise au même niveau que dans les Altaïdes.

La région située plus au Nord-Ouest a effectivement une structure toute différente. Poole en a donné le résumé le plus expressif².

A partir du rivage septentrional de la Baie des Chaleurs, la côte du Nouveau-Brunswick est formée exclusivement par des couches horizontales, presque jusqu'à l'extrémité orientale du Déroit de Northumberland. Dans le Nord, le Carbonifère inférieur repose en discordance sur les plis de la Gaspésie, et forme une grande bande triangulaire qui pénètre dans les terres jusqu'au delà de Fredericton et rejoint la mer à la Baie Verte, en entourant une sorte de cuvette dont le bord septentrional est formé par la côte plate du Nord du Nouveau-Brunswick, dont il vient d'être question.

Tout cet espace est occupé par une « série grise », qui est mince et contient quelques veines de houille de peu d'importance, et au-dessus, par le Rothliegende à *Walchia*, etc. Celui-ci se continue dans l'Île du Prince Édouard; la mer est très peu profonde dans ces parages, et l'île elle-même n'est qu'un morceau de la plaine septentrionale du Nouveau-Brunswick. Quelques ondulations peu marquées, de direction E.N.E., sont reconnaissables.

Dans le Sud, la série grise repose en concordance sur les couches des Joggins (Ottweiler); elle correspond à la zone limite du Carbonifère et du Permien.

La Gaspésie et le Maine appartiennent à une autre division de cet ensemble tectonique³. Le Nouveau-Brunswick joue dans une certaine mesure le rôle d'avant-pays par rapport à Terre-Neuve et à la Nouvelle-Écosse. On peut admettre qu'il existe, au voisinage du bord extérieur des plis, une bande discontinue de couches de houille plissées appartenant à l'étage de Schatzlar, et s'étendant de la Baie Saint-George (Terre-Neuve) vers Pictou (Ouest de la Nouvelle-Écosse) et peut-être vers Saint John (Nouveau-Brunswick). Le Culm (série de Horton) et le Calcaire carbonifère sont discordants, aussi bien à Terre-

1. H. Fletcher, *Report on the Geology of the portion of Cape Breton North of Judique and Denys Basin* (Geol. Survey of Canada, Ann. Rept., 1882-84, H, 98 p., 1885). Pour la discordance de Horton, dans la Nouvelle-Écosse, voir Id., N. S., XIV, 1901, A, p. 214, 1905; pour la discordance des Joggins, même vol., p. 208, et d'autres publications.

2. H. S. Poole, *Report on the Coal Prospects of New Brunswick* (Geol. Survey of Canada, Ann. Rept., N. S., XIII, 1900, MM, p. 5-26, 1903, en particulier p. 9 et suiv.); Bailey, *Ibid.*, M, p. 5-38.

[3. Voir la feuille n° 5 : *Geology, East sheet*, de l'*Atlas of Canada*, prepared under the direction of James White, publié par le Département de l'Intérieur en 1906. Échelle : 400 milles au pouce ou 1 : 6 336 000.]

Neuve que dans la Nouvelle-Écosse et le Nouveau-Brunswick. C'est la même discordance du Carbonifère inférieur dont on a signalé un exemple dans le Tien-Chan (III, p. 532), et qui se reproduit dans les Sudètes et en Bretagne. Les couches d'Ottweiler sont horizontales au voisinage des Jogjins; le Rothliegende n'est traversé que par de faibles bombements. Les mouvements orogéniques sont, à l'exception de ces dernières et faibles ondulations, antérieurs au Permien. *Ce synchronisme indique que les mouvements des Altaïdes se sont propagés par delà l'Océan.*

On a déjà signalé l'autonomie du compartiment Gaspésie-Connecticut. Une puissante dislocation, la « Saint Lawrence-Champlain Fault », en marque la limite du côté de l'avant-pays laurentien. L'avancée d'une partie de l'avant-pays, à laquelle appartiennent les Adirondacks, exerce une influence décisive sur la déviation de cette limite vers le Sud¹.

Selon toute apparence, un anticlinal assez homogène de couches paléozoïques anciennes, partant de la Gaspésie, court parallèlement à ce bord, à travers les Monts Shickshock². Les caractères européens de certaines faunules du Maine nord-oriental ont déjà été notés; là encore, la direction N.E. domine, bien que des massifs isolés de roches volcaniques (andésite, rhyolite, etc.) affleurent sur plusieurs points vers le centre du Maine³. L'intérieur du pays est peu connu.

A mesure que la limite des plissements et de l'avant-pays au-dessous de Québec pénètre plus avant dans les terres, les plis prennent de plus en plus la direction du Sud. Les terrains comprimés longent la rive orientale du Lac Champlain, et se continuent de l'État de New York dans le Vermont, le Massachusetts et le Connecticut, ainsi que Walcott l'a représenté sur une carte d'ensemble en 1888⁴. C'est peut-

1. Pour la limite, voir par exemple H. P. Cushing, *Geology of the Northern Adirondack Region* (New York State Museum, Bull. n° 95, 1905, p. 271-453, 18 pl., dont 3 cartes géol.).

2. R. W. Eells, Geological Survey of Canada, Ann. Rept., 1882-84, E, p. 31, 1885; Low, *Ibid.*, F, p. 16-20.

3. H. S. Williams, mém. cité; et H. E. Gregory, *Geology of the Aroostook volcanic Area of Maine, including an account of the clastic rocks of Aroostook County* (U. S. Geol. Survey., Bull. n° 165, 1900, p. 93-188, pl. IV : carte géol., et pl. III-XIV). [Sur la géologie du Maine, consulter : G. O. Smith and David White, *The Geology of the Perry Basin* (U. S. Geol. Survey, Professional Paper n° 35). In-4°, 107 p., 6 pl. dont 1 carte géol., 1905; T. Nelson Dale and G. O. Smith, *The Granites of Maine* (U. S. Geol. Survey, Bull. n° 313). In-8°, 202 p., 14 pl., dont 1 carte géol., 1907; F. G. Clapp and W. S. Bayley, *Underground Waters of Southern Maine* (U. S. Geol. Survey, Water-Supply Paper 223). In-8°, 268 p., 24 pl., dont 1 carte géol., pl. I, 1909; John M. Clarke, *Early Devonian History of New York and Eastern North America*, part II. Albany, 1909 (New York State Education Department, Memoir 9). In-4°, p. 52-128, pl. 12-31 et 3 cartes géol.]

4. C. D. Walcott, *The Taconic System of Emmons, and the Use of the Name Taconic in Geologic Nomenclature* (Amer. Journ. of Sc., 3^e ser., XXXV, 1888, p. 229-327, 394-401, pl. III : carte géol.). [Voir aussi les travaux suivants de T. Nelson Dale : *Structural Details in the Green Mountain Region and in Eastern New York* (U. S. Geol. Survey, 16th Ann. Rept., 1894-95, pt. 1, p. 343-570); *The State Belt of Eastern New York and Western Vermont* (Id., 19th Ann. Rept.,

être auprès du Lac Champlain et un peu au Sud que le refoulement a été le plus énergique. Puis, les différentes coulisses tournent de plus en plus au S.S.W. et traversent obliquement l'Hudson¹.

Les bandes de gneiss qui arrivent aux deux rives du Connecticut River sous la direction N.-S. forment le New Hampshire Range de Dana, dont les Green Mountains font partie. Le Massachusetts occidental, en particulier, présente une série de beaux exemples de ces longues bandes, qui sont de véritables modèles pour l'étude des chaînes profondément modifiées par le dynamo-métamorphisme. Dans la description du Nord-Ouest du New Hampshire donnée par Emerson, on aperçoit, au milieu de ces zones méridiennes comprimées, le fossé du Connecticut River, suivant lequel les couches triasiques se sont affaissées de 1600 mètres au moins².

Après avoir contourné les Adirondacks et la partie saillante de l'avant-pays, les rides montagneuses s'avancent tout en s'écartant les unes des autres, à peu près comme dans l'Oural au Sud du Plateau d'Oufa (III, p. 479). Ici encore, on peut admettre qu'il y a virgation par détente.

La déviation est moins sensible dans les zones orientales, que représentent les plis du Piedmont Plateau. Jadis, on considérait ce plateau comme archéen; maintenant on doit admettre qu'il n'a été plissé qu'après le Culm. On a déjà mentionné, dans le Massachusetts, des plantes du Culm associées à du graphite dans les micaschistes, et au Sud, dans l'Alabama, Eug. A. Smith a trouvé des *Lepidostrobus* dans des schistes graphitiques à demi-cristallins³.

1897-98, pt. 3, p. 153-307, pl. XII-XLI, dont 1 carte géol.); *A Study of Bird Mountain, Vermont* (Id., 20th Ann. Rept., 1898-99, pt. 2, p. 9-23, pl. 1, II); *Structural Details in the Green Mountain Region and in Eastern New York, Second Paper* (Id., Bull. n° 195, 1902, 22 p., 4 pl.); *Geology of the Hudson Valley between the Hoosic and the Kinderhook* (Id., Bull. n° 242, 1904, 63 p., 3 pl., dont 1 carte géol.); *Taconic Physiography* (Id., Bull. n° 272, 1905, 52 p., 14 pl., dont 1 carte générale); *Slate Deposits and Slate Industry in the United States* (Id., Bull. n° 275, 1906, p. 89-111, pl. XX-XXV, dont 2 cartes géol.).]

[1. Voir Fred. J. H. Merrill, *Geologic Map of New York, exhibiting the structure of the State so far as known*, 1 : 316 800, 12 feuilles (N. Y. State Mus., 1901); voir aussi les folios 83 (*New York City*) et 161 (*Franklin Furnace*) du *Geologic Atlas of the United States*, avec coupes et notices explicatives, Washington, 1902-1908.]

2. R. Pumpelly, J. E. Wolff, and T. Nelson Dale, *Geology of the Green Mountains in Massachusetts* (U. S. Geol. Survey, Monograph XXIII, 1894). In-4°, xiv-206 p., 23 pl. dont 2 cartes géol.; B. K. Emerson, *The Geology of Eastern Berkshire County, Massachusetts* (U. S. Geol. Survey, Bull. n° 159, 1899, 139 p., 9 pl.; ce mémoire se rattache au précédent vers le Sud). Pour la région qui s'étend plus à l'Est, voir B. K. Emerson, *Geology of Old Hampshire County, Massachusetts, comprising Franklin, Hampshire, and Hampden Counties* (U. S. Geol. Survey, Monograph XXIX, 1898). In-4°, xix-790 p., 35 pl. dont 1 carte géol. et 9 pl. de coupes; et les folios correspondants du même service. Voir aussi W. H. Hobbs, *On the Geological Structure of the Mount Washington Mass of the Taconic Range* (Journal of Geol., Chicago, I, 1893, p. 717-736, pl. III, IV : carte et coupes), et un grand nombre d'autres études de détail.

3. Eug. A. Smith, *Carboniferous Fossils in « Ocoee » Slates in Alabama* (Science, N. Y., new ser., XVIII, 1903, p. 244-246).

Mathews a décrit le Piedmont Plateau dans le Maryland, et Miss Bascom en Pennsylvanie¹. Une longue bande de gabbro court à l'intérieur du plateau, de l'État de New York, par le Delaware, le Maryland et le Sud-Est de la Pennsylvanie, jusqu'en Virginie. Cette roche envoie de multiples ramifications dans le gneiss et jusque dans le Silurien inférieur. Dans les parties où elle a subi une compression, de la hornblende verte et, accessoirement, de la biotite apparaissent à la place du pyroxène².

C'est dans les plis extérieurs que la déviation est surtout considérable. Elle ressort très clairement dans le Sud-Ouest de l'État de New York et jusque dans les bassins d'antracite du Nord-Est de la Penn-

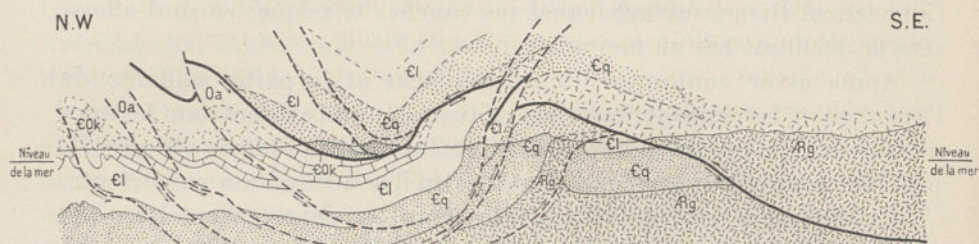


Fig. 122. — Charriages du Sud des Appalaches. Coupe théorique passant par Buffalo Mountain (Tennessee), d'après Arthur Keith (*Geologic Atlas of the United States, Roan Mountain Folio* (n° 151), Washington, 1907, fig. 2).

Le charriage principal est représenté par un trait plein fort, les failles secondaires par des traits brisés. — ARg. Archéen (gneiss et granite); Cq. Quartzites et schistes ardoisiers cambriens; Cl. Calcaires cambriens; Cok. Dolomies de Knox; Oa. Schistes d'Athens (Ordovicien). — Échelle de 1 : 375 000 environ.

sylvanie. Il en résulte nombre de chevauchements remarquables, en même temps que cette virgation par détente donne naissance à la large sigmoïde des bassins houillers de la Pennsylvanie³.

1. E. B. Mathews, *The Structure of the Piedmont Plateau as shown in Maryland* (Amer. Journ. of Sc. 4th ser., XVII, 1904, p. 141-159, pl. X : carte géol.); F. Bascom, *Piedmont District of Pennsylvania* (Bull. Geol. Soc. of America, XVI, 1905, p. 289-328, pl. 48-64); A. Keith, *Geology of the Catoctin Belt* (U. S. Geol. Survey, 14th Ann. Rept., 1892-93, pt. II, p. 285-395, pl. XIX-XXXIX; voir la carte géol., pl. XXII, où le début de la virgation est particulièrement net). [Voir aussi E. B. Mathews, *The Formations and Structure of the Piedmont in Maryland correlated with those in Pennsylvania* (Bull. Geol. Soc. of America, XVI, 1905, p. 329-346); C. R. Van Hise and C. K. Leith, *Pre-Cambrian Geology of North America* (U. S. Geol. Survey, Bull. 360, 1909, p. 653-716 : Chapter XI, Piedmont Plateau and adjacent Portions of the Appalachians); et les folios 70 (Washington) et 162 (Philadelphia) du *Geologic Atlas of the United States*, avec coupes et notices explicatives, Washington, 1901-1908.]

2. F. Bascom, mém. cité, p. 311 et suiv.

3. Voir notamment N. H. Darton, *Two Overthrusts in New York* (Bull. Geol. Soc. of America, IV, 1892, p. 436-439). [Sur les plis des terrains primaires de la Pennsylvanie Centrale, voir le *Report of the Topographic and Geological Survey Commission of Pennsylvania, 1906-1908*. In-8°, 375 p., 24 pl. Harrisburg, 1908 (texte par R. W. Stone, Ch. Butts et M. J. Munn); voir aussi les folios 82 (Masontown-Uniontown), 93 (Elkland-Tioga), 94 (Brownsville-Connellsville), 115 (Kittaning), 121 (Waynesburg), 123 (Elders Ridge), 125 (Rural Valley), 133 (Ebensburg),

Bailey Willis a étudié la structure du tronc principal des Appalaches; nous empruntons à ses travaux ce qui suit¹.

Les plis et les surfaces de chevauchement s'étendent ici sur plus de 720 kilomètres; les différents accidents tectoniques sont extraordinairement parallèles et très longs; l'un d'entre eux atteint 600 kilomètres. Les voûtes plongent en pente raide vers le N.W. et en pente douce vers le S.E.; sur leur bord N.W., des surfaces de chevauchement apparaissent. Bien que l'amplitude des dislocations soit considérable, on ne voit pas affleurer de roches inférieures au Cambrien. L'épaisseur des sédiments, en particulier du Dévonien, diminue considérablement vers le S.W. Willis distingue quatre types de structure : 1° plis ouverts (Pennsylvanie et partie orientale de la Virginie, c'est-à-dire région de la virgation forcée); — 2° plis étroits (la « Grande Vallée » des Appalaches, c'est-à-dire essentiellement une zone de sédiments paléozoïques anciens située en avant de la zone précambrienne); — 3° plissement et chevauchement suivant des surfaces de glissement (fig. 122), c'est-à-dire structure en écailles (Sud de la Virginie, Tennessee, Géorgie); — 4° plissement avec schistosité, c'est-à-dire action dynamique puissante (cette zone ne doit guère pouvoir se distinguer de celle du Piedmont).

Particulièrement intéressantes sont les circonstances dans lesquelles le plissement des zones externes (1° et 3°) passe vers le Sud-Ouest à la structure imbriquée.

On compte jusqu'à dix écailles de ce genre, l'une en arrière de l'autre, sur la même coupe transversale des zones externes. Mais sur la Coosa River, au Sud de la limite de la Géorgie et de l'Alabama, les bords des deux écailles les plus orientales se replient de manière à faire presque un angle droit, et chevauchent largement par-dessus les écailles qui les précèdent à l'Ouest, *celles-ci conservant la direction normale N.E.-S.W., avec une légère concavité* (fig. 123).

Par la description qu'en a donnée C. W. Hayes, on apprend encore ce qui suit. La première surface de charriage (*Rome Fault*) fait partie d'un accident connu sur une distance de 440 kilomètres; le chevauchement atteint au moins 7 kilomètres. Au près de Resaca, il existe

146 (*Rogersville*), 160 (*Accident-Grantsville*) et 170 (*Mercersburg-Chambersburg*) du *Geologic Atlas of the United States*, avec coupes et notices explicatives. Washington, 1902-1909; et l'article de R. T. Chamberlin, *The Appalachian Folds of Central Pennsylvania* (*Journal of Geol.*, XVIII, 1910, p. 228-251).]

1. Bailey Willis, *The Mechanics of Appalachian Structure* (U. S. Geol. Survey, 13th Ann. Rept., 1891-92, pt. 2, p. 211-281, pl. XLVI-XCVI; voir notamment la carte pl. LV, p. 232). [Voir aussi Bailey Willis, *Paleozoic Appalachia, or the History of Maryland during Paleozoic Time* (Maryland Geol. Survey, vol. IV, 1902, p. 21-93, pl. I-XII); et, dans *L'Année Cartographique* de F. Schrader, XV, 1904, la carte : *Monts Appalaches et Grands Lacs Canadiens*, avec notice par Emm. de Margerie.]

une fenêtre de 3 kilomètres de long, qui laisse voir le Carbonifère sous les couches cambriennes. Des lambeaux isolés se rencontrent au delà du bord de l'écaille, dans de petits synclinaux compris entre des anticlinaux de formation secondaire, affectant à la fois les deux écailles et postérieurs au charriage (fig. 124). L'amplitude du chevauchement

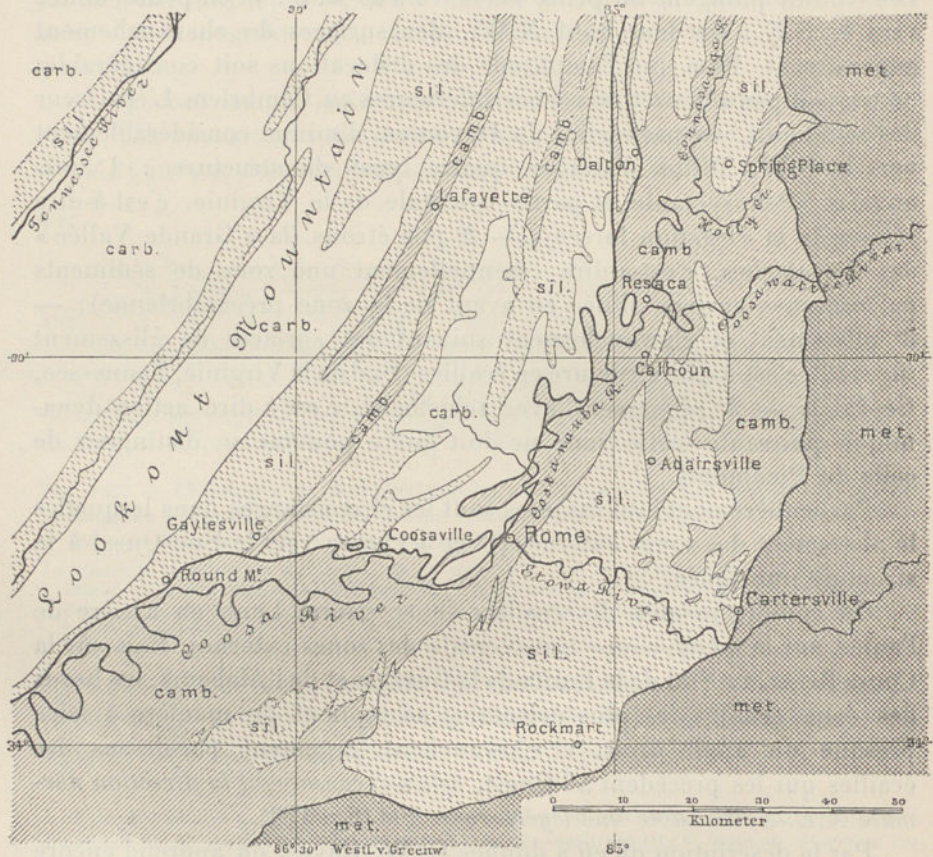


FIG. 123. — Recouvrements de la bordure concave des Appalaches, d'après C. Willard Hayes (Bull. Geol. Soc. of America, II, 1890, pl. 2).

met. Roches métamorphiques; camb. Cambrien; sil. Silurien; carb. Carbonifère. — Les traits forts représentent les surfaces de charriage, les traits fins ponctués les failles appalachiennes ordinaires. — Échelle de 1 : 1 111 000 environ.

suivant la deuxième surface de charriage (*Cartersville Fault*) est de 17 kilomètres au moins; peut-être le chevauchement a-t-il été précédé d'une période d'érosion¹.

1. C. Willard Hayes, *The Overthrust Faults of the Southern Appalachians* (Bull. Geol. Soc. of America, II, 1890, p. 141-154, pl. II, III : carte et coupes) [et *Geology of a portion of the Coosa Valley in Georgia and Alabama* (Ibid., V, 1894, p. 463-480, pl. 18)]; C. W. Hayes and

L'exploration du bassin houiller de la Cahaba, situé au S.W., par Squire, et de son pourtour par Eug. A. Smith, puis la description du bassin de la Coosa donnée par Mac Calley ont montré que le nombre des surfaces de chevauchement successives, ainsi que l'amplitude de la dislocation, est très considérable¹.

A partir de là, la direction tourne à l'W.S.W. et tous les plis disparaissent bientôt sous la couverture crétacée de la dépression du Mississipi.

On a signalé précédemment (I, p. 747), sous le nom de *Cincinnati Uplift*, un long bombement peu marqué, situé en avant des Appalaches, et on l'a comparé aux parmas de l'Oural. Au Sud-Est de

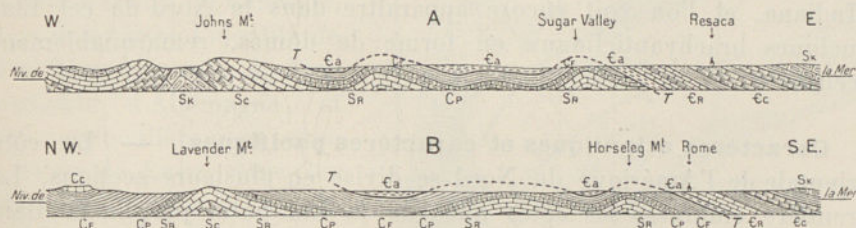


FIG. 124. — Coupes des recouvrements de la Georgie, d'après C. Willard Hayes (Bull. Geol. Soc. of America, II, 1890, pl. 3, fig. 1 et 2).

A. Environs de Resaca; B. Environs de Rome. — Cambrien : Ca. Coosa shale; Cr. Grès de Rome; Cc. Conasauga shale. Silurien : Sk. Dolomie de Knox; Sc. Calcaire de Chickamauga; Sr. Couches de Rockwood. Carbonifère : Cp. Fort Payne chert; Cf. Floyd shale; Cc. Terrain houiller; T, T. Rome thrust fault. — Échelle de 1 : 160 000 environ.

Nashville, dans le Tennessee, le calcaire de Trenton (Silurien inférieur) arrive au jour sur une grande largeur et forme le sous-sol de la plaine. Du côté du N.E., à travers le Kentucky et jusqu'à la limite de l'Ohio,

M. R. Campbell, *Geomorphology of the Southern Appalachians* (National Geogr. Magazine, Washington, VI, 1894, p. 63-126, pl. 4-6 : cartes). [Voir aussi le t. I du présent ouvrage, p. 746, et les folios suivants du *Geologic Atlas of the United States* : 32 (Franklin, W. Va.-Va.), 33 (Briceville, Tenn.), 35 (Godsden, Ala.), 44 (Tazewell, Va.-W.Va.), 59 (Bristol, Va.-Tenn.), 61 (Monterey, Va.-W.Va.), 75 (Maynardville, Tenn.), 77 (Raleigh, W.Va.), 78 (Rome, Ga.-Ala.), 90 (Cranberry, N.C.-Tenn.), 116 (Asheville, N.C.-Tenn.), 118 (Greeneville, Tenn.-N.C.), 124 (Mount Mitchell, N.C.-Tenn.), 143 (Nantahala, N.C.-Tenn.), 147 (Pisgah, N.C.-S.C.), 151 (Roan Mountain, Tenn.-N.C.), avec coupes et notices explicatives, Washington, 1896-1907.]

1. J. Squire, *Report on the Cahaba Coal Field, with an Appendix on the Geology of the Valley Regions adjacent to the Cahaba Field*, by Eug. A. Smith (Alabama Geol. Survey. In-8°, 189 p. 7 pl., 1 carte, 1890; voir, en particulier, Smith, p. 139 et suiv.); Eug. A. Smith, *Underthrust Folds and Faults* (Amer. Journ. of Sc., 3^e ser., XLV, 1893, p. 305-306); H. Mc Calley, *Report on the Valley Regions of Alabama*, pt. II, *The Coosa Valley Region*. In-8°, 862 p., 35 pl. (Alabama Geol. Survey, 1897; en particulier p. 27 et suiv.). [Voir aussi la *Geological Map of Alabama* publiée par le Geol. Survey of Alabama, Montgomery, Ala., 1894; Charles Butts, *The Northern Part of the Cahaba Coal Field* (U. S. Geol. Survey, Bull. n° 316, 1907, p. 76-115, pl. V : carte et coupes); E. F. Burchard, Charles Butts and E. C. Eckel, *Iron Ores, Fuels, and Fluxes of the Birmingham District, Alabama* (Id., n° 400, 1910, 204 p., 17 pl. dont 1 grande carte géol. à 1 : 125 000).]

viennent d'autres affleurements. L'angle d'inclinaison est partout faible. Le fait que le calcaire de Trenton est pétrolifère a provoqué des sondages, et l'on sait aujourd'hui que les affleurements ne donnent qu'une image incomplète de ce long bombement souterrain. La ligne maîtresse va de Nashville vers le N.E. Elle est constituée dans le Nord par plusieurs larges voûtes, qui s'abaissent peu à peu et sont descendues à de grandes profondeurs avant même d'atteindre l'extrémité occidentale du Lac Erié, à peu près entre Sandusky et Toledo. A l'Ouest de celles-ci court un autre anticlinal souterrain, parallèle et un peu plus accentué, l'axe de Lima ou de Findlay, qui, près de Sylvania, arrive à la limite du Michigan¹. Enfin un large bombement s'étend de Cincinnati dans l'Indiana, et l'on voit encore apparaître dans le Nord de cet État quelques brachyanticlinaux en forme de dômes, remarquablement accusés².

Caractères atlantiques et caractères pacifiques. — La côte orientale de l'Amérique du Nord se divise en plusieurs sections. La première embrasse les côtes nues de la Laurentia jusqu'à la Baie Blanche dans l'Île de Terre-Neuve (51° de lat. N.). La deuxième, formée par les parties des Appalaches qui émergent de l'Océan, s'étend à peu près jusqu'à Martha's Vineyard (entre 42° et 41° de lat. N.). La troisième comprend une bordure de sédiments secondaires et tertiaires horizontaux, qui s'appuient en discordance contre le flanc interne des Appalaches. En Georgie et dans l'Alabama, cette bordure recule de plus en plus à l'intérieur des terres et fait place aux dépôts néogènes ou plus récents de la Floride et de la Louisiane.

a. Au voisinage de l'extrémité septentrionale de cette bordure, à l'Ouest et au Sud-Ouest de Boston, des lambeaux de terrain *houiller* productif se sont affaissés, suivant des cassures limitant de véritables fossés, dans les roches du Piedmont Plateau. Le plus grand forme le bassin coudé de Narragansett (fig. 125), dont la partie méridionale, de direction N.-S., traverse le Rhode Island et arrive à la mer. Ses couches de houille correspondent aux parties supérieures de l'étage de Schatzlar³.

1. E. Orton, First Annual Report of the Geological Survey of Ohio, 3d Organization. Columbus, 1890, p. 45-54.

2. A. J. Phinney, *The Natural Gas Field of Indiana* (U. S. Geol. Survey, 14th Ann. Rept., 1889-90, pt. 1, p. 643-653, pl. LXIV-LXVI); E. M. Kindle, *The Niagara Domes of Northern Indiana* (Amer. Journ. of Sc., 4th ser., XV, 1903, p. 459-468).

3. N. S. Shaler, J. B. Woodworth and A. E. Foerste, *Geology of the Narragansett Basin* (U. S. Geol. Survey, Monograph XXXIII, 1899). In-4°, xx-402 p., 31 pl. dont 2 cartes géol. Le terrain carbonifère de la moitié septentrionale de cette fosse est plissé, mais la coupe de la p. 27 montre que le plissement est un effet secondaire de l'affaissement. Pour l'âge des couches, voir D. White, Monograph XXXVII, p. 285.

En Europe, à la même époque, le côté interne de l'édifice varisque, déjà arasé de même, a été le siège de transgressions limniques considérables (II, p. 407), particulièrement en Bohême. Dans le bassin de la Sarre, il se produisit un affaissement linéaire comme celui du bassin de Narragansett.

b. Le *Newark System* est formé par de vastes paquets de sédiments à empreintes végétales. Stur, se fondant sur les travaux de Fontaine, a pu démontrer l'identité de leur flore avec celle du Lettenkohle d'Allemagne, et plus particulièrement avec la flore de Lunz, dans les Alpes Orientales¹. A cela s'ajoute l'apparition, dans les couches de Newark, de Crocodiliens du genre *Belodon*, qui appartiennent aussi au Keuper supérieur d'Allemagne. De même, des Poissons (*Catopterus*) apparentés au genre *Semionotus* indiquent plutôt le Keuper supérieur.

Le système de Newark forme une longue série de compartiments, généralement allongés vers le S.W., suivant une direction à peu près parallèle à celle des Appalaches, et s'étendant sur 960 kilomètres, du fond de la Baie de Fundy à la limite commune des deux Carolines. Davis, Darton, Russell, Hobbs et d'autres savants en ont fait l'objet de leurs recherches, et Russell a coordonné tous les résultats.

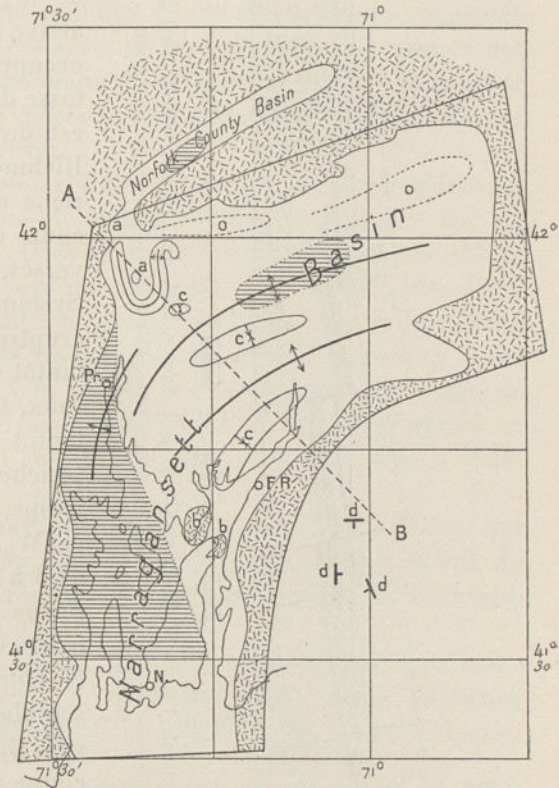


Fig. 125. — Croquis du Bassin houiller de Narragansett (Massachusetts et Rhode Island), d'après Shaler, Woodworth et Foerste (*U. S. Geol. Survey, Monograph XXXIII, 1899, fig. 6 et 7, p. 120 et 121*).

Le trait noir, extérieur au bassin houiller (blanc), est destiné à indiquer sa forme générale. — AB. Ligne traversant les synclinaux les plus profonds; aa. Ilot granitique et cambrien de Hoppin Hill et massif de quartz de Diamond Hill; bb. Gneiss et granite de Bristol; cc. Synclinaux remplis de conglomérats; oo. Synclinaux longeant la bordure Nord du bassin; dd. Direction de la schistosité dans le gneiss aux environs de New Bedford. Les hachures horizontales représentent l'extension du faciès métamorphique. — F. R. Fall River; N. Newport; Pr. Providence. — Échelle de 1 : 1 000 000.

1. W. M. Fontaine, *Contributions to the Knowledge of the Older Mesozoic Flora of Virginia*.

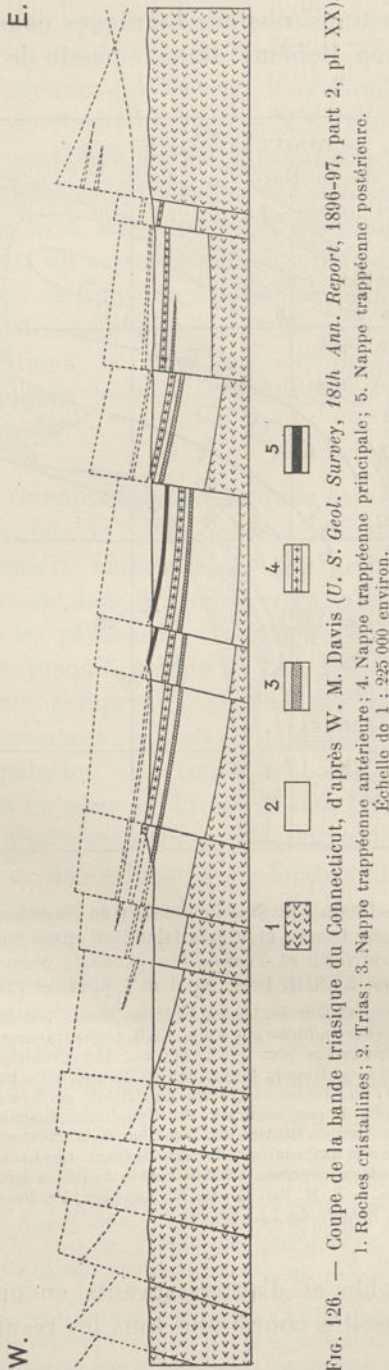


Fig. 126. — Coupe de la bande triasique du Connecticut, d'après W. M. Davis (U. S. Geol. Survey, 18th Ann. Report, 1896-97, part 2, pl. XX).
 1. Roches cristallines; 2. Trias; 3. Nappe trappéenne principale; 4. Nappe trappéenne antérieure; 5. Nappe trappéenne postérieure.
 Échelle de 1 : 225 000 environ.

tats antérieurs¹. Le compartiment allongé du N. au S., sur 170 kilom. de distance, qui comprend une partie de la vallée du Connecticut et qui arrive à la mer près de New Haven, occupe, comme on l'a déjà dit, une fosse d'effondrement (fig. 126). Il en est de même du compartiment de Richmond, long de 50 kilom. et riche en couches de houille; beaucoup d'autres sont limités ou traversés par des failles. Au Newark System sont associées des roches éruptives basiques, qui se présentent tantôt en dykes plus ou moins verticaux, tantôt en filons-lits intrusifs et tantôt en nappes superficielles d'épanchement. C'est le bord d'une nappe de ce genre, inclinée vers le N. W., qui forme, sur une largeur de 8 à 16 kilomètres et sur une longueur de 190 kilomètres, la côte orientale de la Baie de Fundy, et aussi le Digby Neck, bande étroite qui, semblable à un *lido*, ferme la St. Mary's Bay. Un filon-lit intrusif, qui coupe les couches en biseau, forme les « Palissades » de la rive droite du bas Hudson; au voisinage de New York, il atteint 260 mètres d'épaisseur. En Pennsylvanie, H. C. Lewis a suivi un filon sur 144 kilomètres;

In 4°, xi-144 p., 54 pl. (U. S. Geol. Survey, Monograph VI, 1883); D. Stur, *Die Lunzer (Lethenkohlen-) Flora in den « Older Mesozoic Beds of the Coal-Field of Eastern Virginia »* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1888, p. 203-217); Lester F. Ward, *Status of the Mesozoic Floras of the United States. First Paper: The Older Mesozoic* (U. S. Geol. Survey, 20th Ann. Rept., 1898-99, pt. 2, p. 211-315, pl. XXI-XLVIII).

1. Isr. C. Russell, *Correlation Papers. The Newark System* (U. S. Geol. Survey, Bull. n° 85, 1892, 344 p., 13 pl. dont 7 cartes); [W. M. Davis, *The Triassic Formation of Connecticut* (U. S.

d'après Williams, ce dyke se poursuit peut-être sur 48 kilomètres de plus dans le Maryland ¹. Dans le Sud, bien que les sédiments de Newark fassent défaut, on peut suivre ces filons jusque dans l'Alabama; ils épousent de plus en plus fidèlement la direction générale du plissement. La limite méridionale de visibilité de ces affleurements, marquée par le bord de la couverture crétacée, se trouve à 1600 kilomètres des affleurements les plus septentrionaux de la Baie de Fundy; la largeur de la zone qui comprend ces dykes et nappes basiques est évaluée par Russell à 320 kilomètres environ.

c. Zone du Potomac. Les lambeaux précités de Carbonifère et de Newark ne contiennent pas de fossiles marins et reposent sur les roches du Piedmont Plateau. C'est seulement en dehors de ces affleurements que commence la bordure atlantique horizontale (fig. 127). Les principaux termes en sont : le groupe du Potomac, la formation du Raritan (Amboy Clays), la transgression sénonienne marine et les couches tertiaires marines. A la vérité, il s'est produit en outre de multiples déplacements des rivages, mais cette bordure correspond en somme au contour actuel du continent, jusqu'à ce que, dans le Sud, elle recule vers l'Ouest ².

Elle comprend des termes inférieurs (Potomac et Raritan), qui n'ont fourni que des plantes terrestres et quelques rares débris de Reptiles et qui sont souvent réunis sous le nom de *zone du Potomac*, et des termes supérieurs, complètement marins.

A la limite du Jurassique et du Crétacé, une phase négative commence dans l'Europe Centrale (II, p. 459). Michalski a établi l'existence des marnes à Cyrènes du Wealdien jusqu'après de Thorn, en Pologne,

Geol. Survey, 18th Ann. Rept., 1896-97, p. 1-192, pl. I-X, dont 1 carte géol. pl. XIX]; N. S. Shaler and J. B. Woodworth, *Geology of the Richmond Basin, Virginia* (Id., 19th Ann. Rept., 1897-98, pt. 2, p. 385-519, pl. XVIII-LII, dont 1 carte géol. pl. XXXI); W. H. Hobbs, *The Newark System of Pomperaug Valley, Connecticut* (Id., 21st Ann. Rept., 1899-1900, pt. 3, p. 7-162, pl. I-XVII, cartes). Le catalogue des publications relatives au Newark System, donné par Russell en 1892, n'occupe pas moins de 200 pages (p. 140-339). [Voir aussi J. Volney Lewis, *The Origin and Relations of the Newark Rocks* (Geol. Survey of New Jersey, Ann. Rept. for 1906, p. 99-129, pl. XXVIII, XXIX : cartes).]

1. H. Carvill Lewis, *A Great Trap Dyke across Southeastern Pennsylvania* (Proc. Amer. Phil. Soc., Philadelphia, XII, 1885, p. 438-456, carte).

2. W. J. Mc Gee, *The Lafayette Formation* (U. S. Geol. Survey, 12th Ann. Rept., 1890-91, pt. 1, p. 347-521, pl. XXXII-XLI, dont 5 cartes); N. H. Darton, *Outline of the Cenozoic History of a Portion of the Middle Atlantic Slope* (Journal of Geol., Chicago, II, 1894, p. 568-587); W. B. Clark, *The Eocene Deposits of the Middle Atlantic Slope in Delaware, Maryland, and Virginia* (U. S. Geol. Survey, Bull. n° 141, 1896, 167 p., 40 pl.); W. B. Clark, and G. C. Martin, *Maryland Geological Survey. Eocene*. In-8°, 331 p., 54 pl., Baltimore, 1901, carte, pl. I. [Voir aussi les volumes : *Miocene*, par W. B. Clark, G. B. Shattuck et W. H. Dall, 1904, clv-343 p., 9 pl. et atlas de 125 pl.; *Pliocene and Pleistocene*, par G. B. Shattuck, etc., 1906, 291 p., 75 pl.; et la carte : *Map of Maryland showing the geological Formations* (1 : 500 000) jointe au *Report on the Physical Features of Maryland* (Md. Geol. Survey, Special Publication, vol. VI, pts. I and II, 1906).]

au voisinage de la frontière allemande¹. Dans le Nord de la France et dans toute l'Angleterre, les dépôts marins du Néocomien inférieur sont inconnus. Sur la Charente et dans le Portugal, le Wealdien

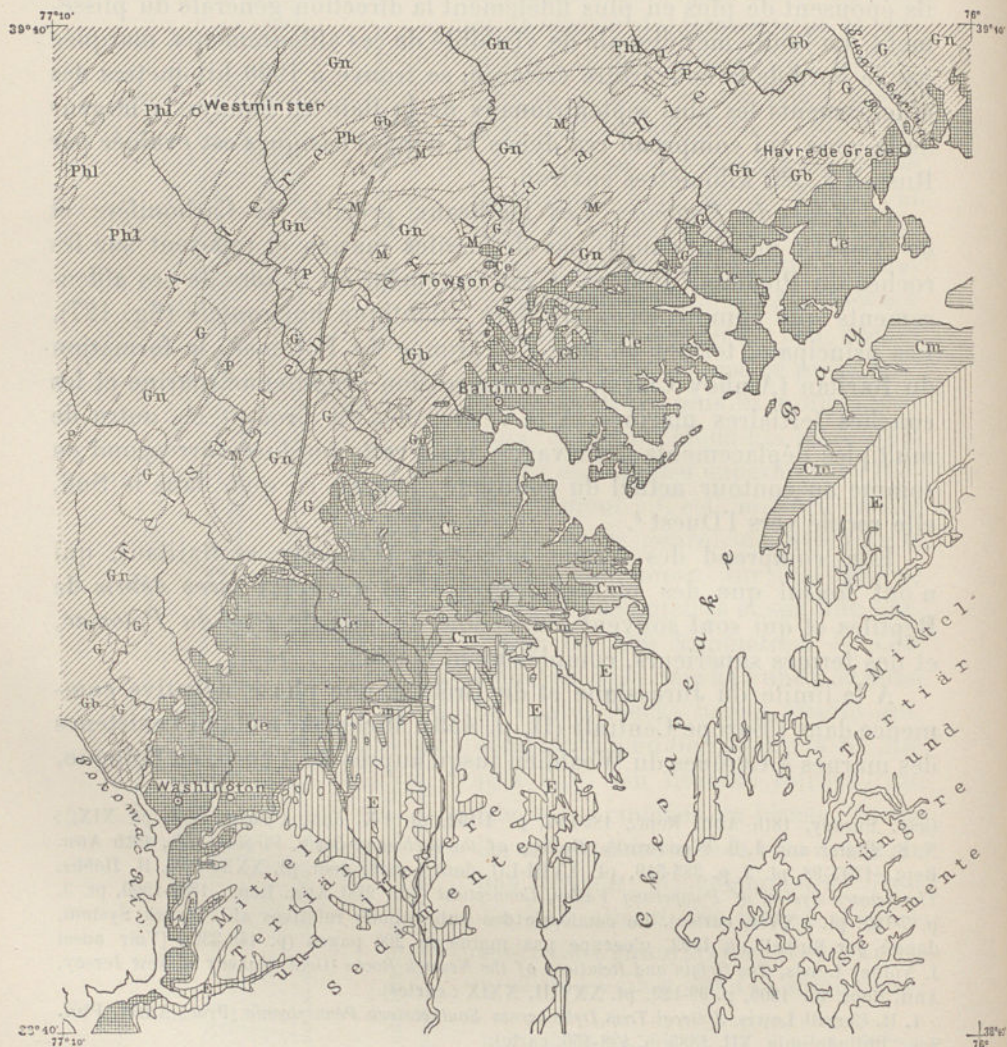


FIG. 127. — La bordure atlantique entre Washington et Baltimore, d'après la Carte du Maryland Geological Survey.

G. Gneiss et Micaschistes; Ph, Ph. Phyllades et calcaires (Terrains paléozoïques modifiés); M. Marbre; G. Granite; Gb. Gabbro; P. Péridotite et serpentine; C. Crétacé inférieur (Potomac); Cm. Sénonien marin; E. Éocène. — Échelle de 1 : 840 000.

arrive jusqu'à l'Océan. Les faits observés montrent qu'il faut tracer la limite entre le Jurassique et le Crétacé de manière à attribuer les

1. A. Michalski, Sur la présence du Wealdien et du Néocomien dans la partie nord-ouest de la Pologne, r. f. (Bull. Comité Géol. St.-Petersbourg, XXII, 1903, p. 339-364).

couches saumâtres du Purbeckien au Jurassique, tandis que les sables de Hastings et le Wealdien appartiennent au Néocomien inférieur et peut-être même en partie au Néocomien moyen.

La formation de la zone du Potomac a commencé pendant cette phase négative. Dans le Maryland, on trouve à la base des arkoses, et au-dessus des argiles. Les couches inférieures contiennent une flore wealdienne et néocomienne. Au-dessus vient la formation du Raritan. Un examen des gisements portugais, dans lesquels Choffat et De Saporta ont reconnu l'association de flores terrestres avec des faunes marines à l'époque crétacée, a permis à Ward de démontrer que la flore du Raritan correspond au Vraconnien, c'est-à-dire à la limite du Gault et du Cénomaniens¹.

La flore du Potomac est connue au Sud de Philadelphie, à travers le Maryland, jusqu'au Nord de la Virginie. Nous aurons encore à en signaler des affleurements beaucoup plus méridionaux. La flore du Raritan s'étend de Martha's Vineyard au Maryland. Ward a montré qu'elle est identique à la flore de la formation de Tuscaloosa, dans l'Alabama, laquelle se présente dans des conditions analogues.

d. Au-dessus de cette bordure interne, non marine, vient la *transgression marine* du Sénonien supérieur. De Martha's Vineyard, elle se poursuit à travers les Carolines, la Georgie et l'Alabama, puis, coupant perpendiculairement la direction des Appalaches, elle tourne à l'intérieur de la vallée du Mississipi (I, p. 367, fig. 62; II, p. 508).

La partie interne de la bordure tourne ensuite vers le Nord, jusqu'au delà du confluent de l'Ohio, et, au N. de 37°, s'infléchit vers le S.S.W., de manière à envelopper la dépression du Mississipi. Dans ces parages, c'est-à-dire dans le Sud-Est du Missouri et le Nord-Est de l'Arkansas, on ne voit qu'un escarpement continu des terrains anciens qui se poursuivent au S.W. jusqu'au delà de Little Rock (Arkansas); alors, un peu au N. de 34°, se produit un changement. Tandis que la zone tertiaire se prolonge dans la direction du S.W. par delà le Rio Grande, jusqu'au Mexique, le bord interne de la formation crétacée tourne à l'Ouest, suivant un tracé sensiblement rectiligne². Il passe

1. Lester F. Ward, *The Potomac Formation* (U. S. Geol. Survey, 15th Ann. Rept., 1893-94, p. 307-397, pl. II-IV); le même, *Some Analogies in the Lower Cretaceous of Europe and America* (Id., 16th Ann. Rept., 1894-95, part I, p. 463-540, pl. XCVII-CXII), et *Status of the Mesozoic Floras of the United States* (U. S. Geol. Survey, Monograph XLVIII, 1905, en particulier p. 374 et suiv.); O. C. Marsh, *The Jurassic Formation on the Atlantic Coast* (Amer. Journ. of. Sc., 4th ser., II, 1896, p. 433-447; et VI, 1898, p. 105-115); W. B. Clark and A. Bibbins, *The Stratigraphy of the Potomac Group in Maryland* (Journal of Geol., Chicago, V, 1897, p. 479-506), et *Geology of the Potomac Group in the Middle Atlantic Slope* (Ibid., XIII, 1902, p. 187-214, pl. 22-28, dont 2 cartes géol.).

[2. A. C. Veatch, *Geology and Underground Water Resources of Northern Louisiana and*

au pied méridional des Monts Ouachita et, presque parallèlement à la Rivière Rouge, pénètre dans les réserves des Indiens Choctaw et Chickasaw et dans l'Oklahoma jusqu'au delà du 100^e méridien. Dans cette vaste étendue, et jusqu'aux Cordillères du Nouveau-Mexique, s'élèvent les plates-formes crétacées du Texas.

Les recherches de R. T. Hill et de son collaborateur Vaughan nous ont donné une image expressive de cette vaste région¹. Le Texas (688 340 kilom. carrés) est plus grand que l'Autriche-Hongrie (625 557 kilom. carrés), que l'Empire Allemand (540 484 kilom. carrés) ou que la France (536 408 kilom. carrés). La Craie horizontale, y compris une bande située au delà de la Rivière Rouge, occupe à elle seule 440 000 kilomètres carrés. A l'Est, elle plonge normalement sous la bordure tertiaire. A l'Ouest, elle est englobée dans les plissements des Cordillères et se poursuit au Mexique avec des caractères peu différents. Vers le Nord, elle s'étend en lambeaux discontinus dans le Kansas et l'Oklahoma. Or, la flore néocomienne du Potomac apparaît dans son terme le plus inférieur, les Trinity Sands², et ses niveaux les plus élevés correspondent au Sénonien supérieur du Maryland; on voit donc que la puissante série sédimentaire de la Craie du Texas s'est formée tout entière dans le même espace de temps que la bordure atlantique du Maryland et du New Jersey, et qu'elle n'est autre chose qu'un élargissement et un épaississement de cette bordure. Il s'y est intercalé de l'Aptien, et surtout une épaisseur considérable de Cénomaniens³.

Southern Arkansas. (U. S. Geol. Survey, Professional Paper n° 46). In-4°, 422 p., 51 pl. dont 1 carte géol. à 1 : 1 000 000, pl. III, 1906.]

1. Rob. T. Hill, *Geography and Geology of the Black and Grand Prairies, Texas, with detailed descriptions of the Cretaceous Formations and special reference to Artesian Waters* (U. S. Geol. Survey, 21st Ann. Rept., 1899-1900, pt. 7, p. 1-666, pl. I-LXXI, cartes); le même, *Topographic Atlas of the United States*, folio 3, *Physical Geography of the Texas Region*, in-folio, 1900; R. T. Hill et T. Wayland Vaughan, *Geology of the Edwards Plateau and Rio Grande Plain adjacent to Austin and San Antonio, Texas* (U. S. Geol. Survey, 18th Ann. Rept., 1896-97, pt. 2, p. 193-321, pl. XXI-LXIV, cartes). Voir aussi R. T. Hill, *On Outlying Areas of the Comanche Series in Kansas, Oklahoma and New Mexico* (Amer. Journ. of Sc., 3d ser., L, 1895, p. 205-234), et T. W. Vaughan, *Additional Notes on the Outlying Areas of the Comanche Series* (Ibid., 4th ser., IV, 1897, p. 43-50). [Voir aussi les folios 42 (Nueces), 64 (Uvalde) et 76 (Austin) du *Geologic Atlas of the United States*, Washington, 1898-1902.]

2. Hill, U. S. Geol. Survey, 21st Ann. Rept., pt. 7, p. 165; W. M. Fontaine, *Notes on Some Fossil Plants from the Trinity Division of the Comanche Series, of Texas* (Proc. U. S. National Mus., XVI, 1893, p. 261-282, pl. XXXVI-XLIII); L. F. Ward, *Monograph XLVIII*, p. 326.

3. Les « Trinity Sands » sont, d'après Hill, des sables et argiles transgressifs. Ils renferment une flore néocomienne et aussi des fossiles marins aptiens (H. Douvillé, Bull. Soc. Géol. de Fr., 3^e sér., XXVI, 1898, p. 387; W. Kilian, *ibid.*, 4^e sér., II, 1902, p. 358; *Hoplites furcatus*). Au-dessus viennent les sables calcaires, et d'abord la « Fredericksburg Division », que Hill signale comme le plus important des termes transgressifs; sa puissance, vers le Rio Grande, est supérieure à 200 m., mais diminue du côté de la terre. Le terme supérieur, dit « Edwards Limestone » (Calcaire à Rudistes), est placé par Douvillé dans le Gault supérieur, plutôt que dans le Cénomaniens inférieur, tandis que G. Böhm a démontré son équiva-

Les calcaires crétacés du Texas ont été découpés par l'érosion en plates-formes distinctes, savoir : *a.* le *Llano Estacado*, limité au Nord par la Rivière Canadienne, à l'Ouest par le Pecos; *b.* l'*Edwards Plateau*, qui le prolonge au S.E., limité au Sud par le Balcones Escarpment, lequel correspond à une zone de failles qui se suit vers le N.N.E. bien au delà du fleuve Colorado; *c.* à l'Ouest du Pecos, le petit *Plateau de Stockton*, qui s'étend jusqu'aux Cordillères; et enfin, *d.* la masse continue de la *Lampasas Cut Plain* et de la *Grand Prairie*, dont fait partie la zone bordière du Nord, sur la Rivière Rouge, et la *Black Prairie*, qui en est séparée par un long talus (fig. 128). Il faut ajouter à l'Ouest et au Nord-Ouest quelques lambeaux, restés accrochés aux Cordillères, dont certains sont redressés et portés à de grandes altitudes.

Les grands plateaux *a.*, *b.* et *d.* enveloppent au centre du Texas un vaste espace, vers lequel ils tournent leurs falaises d'érosion et dans lequel affleure le substratum du terrain crétacé. Dans le *Burnet County*, en amont d'Austin, sur le Colorado, des roches anciennes se montrent au jour. D'après les indications de Comstock, on y rencontre du gneiss archéen et du granite gneissique, de direction N. 75° W., puis des schistes précambriens fortement redressés, de direction dominante N. 36° W.¹. Des forages pratiqués au sommet

lence avec les calcaires des Schiosi dans les Dinarides, et par conséquent avec le Cénomanién supérieur (Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch., L, 1898, p. 331). Hill cite *Sphenodiscus pedernalis* (d'après Douvillé in De Grossouvre, *Les Ammonites de la Craie supérieure*, p. 140; certainement cénomanién supérieur) et *Ostrea Munsoni*, que je considère avec Choffat comme identique à *Chondrodonta Joannæ* Choff. des calcaires à Rudistes du Portugal et des couches des Schiosi (R. Hoernes, Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturwiss. Cl., CXI, 1902, Abth. I, p. 667). De même, l'étage qui surmonte l'horizon d'Edwards, l'étage de Washita, montre l'ascension d'un grand nombre d'espèces indigènes, et les rares formes européennes, comme *Alectryonia carinata*, indiquent encore le Cénomanién. Par-dessus vient le Grès du Dakota (étage de Woodbin's Hill), qui se coince vers le Sud sur le Brazos, par 31° 30' et qui, plus au Nord, marque le début de la série transgressive. Les rares coquilles marines qu'on y a signalées donnent toujours encore l'impression d'une faune cénomaniénne (A. de Lapparent, *Traité de Géologie*, 3^e éd., 1893, p. 1205). Ce grès renferme un flore de Dicotylédones bien connue. Au Sud du Brazos, les dépôts continuent à être calcaires; bientôt se montrent dans le calcaire d'Austin des espèces appartenant au sommet du Sénonien inférieur (*Mortoniceras Texanum*, accompagné comme en Europe par *Placenticeras Syrtale*); puis viennent les « Navarro beds » (Sénonien supérieur), avec *Gryphea vesicularis* et *Ostrea larva*; enfin, comme dernier niveau, les « Arkadelphia beds », mis à nu par l'érosion au-dessous du Tertiaire. Dans le Colorado et plus au Nord, on trouve, au lieu des calcaires supérieurs du Texas, des couches argilo-sableuses, qui surmontent directement l'étage du Dakota; ce faciès commence avec l'étage de Benton. Des nombreuses publications américaines nous nous bornerons à citer : C. A. White, *The Lower Cretaceous of the Southwest and its relation to the underlying and overlying formations* (Amer. Journ. of Sc., 3d ser., XXXVIII, 1889, p. 440-445); R. T. Hill, *Paleontology of the Cretaceous Formation of Texas* (Proc. Biol. Soc. Washington, VIII, 1893, p. 9-40 et 97-108, pl. I-VIII et XII-XIII); R. T. Hill and T. W. Vaughan, *The Lower Cretaceous Grypheas of the Texas Region* (U. S. Geol. Survey, Bull. n° 151, 1898, 139 p., 35 pl.). Voir en outre A. Heilprin, *The Geology and Paleontology of the Cretaceous Deposits of Mexico* (Proc. Acad. Nat. Sc. Philadelphia, 1890, p. 445-469, pl. 12, 14).

1. T. B. Comstock, *Report on the Geology and Mineral Resources of the Central Mineral*

de l'Edwards Plateau, au S.W. de Fredericksburg, ont atteint le granite sous la Craie à la profondeur de 55 mètres seulement (457 m. au-dessus de la mer) et, près de Kerrville, à 85 kilomètres au S.W. du Colorado, à la profondeur de 381 mètres (environ 152 m. au-dessus de la mer)¹.

Sur ce massif ancien, le Grès cambrien de Potsdam repose à plat et en discordance, dans la vallée du Colorado². Le Massif de Burnet n'est pas la continuation des Appalaches, mais un « Monadnock »,



FIG. 128. — Les plateaux crétacés du Texas, d'après R. T. Hill.

Si. Silurien; Cb. Carbonifère; P. Permien (« Red Beds »); Cr. Crétacé; Te. Tertiaire.
— Échelle de 1 : 12 500 000 environ.

c'est-à-dire une partie saillante du soubassement, due dans ce cas au nivellement imparfait d'un antique système de montagnes, arasé, comme le bouclier canadien, avant l'époque du Grès de Potsdam.

A ce grès succède le Silurien, puis le Carbonifère inférieur. Du Carbonifère supérieur entoure une partie du massif ancien et s'étend dans la direction du Nord³. Il apparaît dans une attitude horizontale

Region of Texas (2d Ann. Rept. Geol. Survey of Texas, 1890, p. 553-664, pl. XXI, XXII : cartes). La partie occidentale de cette région apparaît sur la belle carte géologique de Hill (U. S. Geol. Survey, 21st Ann. Rept., pt. 7, pl. LXVI).

1. Hill and Vaughan, *Geology of the Edwards Plateau*, p. 217, 271, 273.

2. C. D. Walcott, *Note on Paleozoic Rocks of Central Texas* (Amer. Journ. of Sc., 3d ser., XXVIII, 1884, p. 431-433).

3. Hill, U. S. Geol. Survey, 21st Ann. Rept., pt. 7, p. 91.

le long du pied Ouest de la Lampasas Cut Plain et de la Grand Prairie, de 31° 30' à 33° 30'; sous cette dernière, les sondages l'ont atteint au-dessous de la Craie encore à 64 kilomètres de distance du bord (Cb, fig. 128).

A l'Ouest de cette zone carbonifère, on trouve des couches de plus en plus récentes. Toutes s'inclinent doucement vers l'Ouest. On rencontre d'abord les termes supérieurs du Carbonifère, puis les grès rouges et les marnes du Permien. C'est dans ces marnes que se trouvent, à divers niveaux, les curieux Reptiles décrits par Cope; dans l'un des termes supérieurs apparaît une faune marine (*Popanoceras*, *Medlicottia*, etc.) qui est tout à fait étrangère à l'Est de l'Amérique¹. Plus haut encore viennent des argiles rouges avec du gypse, dont l'âge permien est indiqué par la présence du genre *Pleurophorus*. Ces couches rouges constituent une bonne partie du Bassin supérieur du Colorado et de la Rivière Rouge, et c'est à elles que ces deux cours d'eau doivent leurs noms. L'attribution au Trias des couches les plus élevées, vers l'Ouest, ne repose que sur l'existence de bois fossiles (P, fig. 128).

Le Texas présente donc, sous une série crétacée doucement inclinée vers l'E. ou le S.E., une autre série plus ancienne, qui est doucement inclinée vers l'W. L'inclinaison, toujours très faible, est originelle, et, à part quelques failles, on n'observe pas de perturbation tectonique postérieure au grès cambrien de Potsdam. On a supposé qu'il y avait eu des mouvements de bascule de l'ensemble du continent; mais il y a une explication plus simple, et répondant mieux aux faits.

Le Conte, Dana et d'autres savants ont depuis longtemps reconnu que certains caractères pacifiques s'étendent sur le versant oriental de la Cordillère. Perrin Smith parle en propres termes d'une Mer Pacifique carboniférienne et permienne dans l'Arkansas². Par contre, tout le Crétacé du Texas s'insère dans l'étroite bordure atlantique du Nord, et c'est une formation atlantique. *La plaine intérieure du Texas, entre le Llano Estacado et la Grand Prairie, est comme une fenêtre qui laisse*

1. C. A. White, *The Texan Permian and its Mesozoic Types of Fossils* (U. S. Geol. Survey Bull. n° 77, 1891, 51 p., 4 pl.); W. F. Cummins, *Report on the Geology of Northwestern Texas* (2d Ann. Rept. Geol. Survey of Texas, 1890, p. 394-430, pl. XVI, XVIII : coupes et carte). Un résumé des publications récentes est donné par Ch. S. Prosser, *Notes on the Permian Formations of Kansas* (Amer. Geologist, XXXVI, 1905, p. 142-161). [Voir aussi Ch. S. Prosser, *The Anthracolithic or Upper Paleozoic Rocks of Kansas and related Regions* (Journal of Geol., XVIII, 1910, p. 125-161); G. H. Girty, *The Fauna of the Caney Shale of Oklahoma* (U. S. Geol. Survey, Bull. 377, 106 p., 13 pl., 1909); Willis T. Lee and G. H. Girty, *The Manzano Group of the Rio Grande Valley, New Mexico* (Id., Bull. 389, 141 p., 12 pl., 1909). [Sur le Permien marin du Texas Occidental, voir la monographie de G. H. Girty, *The Guadalupian Fauna* (U. S. Geol. Survey, Professional Paper 58). In-4°, 651 p., 31 pl., Washington, 1908.]

2. J. Perrin Smith, *Marine Fossils from the Coal Measures of Arkansas* (Proc. Amer. Phil. Soc., XXXV, n° 152, 1896, p. 243-285, pl. XVI-XXIV, en particulier p. 228 et suiv.).

voir, sous la série atlantique inclinée vers l'Est, la série pacifique inclinée vers l'Ouest.

Les sédiments pacifiques se poursuivent vers le Nord, dans l'Oklahoma et le Kansas, mais leurs caractères pacifiques ne s'observent que dans la faune marine. Dans le Kansas, on voit déjà apparaître, un peu au-dessous des Red Beds typiques, *Callipteris conferta*, indice de la flore permienne de Dunkard, laquelle représente, dans la Virginie Occidentale, le Sud-Ouest de la Pennsylvanie et jusque dans le Nouveau-Brunswick, le Rothliegende inférieur d'Europe. En Allemagne, on pourrait dire que cette série est la couverture post-varisque. Elle entoure en discordance les Monts Ouachita, au Nord de la Rivière Rouge, et en atteste ainsi l'âge anté-permien.

Transportons-nous de 8 à 10 degrés de latitude plus au Nord, entre 43° et 45° de lat. N., dans le Minnesota, où la bordure occidentale du bouclier canadien se cache sous les accumulations glaciaires. Par 96° 30' de long. W., à la limite de cet État et du Dakota du Sud, sur la Grande Rivière des Sioux, on voit affluer, sous les amas morainiques et sous des lambeaux crétacés, un quartzite ancien et, en outre, plus au Nord, du granite. Plus à l'Ouest encore, au moins jusque par 98° 30', les sondages révèlent la présence de quartzite ancien et de granite sous les grès aquifères du Dakota¹.

Plus loin encore vers l'Ouest, entre les 103° et 104° méridiens, on arrive aux Black Hills (I, p. 751). Nous suivrons les récentes indications de Ward et de Darton². Sur du granite ancien et des schistes reposent en discordance, comme dans le Massif de Burnet, des Grès cambriens. Vient ensuite le Calcaire carbonifère, puis une série rouge à gypse et *Bakewellia*, tout à fait semblable au Permien du Kansas et

1. N. H. Darton, *Preliminary Report on Artesian Waters of a Portion of the Dakotas* (U. S. Geol. Survey, 17th Ann. Rept., 1895-96, pt. 2, p. 603-694, pl. LXIX-CVII; en particulier carte C, p. 672); et *Preliminary Report on the Geology and Underground Water Resources of the Central Great Plains* (U. S. Geol. Survey, Prof. Pap. n° 32. In-4°, 433 p., 72 pl. dont 1 grande carte géol., 1905). Voir aussi S. W. Beyer, *The Sioux Quartzite and certain associated rocks* (Iowa Geol. Survey, VI, 1896, p. 67-112, 2 cartes). [Voir en outre N. H. Darton, *Geology and Underground Waters of South Dakota* (U. S. Geol. Survey, Water-Supply Paper 227). In-8°, 156 p., 15 pl., 1909; en particulier cartes I, X et XI.]

2. Lester F. Ward, *The Cretaceous Formation of the Black Hills as indicated by the Fossil Plants* (U. S. Geol. Survey, 19th Ann. Rept., 1897-98, pt. 2, p. 521-946, pl. LIII-CLXXII), et G. R. Wieland (in *Monograph LXVIII*, 1905, pt. 1, p. 317-326); N. H. Darton, *Preliminary Description of the Geology and Water Resources of the Southern Half of the Black Hills and adjoining regions in South Dakota and Wyoming* (21st Ann. Rept., 1899-1900, pt. 4, p. 489-599, pl. LVIII-CXII, cartes); le même, *Jurassic Formations of the Black Hills of South Dakota* (Bull. Geol. Soc. of America, X, 1899, p. 383-396, pl. 42-44), et *Comparison of the Stratigraphy of the Black Hills, Bighorn Mountains, and Rocky Mountain Front Range* (Ibid., XV, 1904, p. 379-448, pl. 23-36). [Voir aussi N. H. Darton, *Geology and Water Resources of the Northern Portion of the Black Hills and adjoining Regions in South Dakota and Wyoming* (U. S. Geol. Survey, Professional Paper 65). In-4°, 105 p., 24 pl. dont 1 carte géol., 1909.]

du Texas, sur laquelle repose une formation nettement pacifique, le Grès jurassique à *Cardioceras* (étage de Sundance). Après un grès dépourvu de fossiles viennent les marnes feuilletées des couches à *Atlantosaurus*, qui ont fourni les Reptiles géants et que Marsh rapporte au Jurassique.

À la suite des couches à *Atlantosaurus* vient une période d'érosion, pendant laquelle l'alluvionnement fut si considérable qu'on trouve, intercalées dans les dépôts, des veines de houille exploitables contenant la flore du Potomac inférieur (étage de Lakota). Cette époque marque le début de la série des couches de la bordure atlantique. Ici encore, le contraste des formations pacifiques et atlantiques est limité aux dépôts marins. C'est l'époque du Wealdien et du Néocomien, et en même temps l'expression de la phase négative qui sépare le Jurassique du Crétacé, phase qui est aussi manifeste ici que dans la Presqu'île de Purbeck, par exemple.

Des forêts de Cycadées ont également laissé des traces dans les Black Hills. Plus haut, des arbres à feuilles sont enfouis dans les grès du Dakota. Vient ensuite, là encore, la transgression du Crétacé supérieur marin.

Nous n'irons pas plus loin pour le moment. Nous avons voulu seulement, en rapprochant la bordure atlantique de l'Est, la fenêtre du Texas et l'intercalation de la flore du Potomac (étage de Lakota) dans les sillons d'érosion des Black Hills, rappeler une fois de plus l'amplitude et l'uniformité extraordinaire des phénomènes qui annoncent le passage d'une formation à la suivante.

Les Appalaches au delà du Mississipi. — Lorsque le premier rapport du Service géologique de l'Arkansas parut, en 1888, il annonça l'existence d'une chaîne de hauteurs atteignant 600 à 700 mètres qui, commençant au Sud de Little Rock, s'étend du voisinage de 92° à 100° de long. W., en formant la ligne de partage entre la Rivière Canadienne prolongée par l'Arkansas au Nord et la Rivière Rouge au Sud. Branner la nomma *Ouachita Mountains*. Aucune carte n'en avait donné jusqu'alors une image même approximativement correcte. On indiquait tout au plus, loin à l'Ouest, dans l'Oklahoma, le Mont Scott, signalé par des expéditions antérieures. Les géologues qui visitèrent ces montagnes, Branner, Hill et Griswold, furent étonnés de leur ressemblance avec les Appalaches. On vit le plissement dirigé vers le Nord, conformément à l'inflexion des Appalaches; on vit le Carbonifère plissé, avec ses surfaces de chevauchement, et à côté le Permien rouge non plissé. Il n'y avait de désaccord que sur un point, la question de savoir si les Monts Ouachita devaient être considérés comme un pro-

longement de la chaîne maîtresse des Appalaches, ou, à cause de leur position un peu plus septentrionale, comme une réapparition plus accentuée des plis du Cincinnati Uplift¹.

Ces montagnes suivent d'abord une direction E.-W., passant peu à peu à N. 70° W. Elles sont bien boisées dans l'Est, mais complètement dépourvues d'arbres et couvertes d'une herbe haute dans l'Ouest. Elles se composent de trois coulisses. La première et la plus vaste est formée par les Ouachita Mountains au sens restreint, le *Massern Range* de Hill; la deuxième, qui, au point de vue orographique, se rattache assez

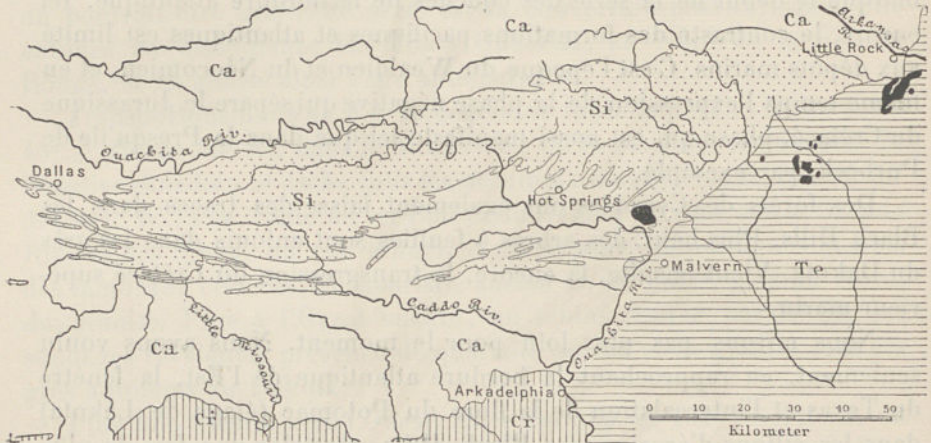


FIG. 129. — La région des Novaculites de l'Arkansas, d'après L. S. Griswold.

Si. Silurien; Ca. Carbonifère; Cr. Crétacé; Te. Tertiaire. Les taches noires désignent d'anciens pointements intrusifs. — Échelle de 1 : 1 600 000 environ.

étroitement à la précédente, est représentée par les *Arbuckle Mountains*; la troisième, séparée par une lacune de 40 à 50 kilomètres qu'occupe du Permien rouge horizontal, porte le nom de *Wichita Mountains*; c'est de celle-ci que fait partie le Mont Scott.

Le noyau de la coulisse orientale, le *Massern Range* (fig. 129), répond aux *Whetstone Mountains* (Novaculite Range). Au Sud de Little Rock, elles sont coupées obliquement par le bord des montagnes, qu'elles forment sur une longueur d'environ 45 kilomètres. De là, elles s'étendent, en se rétrécissant en forme de coin, et accompagnées d'un grand nombre de petits plis subordonnés, sur plus de 160 kilomètres vers l'Ouest. Elles sont constituées par des roches siluriennes inférieures peu

1. Rob. T. Hill, *Notes on a Reconnaissance of the Ouachita Mountain System in Indian Territory* (Amer. Journ. of Sc., 3d ser., XLII, 1891, p. 111-124, carte de la p. 112); L. S. Griswold, *Origin of the Lower Mississippi* (Proc. Boston Soc. Nat. Hist., XXVI, 1895, p. 474-479); J. C. Branner, *The former extension of the Appalachians across Mississippi, Louisiana, and Texas* (Amer. Journ. of Sc., 4th ser., IV, 1897, p. 357-371).

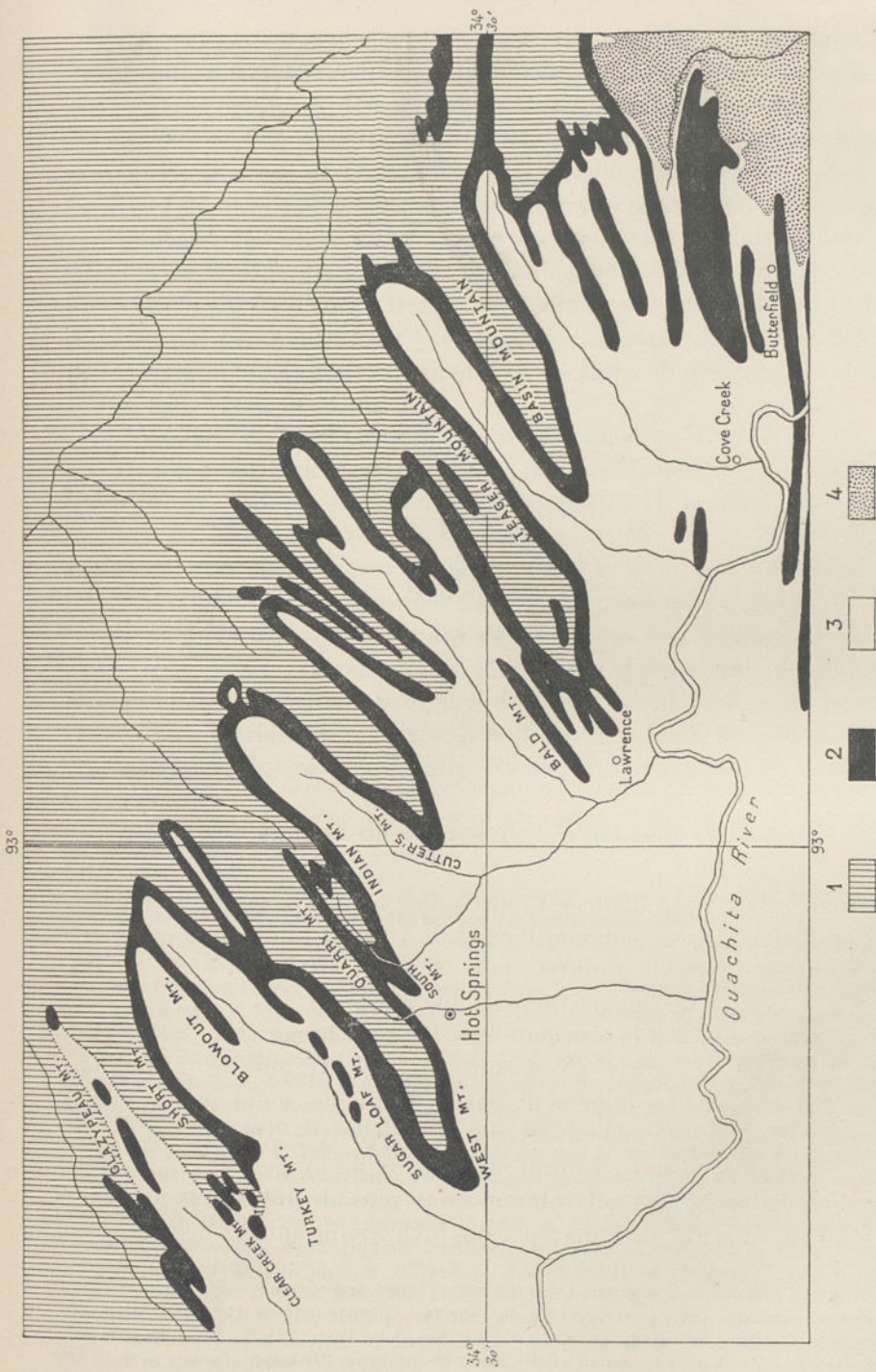


Fig. 130. — Plis en chevrons de la région des Novaculites de l'Arkansas (Environ de Hot Springs), d'après John C. Branner et L. S. Griswold (Ann. Report Geol. Survey of Arkansas, III, 1890).
 1, 2. Silurien inférieur (1. Marnes, grès, etc.; 2. Novaculite); 3. Carbonifère inférieur; 4. Tertiaire. — Échelle de 1 : 200 000 environ.

résistantes, associées à des bancs siliceux de pierre à aiguiser (Novaculite) qui, fortement redressés, font ressortir les différents plis par des zigzags très brusques. Griswold en a donné une carte (fig. 130)¹.

Au Nord et au Sud, les Whetstone Mountains sont accompagnées d'un épais manteau de Carbonifère qui, près d'Atoka, dans le pays des Indiens Choctaw, fait le tour de leur extrémité occidentale. Il est également plissé; les plis sont déversés vers le Nord, et l'abondance des couches de houille y a provoqué des études plus précises. Le côté Nord a été décrit par Winslow, Drake, et, avec le plus de détails, par Taff, le côté Sud par Ashley. On y connaît des dépôts marins du Carbonifère inférieur et supérieur, ainsi que la flore de Schatzlar et celle d'Ottweiler² (Ca, fig. 129).

La coupe, du Nord au Sud, se présente ainsi qu'il suit :

Au Nord de l'Arkansas River, les Boston Mountains sont faites de Calcaire carbonifère; elles sont la continuation de la série horizontale du Sud du Missouri. D'après les coupes de Winslow, elles s'abaissent par une flexure peu accusée jusqu'à la rivière. Au Sud de l'Arkansas viennent les croupes boisées du Carbonifère, plissé vers le Nord, puis les chevrons du bord septentrional des Whetstone Mountains, leur partie centrale moins résistante, appartenant au Silurien inférieur, les sinuosités analogues du bord méridional, enfin la zone carbonifère méridionale, boisée, à laquelle se relie, un peu au Nord de la Rivière Rouge, les Trinity Sands, qui marquent le début du Crétacé.

Tout contre le bord méridional des Whetstone Mountains, entre

1. L. S. Griswold, *Whetstones and the Novaculites of Arkansas* (Ann. Rept. Geol. Survey of Arkansas, III, 1890). In-8°, xviii-443 p., 9 pl., 2 cartes géol., 1892.

2. A. Winslow, *The Geotectonic and Physiographic Geology of Western Arkansas* (Bull. Geol. Soc. of America, II, 1891, p. 225-242, pl. 8 : carte); N. F. Drake, *A geological Reconnaissance of the Coal Fields of the Indian Territory* (Proc. Amer. Phil. Soc., Philadelphia, XXXVI, 1897, p. 326-419, pl. I-IX, dont 3 cartes); G. H. Ashley, *Geology of the Paleozoic Areas of Arkansas South of the Novaculite Region, with an Introduction by J. C. Branner* (Ibid., p. 217-318, cartes). La bordure méridionale apparaît aussi sur la carte du mémoire de Hill (21st Ann. Rept., pt. 7, pl. LXVI); J. A. Taff, *Geology of the Mc Alester-Lehigh Coal Field, Indian Territory* [accomp. by a Report on the Fossil Plants by D. White and a Report on the Paleozoic Invertebrate Fossils by G. H. Girty] (U. S. Geol. Survey, 19th Ann. Rept., 1897-98, pt. 3, p. 423-600, cartes); J. A. Taff and G. I. Adams, *Geology of the Eastern Choctaw Coal Field, Indian Territory* (Ibid., 21st Ann. Rept., 1899-1900, pt. 2, p. 257-314, pl. XXXV-XXXVII : cartes); G. I. Adams, *Stratigraphic Relations of the Red Beds to the Carboniferous and Permian in Northern Texas* (Bull. Geol. Soc. of America, XIV, 1903, p. 191-200, cartes). [Voir aussi J. A. Taff, *The Southwestern Coal Field* [Indian Territory, Arkansas, Texas] (U. S. Geol. Survey, 22d Ann. Rept., 1900-1901, pt. 3, p. 367-413, pl. XXV-XXVIII). et *Progress of Coal Work in Indian Territory* (Id., Bull. n° 260, 1905, p. 382-401, pl. I : carte); A. J. Collier, *The Arkansas Coal Field* (Id., Bull. n° 316, 1907, p. 137-160, pl. IX : carte), et *The Arkansas Coal Field, with Reports on the Paleontology by David White and G. H. Girty* (Id., Bull. n° 326, 1907, 158 p., 6 pl.); et les folios 74 (Coalgate), 79 (Atoka), 98 (Tishomingo) du *Geologic Atlas of the United States*, avec coupes et notices explicatives, par J. A. Taff, Washington, 1901-1903.]

Hot Springs et Malvern, mais encore au Nord d'une arête secondaire de novaculite, se trouve le massif de *Magnet Cove*, décrit en dernier lieu par Washington; c'est une série complexe de roches éruptives, basiques dans la partie médiane, qui contiennent en leur centre une masse de magnétite ¹.

Dans la plaine tertiaire, au S. et au S.W. de Little Rock, se trouvent en outre deux massifs de syénite éiolithique, *Fourche Mountain* et *Bryant*; Hayes les a étudiés à cause de leur richesse en bauxite ².

Les *Arbuckle Mountains* (fig. 131) sont rattachées par le Carbonifère au Massern Range. Elles consistent, d'après Taff, en plusieurs horsts accompagnés de failles longitudinales, constitués par du granite précambrien et entourés d'une bordure paléozoïque. Ces horsts sont les restes d'une chaîne de montagnes qui fut plissée à la limite du Carbonifère inférieur et de l'étage de Schatzlar. Des conglomérats se déposèrent par-dessus en discordance, et, à la fin du Carbonifère supérieur, contenant la flore d'Ottweiler, des plissements importants se produisirent de nouveau. Le Permien et le Crétacé ne sont pas dérangés.

La longueur totale dépasse 90 kilomètres ³.

Plus loin encore vers le N.W. se trouvent les *Wichita Mountains* qui, longues également d'un peu plus de 90 kilomètres, s'étendent suivant la direction N. 70° W. ⁴. Elles consistent en un très grand nombre de croupes et de dômes isolés et plus ou moins longs, surgissant brusquement du milieu de la plaine; Taff en compte 250. Le groupe nord-occidental porte aussi le nom de *Raggedy Mountains*. L'alignement principal, qui commence près de Fort Sill, ne présente que du granite précambrien et du gabbro, cette dernière roche étant la plus ancienne. Du côté du N.E. se trouve un alignement parallèle, qui prolonge les sédiments paléozoïques des *Arbuckle Mountains*. Le Permien rouge recouvre en discordance quelques-unes de ces croupes.

1. H. S. Washington, *Igneous Complex of Magnet Cove, Arkansas* (Bull. Geol. Soc. of America, XI, 1900, p. 389-416, pl. 24 : carte) [et : *The Foyaité-Ijolite Series of Magnet Cove : A Chemical Study in Differentiation* (Journal of Geol., IX, 1901, p. 607-622, 645-670).]

2. C. W. Hayes, *Geology of the Bauxite Region of Georgia and Alabama* (U. S. Geol. Survey, 16th Ann. Rept., 1894-95, pt. 3, p. 551-597, pl. XX-XXIII); et *The Arkansas Bauxite Deposits* (Id., 21st Ann. Rept., 1899-1900, pt. 3, p. 435-472, pl. LX-LXIV, dont 3 cartes).

3. R. T. Hill, *Notes on a Reconnaissance of the Ouachita Mountain System*, p. 121, carte; T. W. Vaughan, *Geological Notes on the Wichita Mountains, Oklahoma, and the Arbuckle Hills, Indian Territory* (Amer. Geologist, XXIV, 1899, p. 44-55; et surtout J. A. Taff, *Preliminary Report on the Geology of the Arbuckle and Wichita Mountains in Indian Territory and Oklahoma* (U. S. Geol. Survey, Prof. Pap. n° 31. In-4°, 97 p., 8 pl. dont 2 cartes géol., 1904).

4. H. Foster Bain, *Geology of the Wichita Mountains* (Bull. Geol. Soc. of America, XI, 1900, p. 127-144, pl. 15-17, carte de la p. 129). Les opinions diffèrent sur l'âge relatif du gabbro et du granite; j'ai suivi les résultats des observations faites sur les culots éruptifs de l'Est, qui ont été les mieux étudiés.

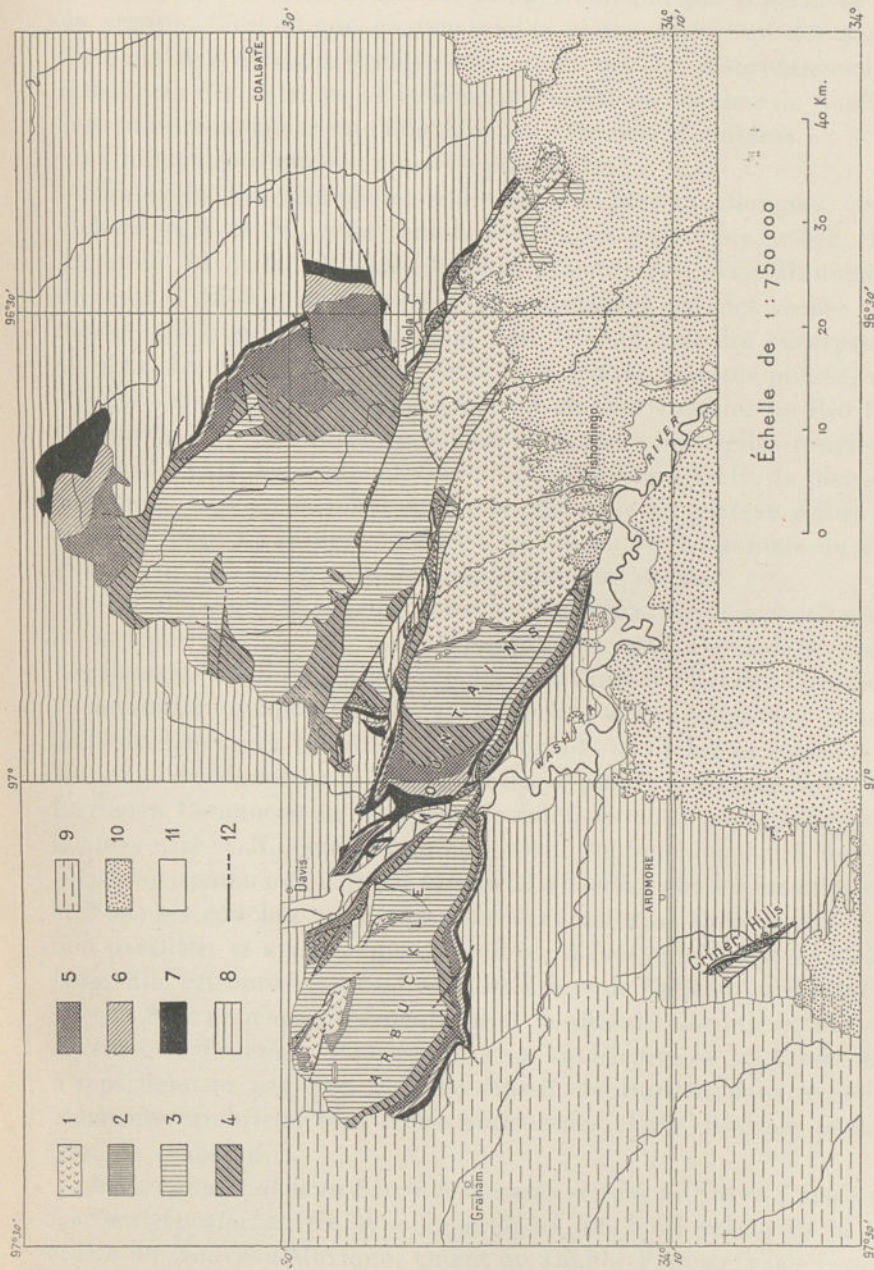


FIG. 131. — Carte géologique des Arbuckle Mountains (Territoire Indien), d'après J. A. Taft (*U. S. Geological Survey, Professional Paper n° 31, 1904, pl. 1*).

1. Précambrien (granite, diabase, etc.); 2. Cambrien (grès de Reagan); 3. Cambro-Ordovicien (calcaire d'Arbuckle); 4, 5. Ordovicien (conches de Simpson, calcaire de Viola); 6. Silurien (calcaire de Hunton, marnes de Sylvan); 7. Dévonien (conches à silex de Woodford); 8. Carbonifère (conglomérats, grès, etc.); 9. Permien (« Red Beds »); 10. Terrain crétacé; 11. Alluvions; 12. Failles.

Par 35° de lat. N. et 99° 28' de long. W., à 9 kilomètres à l'Ouest de la branche Nord de la Rivière Rouge, Taff indique la dernière bosse de granite. C'est là que plonge sous la plaine aride l'un des derniers rameaux des Altaïdes Occidentales, après que les discordances caractéristiques des Altaïdes et la longue trainée de couches de houille se sont montrées encore une fois dans les Arbuckle Mountains.

Un deuxième rameau apparaît plus au Sud.

Entre le Rio Grande et le Pecos, des Sierras allongées courent d'abord vers le S., puis vers le S.S.E., et enfin vers le S.E. Entre 31° et 30° 30' de lat. N., près du bord oriental, les Davis Mountains se dressent à 2500 mètres; elles sont constituées par des roches volcaniques récentes et se terminent vers le Sud par des escarpements abrupts. La Sierra Santiago, faite de calcaires crétacés plissés, court ensuite vers le S.E. jusqu'au voisinage du Rio Grande. Le Rio Pecos est encaissé sur une distance considérable dans les argiles rouges permienes; plus au Sud s'élève, sur sa rive occidentale, le plateau de Stockton, déjà mentionné comme faisant suite au plateau d'Edwards. C'est là, un peu à l'Ouest du Pecos, que la Craie horizontale du Texas et la Craie plissée des Cordillères entrent en contact.

Hill distingue deux tronçons montagneux, la *Sierra Comanche* et la *Sierra Caballos*, moins importante, qu'il considère comme des éléments exotiques (fig. 132). Ils sont situés à l'Est des Cordillères, et devraient être par conséquent rattachés à la région des plateaux crétacés. La Sierra Comanche est dirigée S.W.-N.E., et rencontre au voisinage de Marathon la Sierra Santiago, plissée et dirigée N.W.-S.E. La Sierra Comanche se compose de calcaires et de grès paléozoïques inclinés vers le N., sur lesquels reposent peut-être en outre des lambeaux horizontaux de calcaire crétacé. La Sierra Caballos est située plus au Sud; ses couches sont redressées verticalement suivant une direction parallèle, et appartiennent, croit-on, à l'étage inférieur de Helderberg. Elle est bordée au Sud par une lisière de Crétacé horizontal¹.

Ces Sierras n'appartiennent pas à la grande Cordillère, car elles offrent une direction opposée et sont antérieures à la Craie. Elles n'appartiennent pas non plus au Massif de Burnet, dans lequel les sédiments cambriens sont restés horizontaux. Leur direction passe au Nord de ce massif.

Hill retrouve, dans la *Sierra Comanche* et dans la *Sierra Caballos*, le type des *Appalaches*. Ce type reparait ici, au bord même de la Cordillère du Nouveau-Mexique. Quant au Diablo Plateau, vaste compartiment de Calcaire carbonifère inférieur, situé déjà en dedans de la

1. R. T. Hill, *Topographic Atlas of the United States*, folio 3, p. 4.

Cordillère, au delà des Davis Mountains, on a émis à son sujet la même hypothèse. Mais les faits sont moins convaincants, et nous considérerons provisoirement la Sierra Comanche comme la trace la plus occidentale des Appalaches. Le point de rencontre avec les Cordillères mexicaines se trouve par $30^{\circ} 15'$ de lat. N. et $103^{\circ} 15'$ de long. W.

Dans le Nord, au delà du Burnet County, du côté des Monts Ozark, se trouve un vaste espace où les sédiments paléozoïques doivent atteindre une grande épaisseur. Dans cet espace, les Appalaches se sont

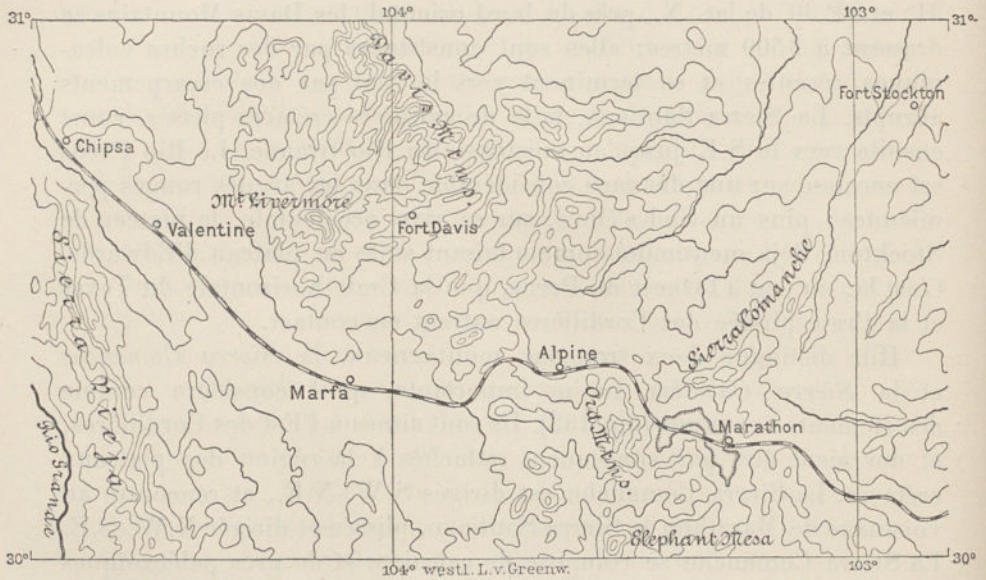


FIG. 132. — La Sierra Comanche et les Davis Mountains, d'après la carte de R. T. Hill (*Topographic Atlas of the United States*, folio 3, Washington, 1900. In-folio, Sheet XI).
Échelle de 25 milles au pouce ou 1 : 1 584 000. Équidistance des courbes : 500 pieds anglais (152 m.).

étalées en donnant naissance à plusieurs branches divergentes. A l'Ouest de cette virgation, cette chaîne puissante vient mourir sous la forme de fragments isolés de coulisses. *Ce sont les extrémités libres du plus long rameau des Altaïdes Occidentales.*

Les mouvements intra-carbonifères de l'Asie Centrale se sont propagés jusque-là. La poussée des Altaïdes vers le Nord, qui apparaît à l'approche du horst d'Azov, est demeurée caractéristique jusqu'au voisinage des Cordillères du Nouveau-Mexique.

Conclusion. L'Océan Atlantique Nord. — Les faits que nous avons exposés jettent quelque lumière sur l'histoire de l'Atlantique Septentrional.

Un vaste continent dévonien, l'Eria, occupe le Nord. Au Sud de celui-ci, une côte à rias se montre à l'Est, de la Dingle Bay à La Rochelle, et les plissements armoricains plongent sous la mer. A l'Ouest, une côte à rias semblable apparaît à Terre-Neuve, et les Appalaches émergent. Les Monts Wichita et la Sierra Comanche en sont les extrémités libres.

La Chaîne Armoricaire et la Chaîne des Appalaches sont l'une et l'autre plissées vers le Nord. En Europe, à mesure que la première s'avance, avec les plis varisques, vers l'avant-pays, la mer du Carbonifère supérieur est refoulée; le Zechstein marque le premier retour de la mer dans les pays du Nord. En Amérique, à mesure que les plis des Appalaches s'approchent de leur avant-pays laurentien, la mer, à partir du Calcaire carbonifère, est chassée définitivement, depuis Terre-Neuve jusque bien loin au Sud. Les formations marines mésozoïques et tertiaires font défaut sur le flanc Nord et Ouest des Appalaches.

Si l'on compare les travaux de Stur, de Zeiller, de Kidston, de David White sur les flores carbonifères de la Moravie et de la Silésie, du Nord de la France, des Iles Britanniques et de l'Amérique du Nord, on observe un accord étonnant dans la composition de ces flores et dans leur ordre de superposition, du Culm au Rothliegende et de la Vistule à l'Oklahoma. Ce parallélisme permet de dire qu'il existe en Europe, à la base du Culm, une discordance qui reparait à Terre-Neuve, dans le Nouveau-Brunswick et dans la Nouvelle-Écosse. Sur toute cette distance, les plissements avaient pris fin avant le dépôt du Permien : ce terrain est horizontal, à l'exception de quelques ondulations peu marquées, qui courent du Nouveau-Brunswick dans l'Île du Prince Édouard.

On peut suivre aussi des mouvements intermédiaires de part et d'autre de l'Océan. Il est manifeste que les transgressions limniques de l'époque de Schatzlar se sont étendues — en Bohême, dans le Bassin de la Sarre, dans le Plateau Central — sur les parties déjà arasées du flanc interne de la chaîne, en même temps qu'elles recouvraient, dans le bassin de Narragansett, les équivalents du Piedmont Plateau. A l'extrême Est, près d'Ostrau, la série des couches houillères se termine par l'étage de Schatzlar. Sur le dôme dévonien de Debnik, qui s'élève près de Cracovie en dehors du bassin houiller, repose en discordance le singulier calcaire à empreintes végétales de Karniowice. Il contient, d'après Raciborski, la flore d'Ottweiler¹. Elle y est séparée de la flore de Schatzlar par des modifications physiques. A l'extrême Ouest, dans

1. M. Raciborski, *Permokarbońska flora karniowickiego wapienia* (Rozpr. Akad. Um., Cracovie, 2^e sér., I, 1891, p. 353-394, pl. V-VII).

le Territoire Indien, les couches de Mac Alester, qui contiennent la flore d'Ottweiler, sont plissées avec le reste des assises houillères (Grady Coal = Schatzlar), et c'est seulement avec le Permien que commencent les couches horizontales. De nouvelles études nous apprendront peut-être si l'observation faite ailleurs se vérifie ici, suivant laquelle le plissement dure plus tard à mesure qu'on se rapproche des extrémités libres.

Nous passons maintenant à une phase plus récente de l'évolution. Au Sud de 41°, c'est-à-dire au Sud de la directrice qui reliait jadis l'Amérique et l'Europe, la nature de la côte n'est plus ce qu'elle était au Nord. Sur le flanc intérieur (oriental) des Appalaches, on rencontre les flores de Schatzlar (Narragansett), du Keuper (Newark), du Néocomien (Potomac) et du Vraconnien (Raritan); c'est seulement avec le Sénonien que les dépôts marins apparaissent. Avec le Potomac commence une bordure plus continue, que nous avons désignée sous le nom de bordure atlantique.

Les plateaux du Texas sont la continuation élargie de cette bordure, malgré leur altitude plus grande et malgré les indices marins qui apparaissent dès le Potomac (Trinity Sands).

La phase négative du Wealdien affecte d'immenses espaces de part et d'autre de l'Océan, de la Vistule au Dakota. Vient ensuite un mouvement positif. Dans le Nord de la France, on voit très clairement l'invasion progressive du Gault. Au Texas, les premières traces s'en trouvent dans les Trinity Sands. Alors intervient la grande transgression cénomaniennne, qui édifie les reliefs calcaires du Karst, de la Syrie, de l'Arabie, du Sahara, du Texas et du Mexique. Le Sénonien, franchissant partout les limites extrêmes de cette transgression, s'est avancé au Nord jusqu'à l'île de Disko, au Sud jusqu'aux régions antarctiques, à l'Est jusqu'à la Mer d'Aral, et a même laissé ses traces sur les côtes pacifiques. Le Sénonien du Maryland fait partie de cette série débordante.

Ajoutons que la Craie, du Groenland à l'extrême Sud, présente, sauf dans les Antilles, une horizontalité complète, dérangée tout au plus par quelques affaissements locaux (Balcones Escarpment).

CHAPITRE XII

ALTAÏDES AFRICAINES ¹

La mer intérieure africaine — Le Sahara Central. — Altaïdes du Sahara. — Le Haut-Atlas.

La mer intérieure africaine. — On n'a pu donner, dans le premier volume de cet ouvrage (p. 459, fig. 68), qu'une esquisse très incomplète du Sahara. Pour toute la région occidentale, il n'existait guère alors que les documents résultant du voyage de Lenz; dans l'Est, on n'avait que des données préliminaires : on savait que les formations anciennes de Khartoum s'étendaient jusque vers Bardaï, qu'elles réapparaissaient dans l'Ahaggar et qu'elles étaient accompagnées par les volcans de Bardaï et de l'Aïr. Au Nord se trouvait une grande région paléozoïque jusque vers Mourzouk. Sur ces terrains anciens se sont étendus en transgression les dépôts du Crétacé moyen et supérieur, qui atteignent le Nil en amont et en aval d'Assouan; à l'intérieur des affleurements crétacés se trouve une région éocène et à l'intérieur de celle-ci, plus près des bouches de Nil, s'observent des terrains miocènes.

Les relations du Crétacé avec son substratum paléozoïque au Sud d'In Salah et de la Hammada el Homra apparaissaient déjà plus clairement sur les cartes de Rolland, publiées en 1890; mais, pour l'Ouest, on n'avait encore réalisé, à cette époque, aucun progrès notable ².

[1. Traduit par Paul Lemoine.]

2. G. Rolland, *Chemin de fer Transsaharien. Géologie du Sahara Algérien, et Aperçu géologique sur le Sahara de l'Océan Atlantique à la Mer Rouge*. 2 vol. in-4°, Paris, 1890, 1, pl. IV et p. 252. [Sur la géologie du Sahara Central, voir surtout l'ouvrage: *Missions au Sahara*, par E.-F. Gautier et R. Chudeau, 2 vol. in-8°, Paris, Libr. Armand Colin. Tome I, *Sahara Algérien*, par E.-F. Gautier, 1908; x-371 p., 5 cartes h. t., 52 pl. phot., 61 fig. d. l. t. Tome II, *Sahara Soudanais*, par R. Chudeau, 1909; iv-326 p., 1 pl. coupes, 2 cartes h. t. dont 1 esquisse géol. du Sahara Central en couleurs à 1 : 5 000 000, 38 pl. phot., 80 fig. d. l. t.; compte rendu critique par Aug. Bernard (Annales de Géogr., XIX, 1910, p. 260-270); P. Le-

Parmi les nombreuses découvertes faites depuis cette époque, la plus importante est celle d'une série tertiaire marine dans la région comprise entre 14° et 15° de lat. N. et entre 5° 20' et 6° 20' de long. E. De Lapparent et Bather l'ont fait connaître simultanément; de nouvelles trouvailles ont permis au premier de ces géologues de signaler, en outre, l'existence de sédiments plus récents¹.

D'après de Lapparent, on connaît dans cette région, près de Tamaské, des assises éocènes, lutéliennes; dans une localité voisine, on a trouvé un *Cerithium* voisin de *Cer. concinnum* du Bartonien et dans un troisième point on a recueilli *Ostrea longirostris* et des côtes d'*Hali-therium*. A Boutoutou, sur le bord Sud-Est de cette même région, apparaissent des sables ferrugineux avec des empreintes voisines de *Proto rotifera*; au-dessus vient une couche contenant des végétaux, puis les restes d'une lumachelle avec des empreintes d'une *Cardita*, ressemblant d'après Douvillé aux *Cardita* du Miocène supérieur.

Là, comme dans le Désert Libyque, il y a donc une couverture sédimentaire, horizontale, qui commence avec la Craie moyenne ou supérieure et qui repose en discordance sur des roches beaucoup plus anciennes. Comme on le voit maintenant, cette série monte jusque dans le Miocène et on peut supposer que, comme dans le Désert Libyque (I, p. 463), l'étendue des étages successifs diminue pour aboutir à un point déterminé du rivage actuel de la mer.

Pour la partie orientale de cette mer intérieure, on peut, d'après les données de de Lapparent et le récent travail d'ensemble de Chudeau², assigner au rivage les limites hypothétiques que voici.

moine, *Les résultats géologiques de la Mission Gautier et Chudeau dans le Sahara, 1904-1905* (La Géographie, XVII, 1908, 1^{er} sem., p. 231-236, avec tableau d'assemblage des cartes géologiques du Sahara, p. 233). Voir aussi les résumés de R. Chudeau : *La Géologie du Sahara Central* (C. R. Acad. Sc., CXLIV, 1907, 1^{er} sem., p. 1383-1387); *Géologie du Sahara Central* (Ass. Fr. Av. Sc., 36^e session, Reims, 1907, II, Notes et Mém., p. 380-389, coupe); *Phénomènes actuels et phénomènes récents au Sahara* (Ibid., p. 389-400, carte dans le t.); et l'article de Ch. Vélain, *État actuel de nos connaissances sur la Géographie et la Géologie du Sahara, d'après les explorations les plus récentes* (Revue de Géogr. annuelle, I, 1906-1907, p. 447-517, 1 carte h. t., 27 fig.)]

1. A. de Lapparent, *Sur une formation marine d'âge tertiaire au Soudan français* (La Géographie, VII, 1903, 1^{er} sem., p. 417-420), et *Sur de nouvelles trouvailles géologiques au Soudan* (Ibid., XI, 1905, 1^{er} sem., p. 1-6; C. R. Acad. Sc., CXXXIX, 1904, 2^e sem., p. 1186-1190). Des officiers français et anglais ont recueilli simultanément, en 1903, ces échantillons; Bather a pu démontrer, en même temps que de Lapparent, la présence de l'Éocène. P. S. Lelean, *An Eocene Outcrop in Central Africa*, et F. A. Bather, *Eocene Echinoids from Sokoto* (Geol. Mag., Dec. 5, I, 1904, p. 290-304, pl. XI).

2. A. de Lapparent, *Sur l'extension des mers crétacées en Afrique* (C. R. Acad. Sc., CXL, 1905, 1^{er} sem., p. 349-350), et R. Chudeau, *Le Lutélien au Soudan et au Sahara* (Ibid., CXLIV, 1907, 1^{er} sem., p. 811-813). Voir aussi l'*Esquisse hypsométrique du Sahara Occidental et Central et de sa bordure Soudanaise* par R. Chudeau, dans *Annales de Géogr.*, XVII, 1908, pl. I [reproduite dans l'ouvrage : *Missions au Sahara, II. Sahara Soudanais*, pl. II]; J. Chautard, *Matériaux pour la Géologie et la Minéralogie de l'Afrique Occidentale française*, I. *État actuel de nos connaissances sur les formations sédimentaires de l'Afrique Occidentale tropi-*

La mer crétacée, transgressive, s'étendait en tous cas jusqu'à 10° 15' de long. E. et jusqu'à 14° 30' de lat. N., c'est-à-dire jusqu'aux collines du Damergou; l'Éocène a dû s'y déposer depuis 8° de long. E.; le Miocène depuis 6° 30'. Un golfe s'ouvrait vers le S.E. dans le Sokoto. Le Crétacé et l'Éocène atteignent le Niger et s'étendent vers le Sud en lambeaux transgressifs sur les terrains anciens par Gao jusqu'à Tosaye, où se terminent les terrains anciens, au Sud du 17° degré de lat. N.

Telle était l'extension du rivage vers le Sud.

Vers l'Est, l'Éocène s'étend au moins jusqu'à 400 kilomètres au Nord et atteint 17° 50' de lat. N. (Tamalarkat, à 75 kilomètres au Nord d'Agadès, à 60 kilomètres à l'Ouest d'Aoudéras). Là, on se trouve dans le voisinage de la terminaison de la chaîne volcanique méridienne de l'Air; très loin encore vers le Nord, on a trouvé, vers 21° 15', dans l'Oued Tagrira et à In Azaoua, des sédiments analogues, mais ne renfermant aucun fossile. On connaît des traces douteuses de sédiments crétacés très loin vers l'Est, à Bilma, par 13° de long. E. et 18° 40' de lat. N. (voir I, p. 464). Peut-être ces couches se rattachaient-elles par là aux dépôts du Désert Libyque.

A l'Ouest de l'Air, les mers crétacées et éocènes ont dû avoir une grande extension; cependant les terrains anciens de l'Adrar se prolongent très loin vers le Sud entre 2° et 4° de long. E. Villatte¹ les a suivis le long du 2° méridien E. jusqu'au 20° parallèle N., et Gautier les marque sur sa carte le long du 1^{er} méridien E. jusqu'à la hauteur du 18° parallèle, sur l'Eguerrér. On connaît d'ailleurs des fossiles crétacés de Tabankort (1° de long. E., 17° 50' de lat. N.)² et de Mabrouka (1° de long. W., 20° de lat. N.).

Passons maintenant tout à fait à l'Ouest.

Depuis le Cap Bojador jusqu'à la Pointe Durnford, Quiroga a observé un banc contenant *Ostrea*, *Tellina*, etc., puis 25 à 30 mètres de sable quartzeux avec des troncs d'arbres silicifiés et, au-dessous, des argiles bleues. Plus loin vers l'intérieur se rencontrent des sables meubles avec *Helix*, puis, jusqu'à Asfat, c'est-à-dire jusqu'à la hauteur du Cap Blanc, une région étendue de roches anciennes, accompagnées d'une étroite bande de terrains paléozoïques³.

calc. In-8°, 15 p., Gorée, 1906[; G. Garde, *Description géologique des régions situées entre le Niger et le Tchad et à l'Est et au Nord-Est du Tchad*. Thèse de Doctorat. In-8°, 284 p., 3 pl. dont 2 cartes, Clermont-Ferrand, 1910].

1. N. Villatte, *De Tidikelt vers Tombouctou, Ahenet, Adrar, Hoggar et Tifedest* (La Géographie, XII, 1905, 2^e sem., p. 209-230, pl. I : carte).

2. Voir P. Lemoine, *Contribution à la connaissance géologique des colonies françaises*, VIII. *Sur quelques fossiles du Tilemsi (Soudan)* (Bull. Soc. Philomathique de Paris, 1909, p. 101-109, pl. II, carte dans le t.). — Sur les oursins crétacés rapportés de ces régions, voir J. Cottreau, *Échinides du Soudan* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., VIII, 1908, p. 351-353, pl. XII).]

3. Fr. Quiroga, *Apuntes de un viaje por el Sáhara Occidental* (Anales Soc. Esp. de Hist. Nat.,

La côte au Sud est, sur une longue étendue, tout à fait inconnue. Dans le Bas-Sénégal on retrouve la Craie supérieure; un forage, à Saint-Louis, a atteint des calcaires de l'Éocène moyen; on les connaît de même sur plusieurs points jusqu'à environ 200 kilomètres à l'Est et au Sud-Est du Cap Vert¹.

À l'intérieur du continent s'étend la dépression presque infinie du Djouf; sur son bord Ouest se trouvent les dépôts de sel de Tichitt²; sur le bord Est, ceux de Taoudenni et de Traras³.

Chevalier a trouvé près de Tombouctou deux espèces, vivant actuellement sur les côtes de Sénégambie, *Marginella Egouen* et *Columbella mercatoria*; les coquilles sont nombreuses, mais de petite taille⁴. Gautier affirme que E. Dupuis possède les mêmes espèces, venant de l'Ouest du Lac Horo, et que A. Dereims a rapporté une faune pléistocène marine récoltée en Mauritanie, à 150 kilomètres de la mer et à 60 mètres de hauteur.

Tombouctou est à 240 mètres d'altitude; le point le plus bas que Lenz ait atteint sur le bord oriental du Djouf n'est qu'à 120-150 mètres.

XV, 1886, Mem., p. 495-523, pl. III : coupes); *Observaciones geológicas hechas en el Sahara Occidental* (Ibid., XVIII, 1889, Mem., p. 313-393, pl. V : carte); *Observaciones al mapa geológico del Sahara*, de M. Rolland (Ibid., ser. 2, I (XXI), 1892, Actas, p. 29-32). [Au Sud des terrains anciens du Rio de Oro, R. Chudeau a signalé la présence d'un ancien golfe quaternaire, s'étendant vers l'intérieur jusqu'au voisinage de l'Adrar Tmar et du Tagant; R. Chudeau, *Le golfe de Mauritanie* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., VIII, 1908, p. 560-561); *Notes géologiques sur la Mauritanie* (La Géographie, XX, 1909, 2^e sem., p. 9-24). Voir aussi J. Chautard et P. Lemoine, *Sur la constitution géologique de quelques points de la Mauritanie, d'après les échantillons rapportés par le capitaine Gérard* (La Géographie, XVII, 1908, 1^{er} sem., p. 307-309, carte dans le t.); J. Chautard, *La faune de quelques plages soulevées du Sénégal et de la Mauritanie* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., IX, 1909, p. 392-394).]

1. St. Meunier s'en est occupé à différentes reprises. Les faits sont réunis dans J. Chautard, *Note sur les formations éocènes du Sénégal* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., V, 1905, p. 141-153, pl. IV-V, carte dans le texte). [Voir aussi P. Lemoine, *Contributions à la géologie des Colonies françaises*, I. *Sur des fossiles éocènes rapportés du Sénégal par le capitaine Vallier* (Ibid., 4^e sér., VII, 1907, p. 447-451, carte géol. p. 449).]

2. D'après R. Chudeau, il n'existe pas de saline à Tichitt : cette localité n'est qu'un entrepôt où les caravanes apportent le sel extrait de la Sebkhah d'Idjil, située à 500 kilomètres au Nord-Ouest].

3. Voir G.-B.-M. Flammant, *Sur les conditions géologiques du gisement de sel gemme d'Agorgott (Taoudeni)*. (Renseignements coloniaux et Documents, Comité de l'Afrique Française, XVII, 1907, p. 176-177).]

4. A. Chevalier, *Sur l'existence probable d'une mer récente dans la région de Tombouctou* (C. R. Acad. Sc., CXXXII, 1901, 1^{er} sem., p. 926-928). [On ne trouve en réalité, autour de Tombouctou, que des Mollusques d'eau douce; L. Germain, *Mollusques fluviatiles recueillis dans l'Azouad* (Bull. du Muséum d'Hist. Nat. Paris, XV, 1909, p. 371-375); le même, *Mollusques fluviatiles recueillis près de Kabarah* (Ibid., p. 469-473). R. Chudeau a montré, tout récemment, que les Marginelles recueillies dans cette région n'étaient pas en place : ces coquilles qui, autrefois, servaient de monnaie, ont été importées du Sahel. Les conclusions paléogéographiques que l'on avait cru pouvoir déduire de la présence de ces espèces à l'état sub-fossile, dans la vallée du Niger (L. Germain, *Recherches sur la faune malacologique de l'Afrique équatoriale*; Archives de Zool. expérimentale et générale, 5^e sér., I, 1909, p. 1-195, pl. I, II; en particulier p. 140-142 et carte, pl. II), sont donc dénuées de fondement; R. Chudeau, *Non existence probable de la Mer de Tombouctou* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., IX, 1909, p. 387-388).]

Gautier a tracé un tableau très instructif de l'époque, qui n'est peut-être pas très éloignée de la nôtre, pendant laquelle un fleuve puissant, l'Oued Messaoud actuel, amenait les eaux de l'Atlas dans cette dépression, — ce qui reste aujourd'hui de son cours supérieur, l'Oued Saoura, cherche en vain à le faire, — tandis que les lacs de Tombouctou appartenaient à une nappe d'eau s'étendant à l'Est jusqu'aux défilés rocheux de Tosaye sur le Niger, et au Sud-Ouest jusqu'au

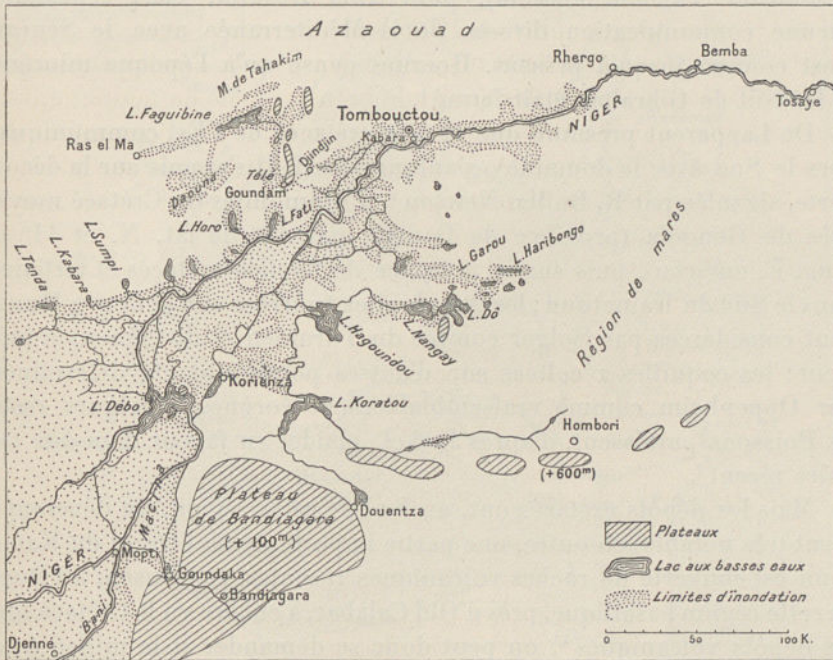


Fig. 133. — Le moyen Niger, d'après R. Chudeau (*Missions au Sahara, II. Sahara Soudanais*. In-8°, Paris, 1909, p. 175, fig. 65).

Échelle de 1 : 4000 0000.

On sait aujourd'hui que les plateaux de Bandiagara et de Hombori, tracés sur cette carte d'après les indications du lieutenant Dulac, se relie d'une manière continue.

voisinage du pays de Macina (fig. 133), sur l'emplacement du coude du Niger; ce qui constitue le haut Niger actuel formait alors un fleuve indépendant, se jetant dans cette dépression¹.

Cette mer intérieure récente, qui couvrait les lacs de Tombouctou et le Djouf et dans laquelle se jetaient le haut Niger actuel au Sud-Ouest,

1. E.-F. Gautier, *Études Sahariennes* (Annales de Géogr., XVI, 1907, p. 46-69, carte, pl. I, et p. 117-138, fotogr., pl. III et III bis, en particulier p. 129 et suiv.); et *A travers le Sahara français* (La Géographie, XV, 1907, 1^{re} sem., p. 1-28, 103-120, pl. I : carte géol.). Le gisement de fossiles marins tertiaires, découvert en Mauritanie par Dereims, est sans doute identique avec el Hofeira dans l'Adrar Occidental, indiqué là comme étant à 300 km. de la mer.

l'Oued Messaoud au Nord-Est, s'étendait à l'époque miocène jusqu'à 6° 20 de long. E. (Tamaské, Boutoutou); en admettant qu'il y eût là une répétition de l'allure réalisée dans le Désert Libyque, il est probable que cette mer était en relation avec l'Océan par le bas Sénégal.

Il y a lieu de s'étonner que l'on trouve dans les dépôts méditerranéens de l'Autriche autant de coquilles encore vivantes au Sénégal; on peut citer, par exemple, le Vagal (*Tellina strigosa*) et le Tugon d'Adanson (*Tugonia anatina*), puis trois *Dosinia*, etc.; cependant, aucune communication directe de la Méditerranée avec le Sénégal n'est connue jusqu'à présent. Hoernes pense qu'à l'époque miocène, le Détroit de Gibraltar était fermé¹.

De Lapparent présume que la mer crétacée de l'Est communiquait vers le Sud avec le domaine océanique actuel. Il s'appuie sur la découverte, signalée par R. Bullen Newton², d'Ammonites du Crétacé moyen près de Gongola (province de Bauchi, par 11° de lat. N. et 11° de long. E. environ), puis sur la présence de fossiles crétacés et tertiaires dans le Sud du Kameroun; les Ammonites trouvées sur le fleuve Mungo sont considérées par Solger comme du Turonien et du Sénonien inférieur; les coquilles récoltées sur d'autres points ont été déterminées par Oppenheim comme vraisemblablement éocènes; quelques restes de Poissons paraissent, d'après Jaekel, plaider en faveur d'un âge tertiaire récent³.

Mais les dépôts crétacés ont, au Sud de cette région, un développement très notable; en outre, une partie importante de l'Ouest du Kameroun est couverte de roches volcaniques récentes, car Dusén, à l'Ouest de cette région basaltique, près d'Old Calabar, a encore vu le Crétacé sous les dépôts volcaniques⁴; on peut donc se demander si le milieu de ce

1. Ed. Suess, *Ueber die einstige Verbindung Nord-Afrika's mit Süd-Europa* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XIII, 1863, p. 26-30); R. Hoernes, *Untersuchung der jüngeren Tertiärlagerungen des Westlichen Mittelmeergebietes* (Sitzungsber. k. Akad. Wiss., Wien, Mathem.-naturwiss. Cl., CXIV, 1905, Abth. I, p. 467-476, 637-660, 737-763, et surtout p. 655). Voir aussi le chapitre XV du présent volume.

2. R. Bullen Newton, *A notice of some marine tertiary fossils from Northern Nigeria, collected by Col. Elliot and Capt. Lelean* (Geogr. Journ., XXIV, 1904, 2^e sem., p. 522-524).

3. A. v. Koenen, *Die Fossilien der Unter-Kreide am Ufer des Mungo in Kamerun* (Abhandl. Gesellsch. d. Wiss. Göttingen, Neue Folge, I, 1897-98, 65 p.); F. Solger, *Die Fossilien der Mungokreide in Kamerun und ihre geologische Bedeutung* (in E. Esch, F. Solger, M. Oppenheim und O. Jaekel, *Beiträge zur Geologie von Kamerun*. In-8°, Stuttgart, 1904, p. 83-242, pl. 3-5); P. Oppenheim, *Ueber Tertiärfossilien, wahrscheinlich eocänen Alters, von Kamerun* (Ibid., p. 243-285, pl. 6-9), et O. Jaekel, *Ueber einen Torpediniden und andere Fischreste aus dem Tertiär von Kamerun* (Ibid., p. 287-291); A. de Grossouvre, *Sur le Crétacé du Cameroun* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., IV, 1904, p. 839-840). Dans les plaines du Sud de la Nigeria, J. Parkinson a bien trouvé des lignites, mais pas de fossiles : *The post-cretaceous Stratigraphy of Southern Nigeria* (Quart. Journ. Geol. Soc., LXIII, 1907, p. 308-312, carte de la p. 310). [Voir aussi J. Parkinson, *The structure of Southern Nigeria* (Geogr. Journal, XXIX, 1907, 1^{er} sem., p. 56-64, carte).]

4. P. Dusén, *Om nordvästra Kamerunområdets geologi* (Geol. Fören. i Stockholm Förhandl., XVI, 1894, p. 29-63, pl. I : carte).

golfe crétacé ne devait pas se trouver plus près de l'embouchure du Niger.

Quoi qu'il en soit, les études d'Albert de Lapparent rendent vraisemblable le fait que la mer du Crétacé moyen, transgressive, a séparé du tronc actuel de l'Afrique un massif très étendu, constitué par des roches anciennes. La limite, très approximative, est indiquée par le cours du Sénégal et du Niger (fig. 134).

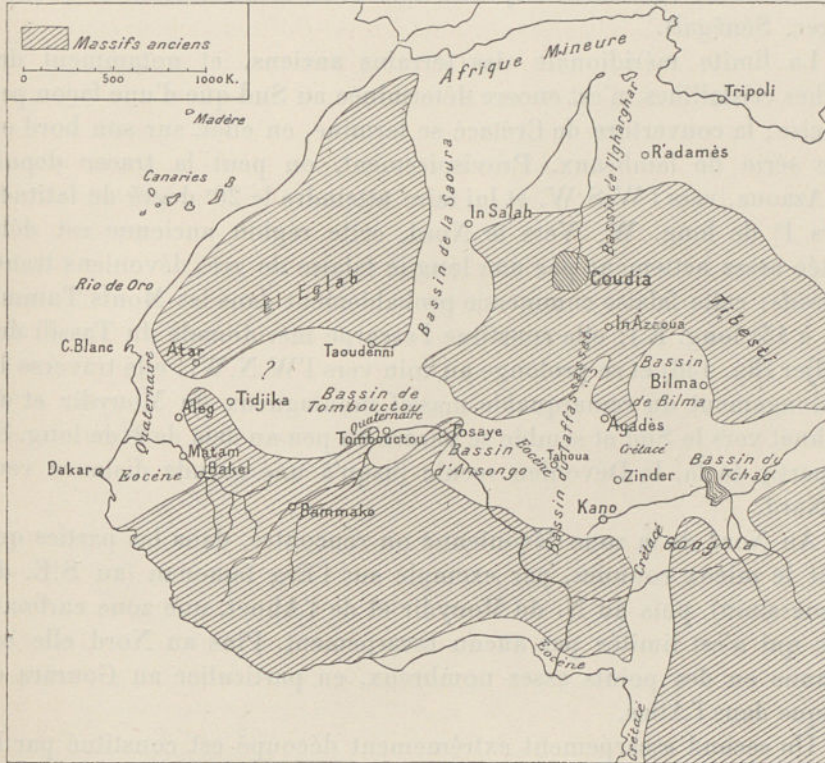


FIG. 134. — Les massifs anciens et les bassins de l'Afrique Occidentale, d'après R. Chudeau. (*Missions au Sahara, II. Sahara Soudanais*. In-8°, Paris, 1909, p. 225, fig. 68).

Échelle de 1 : 40 000 000 environ.

Le Sahara central. — L'esquisse donnée au tome I (p. 459, fig. 68) peut encore nous servir de point de départ. À côté des itinéraires de Barth, Vogel, Rohlfs et Nachtigal, se développant suivant une ligne méridienne entre Mourzouk et le Tchad, on connaît maintenant, à 4° ou 5° plus à l'Ouest, grâce à l'expédition Foureau-Lamy, dont les résultats ont été si importants, une autre ligne N.-S., allant de Temassinin à Zinder, et son raccord avec le Tchad¹. Cette bande se relie vers le

1. F. Foureau, *Documents scientifiques de la Mission Saharienne; Mission Foureau-Lamy, « D'Alger au Congo par le Tchad »*. 2 vol. in-4°, 1210 p., 404 fig., 30 pl. et Atlas contenant 16 cartes. Paris, 1905 (Publication de la Société de Géographie).

Nord-Ouest et l'Ouest à une région où l'on possède maintenant une série d'observations très précieuses (fig. 135). Nous avons adopté autrefois (I, p. 458) une division du désert en zone archéenne, zone paléozoïque et zone crétacéo-tertiaire; cette division, qui se suit au Nord et au Nord-Est dans le Désert Libyque, conserve sa valeur; et, dans le Sud, comme nous venons de le montrer, à la zone des terrains anciens vient également s'ajouter une zone crétacéo-tertiaire (Djouf, Niger, Sénégal).

La limite méridionale des terrains anciens, et notamment des roches cristallines, n'est encore déterminée au Sud que d'une façon peu précise; la couverture de Crétacé se termine, en effet, sur son bord en une série de lambeaux. Provisoirement, on peut la tracer depuis In Azaoua, vers l'W.S.W. et lui faire atteindre le 20° degré de latitude vers 1° de long. W. Vers le Nord, cette région ancienne est délimitée assez nettement par une longue falaise de grès dévoniens transgressifs; cette falaise commence probablement dans les Monts Tummo (14 à 15° long. E.); elle constitue l'escarpe méridionale du Tassili des Azdjer (fig. 136) et se prolonge au loin vers l'W.N.W.; elle traverse le prolongement du remarquable massif montagneux du Mouydir et de l'Ahnet vers le Sud et semble se perdre un peu au delà de 2° de long. E. A partir de là, le Dévonien recule jusqu'à une grande distance vers le Nord.

Au Nord de la zone dévonienne on rencontre, dans les parties qui sont le mieux connues, par exemple sur l'Erg Issaouan (au S.E. de Temassinin), puis au N. du Mouydir et de l'Ahnet, une zone carbonifère qui n'est limitée par aucun escarpement. Plus au Nord elle est connue en des points assez nombreux, en particulier au Gourara et jusque dans l'Atlas.

Un second escarpement extrêmement découpé est constitué par le Crétacé; il est très net près de Temassinin (vers 7° long. E. et 28° lat. N.), puis dans le Tin'ert et au voisinage d'In Salah. On sait que dans l'Est, la région paléozoïque s'élargit et que la Craie recule jusqu'à la Hammada el Homra.

Nous allons maintenant revenir en arrière pour préciser certains détails.

La zone archéenne est constituée par des gneiss, des schistes cristallins, des phyllades, des cipolins, du granite; elle est très plissée et la direction N.-S. est prédominante. Des témoins de grès dévoniens s'étendent loin vers le Sud, atteignant même l'Air. Ils reposent en discordance sur les terrains anciens et témoignent d'une énorme extension antérieure de cette nappe. Ce sont des quartzites, reconnaissables sur de grandes distances, en partant de l'Ouest jusque dans le



FIG. 135. — Esquisse géologique du Sahara Central, d'après la carte de R. Chudeau
Échelle de

(Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., VII, 1907, p. 344-345), rectifiée et mise à jour par l'auteur.
1 : 10 000 000.

Mouydir; il a été mentionné pour la première fois par Flamand¹, et nous en reparlerons plus loin.

La direction N.-S. du substratum archéen et de ses plissements, qui n'est guère troublée que par des déviations locales, règne depuis le Tidikelt (27° de lat. N.) dans toute la partie centrale du Sahara et l'on ne connaît ses limites ni à l'Est, ni au Sud, ni à l'Ouest. Les belles cartes de Gautier et de Chudeau la montrent entre 1° et 3° de long. E. et depuis 22° 15' jusqu'à 19° 30' de lat. N.; on la retrouve encore avec une légère déviation vers le S.S.W. à la hauteur de 18° de lat.; Chudeau² mentionne encore cette direction N.-S. au Hombori, dans le coude du Niger (par 15° de lat. N. environ); mais son extension est encore beaucoup plus grande. Hubert a rencontré les mêmes gneiss et amphibolites que dans le Nord, avec intercalations de synclinaux de quartzite, de phyllades et de marbre, à travers tout le Dahomey (fig. 137), jusqu'aux calcaires de la bande littorale, qui sont peut être crétacés. Entre 15° 30' et 10° 30' de lat. N., on les connaît sur le Niger, et des collines de gneiss nombreuses et courtes constituent la chaîne de hauteurs de l'Atacora. Leur direction est, jusque par 10° de lat. N. environ, exactement N.-S.; puis elle se courbe un peu et reste ensuite S.S.W., jusqu'au delà d'Abomey³. La même structure se trouve également dans une grande partie du Togo⁴. Sur le Niger et dans le Gourma apparaît une couverture discordante de quartzite dont l'âge est inconnu⁵. Haug, s'appuyant sur le fait de la transgression du Dévonien horizontal, a rapproché ces plis du système calédonien d'Europe, en remarquant toutefois

1. Foureau, ouvr. cité, II, p. 585; Haug, *ibid.*, p. 753. La première indication se trouve dans la *Notice sur les Travaux scientifiques de M. Munier-Chalmas*. In-4°, Lille, 1903, p. 94 (Voir en outre, ci-après, p. 682, note 1). G.-B.-M. Flamand, *Sur l'existence de Schistes à Graptolithes à Hacı el Khenig, Sahara central* (C. R. Acad. Sc., CXL, 1905, 1^{er} sem., p. 954-957).

2. E.-F. Gautier, *A travers le Sahara Français* (La Géographie, XV, 1907, 1^{er} sem., pl. 1); R. Chudeau, *L'Air et la Région de Zinder* (*Ibid.*, p. 321-336, carte géol., pl. IV), et *D'In Zize à In Azoua* (*Ibid.*, p. 401-420, carte géol., pl. V). [Entre Hombori et le Niger, sur une distance de 300 kilomètres, les affleurements de schistes anciens affectent une direction E.-W. Ce brusque changement dans l'allure des plis paraît avoir déterminé une zone de moindre résistance, dont l'affaissement aurait permis à la mer crétacée de recouvrir en partie le Soudan; R. Chudeau, *Note sur la Géologie du Soudan* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., X, 1910, p. 317-332, carte de la p. 331); voir aussi G. de Gironcourt, *La Géographie*, XXI, 1910, 1^{er} sem., p. 212-216, carte.]

3. H. Hubert, *Esquisse préliminaire de la Géologie du Dahomey* (C. R. Acad. Sc., CXLV, 1907, 2^e sem., p. 692-695). [Voir surtout H. Hubert, *Mission scientifique au Dahomey* (Thèse de doctorat de la Faculté des Sciences de Paris), Paris, Em. Larose, 1908; in-8, 568 p., 1 carte géol. en couleurs h. t. à 1 : 1 250 000, 21 pl. phot., 86 fig.; et *La carte géologique du Dahomey* (La Géographie, XVII, 1908, 1^{er} sem., p. 349-368, pl. IV). — Pour les prolongements de la même région vers l'Ouest, voir J. Chautard, *Contribution à l'étude des roches éruptives et métamorphiques de la Côte d'Ivoire* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., VIII, 1908, p. 459-461); P. Combes, *Géologie de la Côte d'Ivoire* (*Ibid.*, IX, 1909, p. 346-349, 2 cartes dans le texte.)]

[4. W. Koert, in P. Lemoine, *La carte géologique du Togo* (La Géographie, XXII, 1910, 2^e sem., p. 265-269, 1 carte d. le t.)]

[5. On sait aujourd'hui que les grès du Niger appartiennent au Crétacé supérieur ou

que, dans la mesure où les observations actuelles permettent de l'affirmer, la transgression commence avec les schistes à Graptolithes¹.

Ce substratum a deux traits communs avec les Calédonides européennes. Il faut citer tout d'abord la grande longueur sur laquelle on observe cette direction subméridienne (l'on a, depuis le Nord de la Norvège jusqu'aux Mendip Hills, 18° à 19° de latitude, sans compter les vestiges reconnus au Spitzberg; du Tidikelt au Sud du Dahomey, l'écart est de 19° à 20°); ces longues traînées, souvent linéaires, s'opposent aux lignes directrices disposées en arc de cercle des chaînes de montagnes plus récentes, et ne semblent guère se réunir pour constituer une chaîne maîtresse. Une seconde analogie réside dans l'âge anté-dévonien de cette chaîne, anté-silurien supérieur en Afrique. Cette dernière différence conduit à leur attribuer le même rôle, vis-à-vis des Calédonides, que celui qui revient aux plissements formés à l'époque du Culm par rapport au système des Altaïdes, plissées sur le même plan à la fin de l'époque carbonifère et avant l'époque permienne. Pour nous en tenir aux principes fondamentaux d'analyse tectonique adoptés dans le présent ouvrage, nous considérerons ces accidents comme appartenant au système subméridien, sublinéaire, dont la surrection a pris fin en Europe avant le Dévonien et en Afrique avant le Silurien supérieur. A cette manière de voir, on peut cependant objecter que la discordance de base peut être beaucoup plus ancienne que les schistes à Graptolithes. Aussi, d'accord avec M. Chudeau, qui m'a fait parvenir sur ce sujet une lettre très instructive, les appellerons-nous *Calédonides sahariennes* ou *Saharides*.

Haug a aussi reconnu la disposition transversale des chaînes anté-permiennes et la diminution progressive de l'espace, tant au Nord qu'au Sud, dans la direction des chaînes alpines. C'est seulement par rapport à l'Europe que l'Afrique est un continent méridional; pour le globe terrestre, c'est un continent équatorial.

En allant du Nord au Sud, et en faisant abstraction des vestiges reconnus au Spitzberg, on rencontre d'abord, depuis le Nord de la Norvège jusqu'aux Mendip Hills, l'édifice calédonien; ensuite viennent, en France et en Allemagne, les Altaïdes, puis les Alpides et la Mer

à l'Éocène; quant aux roches du Gourma, ce sont de véritables quartzites, d'âge beaucoup plus ancien (Dévonien ?).

1. Ém. Haug, *La structure géologique du Sahara Central, d'après les documents géologiques et paléontologiques de M. F. Foureau* (La Géographie, XII, 1905, 2^e sem., p. 297-304), et ailleurs. Ce rétrécissement est également signalé par R. Chudeau, C. R. Acad. Sc., CXLIII, 1905, 2^e sem., p. 566.

Méditerranée jusqu'à Tunis et Alger; là réapparaît un nouveau liséré d'Altaïdes, qui sera décrit un peu plus loin; enfin, au Sud de cette bande, viennent les Saharides. Mais, beaucoup plus au Sud, dans la Colonie du Cap, il y aura lieu de signaler les restes d'un nouvel ensemble plissé, regardant vers le Nord, qui rappelle à beaucoup d'égards les chaînes asiatiques.

Le Dévonien, à la suite des recherches futures, montrera probablement des faciès aussi variés que dans le Fezzan. Au Gourara, Flamand a trouvé *Calceola sandalina*¹ et Gautier fait mention de Dévonien supérieur avec *Clymenia* et *Goniatites retrorsus*. Il faut noter les relations de sa faune avec celles de l'Afrique du Sud et de l'Amérique; en particulier, Haug signale la présence de la faune à *Tropidoleptus carinatus* (étage de Hamilton dans l'Amérique du Nord) dans le désert qui se trouve à l'Ouest de l'Ahenet².

Le Carbonifère d'Igli est du Carbonifère inférieur. De l'Erg d'Issaouan on a rapporté un grand nombre d'espèces du Moscovien et de l'Ouralien³; mais jusqu'à présent on n'a trouvé ni *Fusulina* ni *Schwagerina*, et il reste quelques doutes sur la présence des couches les plus élevées du Carbonifère supérieur.

Le Permien, le Trias, le Lias, le Jurassique et le Néocomien manquent dans le Sahara central. Un étage d'argiles bigarrées avec gypse, renfermant des restes de Poissons et de Dinosauriens, se trouve à la base de l'escarpement crétacé sous le Cénomaniens typique. Haug les a décrites sous le nom de couches à *Ceratodus*⁴. On les considère comme albiennes parce qu'elles se trouvent sous le Cénomaniens; mais elles ne contiennent aucun fossile qui soit typique de l'Albien ou du Cénomaniens; leur caractère lagunaire doit les faire considérer comme marquant le prélude de la transgression, et comme étant quelque chose d'analogue aux couches à végétaux de Perutz en Bohême ou aux couches à phosphate qui, en Angleterre, par exemple, près de Cambridge, se trouvent sous l'Upper Greensand transgressif. Dans le Sud, entre Zinder et Agadès, les couches de Tegama, décrites par Chudeau, leur correspondent.

1. G.-B.-M. Flamand, *Sur la présence du Dévonien à Calceola sandalina dans le Sahara Occidental (Gourara, Archipel touatien)* (C. R. Acad. Sc., CXXXIII, 1901, 2^e sem., p. 62-64).

2. Ém. Haug, *Sur les fossiles dévoniens de l'Ahenet Occidental recueillis par M. Noël Villatte* (C. R. Acad. Sc., CXLI, 1905, 2^e sem., p. 970-972), et *Nouvelles données sur le Dévonien de l'Ahenet Occidental (Mission de MM. R. Chudeau et E.-F. Gautier)* (ibid., CXLII, 1906, 1^{er} sem., p. 732-734).

3. Le Moscovien paraît exister également au Touat (Tazoult) et auprès de Taoudenni; G.-B.-M. Flamand, *Sur la présence du terrain carboniférien aux environs de Taoudeni* (C. R. Acad. Sc., CXLIV, 1907, 1^{er} sem., p. 1387-1390); R. Chudeau, *Le Carbonifère d'Oum el Asel et de Tazoult* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., X, 1910, p. 11-17).]

4. Haug, in Foureau, *Documents scientifiques de la Mission Saharienne*, II, p. 814.

Au Nord d'In Salah, la constitution de la falaise crétacée se modifie. Le Plateau du Tademaït se compose d'une table de dolomie turonienne qui tombe à pic vers le S.E. (Djebel el Abiodh) et vers le N.W. (el Baten) et qui joue désormais le rôle orographique du glint. Le Cénomaniens est mal représenté. Au-dessous de cet étage se trouvent des grès avec gypses, concrétions et bois fossiles, occupant le niveau des couches à *Ceratodus*; ces dépôts recouvrent une surface considérable et sont aquifères; plus loin, vers le Nord, sur le bord de l'Atlas, on rencontre au même niveau des grès, avec des troncs d'arbres, qui ont été décrits comme néocomiens.

Sur un grand nombre de points, on trouve des *volcans*. Nous avons déjà cité le Tarso dans le Tibesti et le Tekindouhir dans l'Aïr. Ce dernier se trouve au pied du Mont Baghsem; à la vérité, cette montagne et les hauteurs qui la prolongent au Nord n'ont fourni que des roches cristallines, mais la couverture basaltique et les scories que tous les voyageurs signalent le long de la route de l'Ouest, en allant vers Agadès, trahissent l'existence d'une importante région éruptive (fig. 138). La carte de Chudeau représente toute la chaîne de Baghsem (Baghazam, 17° 45' à 20°) comme une chaîne de montagnes méridienne, formée de roches éruptives tertiaires. Foureau cite comme volcaniques, en particulier, les sommets d'Aggaten et de Diguallane.

Barth avait déjà signalé des faits analogues; Gentil¹ a réuni ces données avec celles de Duveyrier sur l'Ahaggar et celles qui ont été recueillies plus récemment. Dans l'Ahaggar, le nombre des

1. L. Gentil, in Foureau, *Documents scientifiques de la Mission saharienne*, II, p. 724 et suiv.

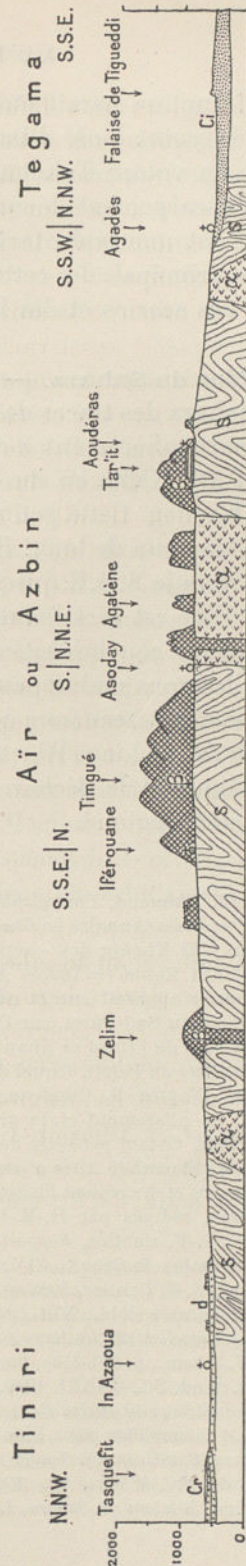


Fig. 138. — Coupe de la chaîne volcanique de l'Aïr, d'après R. Chudeau (*Bull. Soc. Géol. de Fr.*, 4^e sér., VII, 1907, pl. XI, fig. 3).
 α. Silurien; β. Archéen; γ. Dévonien; δ. Crétacé inférieur; ε. Crétacé supérieur; ζ. Roches éruptives tertiaires.
 Échelle des hauteurs 1 : 120 000.

points d'éruption paraît être particulièrement grand. Plus loin, vers l'Ouest, le point isolé d'In Zize, au Sud de l'Ahnet, a été souvent nommé. Le volcan Tekout, qu'Overweg a déjà décrit, se trouve au pied de l'escarpement dévonien du Tassili des Azdjer; la roche qui en est sortie est une téphrite à olivine. L'Oued Igharghar, qui fut jadis le fleuve principal de cette région et qui s'écoulait vers le N., a entraîné des scories et des laves jusque dans le Grand Erg.

Altaïdes du Sahara. — En 1900, Flamand annonça qu'il y avait dans le Sahara des traces de plissements anté-permiens (hercyniens). Il désigna particulièrement à cet égard la petite chaîne, à peu près méridienne, d'Aïn Kahla ou du Djebel Azaz et, dans cette chaîne, la localité d'El Kheneg. Cette petite chaîne s'étend entre 27° et 28° de lat. N., par 3° 14' environ de long. E.; elle émerge de la Craie horizontale et se continue vers le S.S.E. jusqu'à ce qu'elle disparaisse dans la marge du Mouydir. Elle est certainement postérieure au Carbonifère inférieur et antérieure aux couches à *Ceratodus* de la base du Cénomaniens¹.

Abandonnons maintenant ces régions pour aller chercher quelques éclaircissements beaucoup plus au Nord.

Par 1° 30' de long. W. et 32° de lat. N. environ se trouvent les localités de Figuig et de Béchar. Gautier et Flamand ont donné des descriptions de cette région².

1. G.-B.-M. Flamand, *Une mission d'exploration scientifique au Tidikelt. Aperçu général sur les régions traversées* (Annales de Géogr., IX, 1900, p. 233-242, pl. IX : carte). Flamand désigne sous le nom d'El Kheneg des « séries d'arêtes rocheuses vives » et un petit défilé dans la chaîne de l'Aïn Kahla (= Djebel Azaz) (Annales de Géogr., IX, 1900, p. 241), tandis que Hacı el Kheneg apparaît sur la carte de Gautier (La Géographie, X, 1904, 2^e sem., pl. I) bien loin de là, au Sud-Ouest, sur l'Oued Bota. Ce point doit correspondre à l'embouchure dans l'Oued Bota de l'Oued el Khanig (orthographe de la carte de Flamand et de l'*Atlas des Colonies françaises* de Pelet), lequel descend du Djebel Azaz. Nous sommes donc ici en plein Carbonifère. [D'après R. Chudeau, il s'agit probablement, en réalité, de deux localités différentes.] Le plissement et le gisement de Graptolithes correspondent évidemment au cours supérieur, distant peut-être de 60 à 80 kilomètres.

2. G.-B.-M. Flamand, *Aperçu général sur la géologie et les productions minérales du bassin de l'Oued Saoura et des régions limitrophes* (Extrait des Documents pour servir à l'étude du Nord-Ouest Africain, rédigés par H.-M.-P. de la Martinière et N. Lacroix). In-8°, 166 p., carte, Alger, 1897; E.-F. Gautier, *Rapport sur une mission géologique et géographique dans la Région de Figuig* (Annales de Géogr., XIV, 1905, p. 144-166, pl. IV : carte géol.). Pour l'espace qui vient au Sud, E.-F. Gautier, *Sahara Oranais* (Ibid., XII, 1903, p. 235-259, pl. IV : carte géol.), et *Études sahariennes* (Ibid., XVI, 1907, p. 46-69, pl. I : carte). Voir aussi G.-B.-M. Flamand, *Observations nouvelles sur les terrains carbonifériens de l'Extrême-Sud Oranais* (C. R. Acad. Sc., CXLV, 1907, 2^e sem., p. 211-213); Ficheur, *Sur l'existence du terrain carboniférien dans la région d'Igli* (C. R. Acad. Sc., CXXXI, 1900, 2^e sem., p. 288-290); A. Thevenin, *Note sur des Fossiles du Carbonifère inférieur du Djebel Bechar (Sud-Oranais)* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., IV, 1904, p. 818-822). [A compléter par : Lieutenant H. Poirmeur, *Essai de carte géologique de la région Gair-Zousfana (Sud-Oranais)*, *Notice sur la composition et la nature des étages distingués* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., VI, 1906, p. 724-728, pl. XXVI : carte géol. à 1 : 1 000 000); E.-F. Gautier, *Missions au Sahara, I. Sahara Algérien*, 1908, chap. IV-V (p. 139-218) et Appen-

Le Djebel Grouz (1800 mètres), près de Figuig, est un anticlinal aigu, dirigé E.-W. et constitué par du Lias et du Jurassique¹. C'est une portion de l'Atlas Méditerranéen, et même le prolongement de la haute chaîne des Ksour. Une chaîne jurassique plus petite, le Djebel Melias, la précède au Sud; là, le calcaire jurassique est déversé vers le Sud et repose sur le Cénomanién, c'est-à-dire sur les sables de sa base. *Ce point est la limite de l'Atlas Méditerranéen du côté de l'avant-pays.*

Là commence un monde nouveau, pour reprendre une expression de Gautier. Sur tout le bord Sud de l'Atlas Méditerranéen, on avait de larges plaines de sables du désert ou bien de Cénomanién; ici, au contraire, ce sont des montagnes importantes, orientées S.W.-N.E., qui viennent au jour.

Une vallée longitudinale de 130 kilomètres de longueur et de 900 mètres d'altitude se dirige vers le S.W. le long de ces montagnes, entre Figuig et Béchar. Le Djebel Antar (1800 mètres), au Nord, est constitué par du Carbonifère. La vallée est remplie par du Cénomanién; le poste militaire de Ben Zireg est bâti sur du Dévonien très redressé. Le Djebel Béchar (1400 mètres), sur le bord Sud de la vallée, est une croupe de Calcaire carbonifère, très longue et très large, dont le dos s'incline au N. W.; à ce calcaire se relie, sans que les conditions du gisement aient été autrement précisées, du Carbonifère moyen, marin; par-dessus viennent des grès verts avec des espèces du Westphalien supérieur, comme *Neuropteris gigantea*, etc. (flore de Schatzlar)², et enfin vient, en discordance, le Cénomanién.

D'autres chaînes parallèles viennent ensuite, en particulier le Djebel Mezarif, de l'autre côté de l'Oued Zousfana, qui occupe une seconde vallée longitudinale.

Cette zone de chaînes parallèles, avec les deux vallées longitudinales dont il vient d'être question, appartient à une époque de plissement qui est postérieure au Carbonifère inférieur et antérieure au Cénomanién. La direction des mouvements et la succession des couches sont différentes de celles de l'Atlas Méditerranéen, bien qu'il y ait à peine 12 à

dice XI (p. 361-362), pl. II, III, IV : cartes géol.); Général Jourdy, *Note sur les études géologiques des Officiers dans le Sud Oranais* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., VIII, 1908, p. 20-23).]

[1. Voir G.-B.-M. Flamand, *Note préliminaire sur les formations secondaires (triasiques et infrajurassiques) du Sud-Oranais (Algérie et Territoires du Sud)*. (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., VIII, 1908, p. 256-259).]

[2. Sur le terrain houiller des environs de Figuig, voir : Général Jourdy, *Note sur la découverte, par le capitaine Maury, de la houille dans l'extrême Sud-Oranais* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., VIII, 1908, p. 83-84); G.-B.-M. Flamand, *Sur l'existence de la houille dans le Bassin de l'Oued Guir* (Ibid., p. 259-260); et Annales de Géogr., XVII, 1908, p. 359-360); H. Douvillé et Zeiller, *Sur le terrain houiller du Sud Oranais* (C. R. Acad. Sc., CXLVI, 1908, 1^{er} sem., p. 732-737).]

15 kilomètres de Cénomaniens horizontal entre le Dévonien de Ben Zireg et les calcaires jurassiques de l'Atlas.

La lacune qui sépare le Carbonifère inférieur et le Cénomaniens ne permet pas d'arriver à une détermination d'âge plus précise; néanmoins les savants français pensent, avec raison sans doute, que ces chaînes appartiennent à un ensemble d'âge anté-permien (hercynien), c'est-à-dire aux Altaïdes.

Le *Djebel Béchar* est le plus long et le plus important de ces chaînons; il s'infléchit en formant un arc de cercle de la direction S.W. à la direction S.S.W. et atteint Igli, en bordure de l'Oued Zousfana. En amont de ce point, l'Oued Zousfana et l'Oued Gir se réunissent pour former l'Oued Saoura, et la chaîne s'efface de plus en plus. Dans le voisinage de 30° de lat. N., le Dévonien supérieur apparaît, avec une direction peu différente, N.W.-S.E., et suit l'alignement de l'Oued Saoura; des roches dévoniennes, orientées S. S. E., accompagnent ainsi l'Oued Saoura jusqu'à Bouda dans le Touat (par 28° 5' de lat. N. et 0° 15' de long. W. environ). Ainsi la ligne Zousfana-Saoura jalonne, sur quatre degrés de latitude, le parcours des anciens plis. Mais en avant de cette ligne se trouvent, en particulier au voisinage de 29°, de nombreux vestiges de plis mésodévoniens et néodévoniens complètement arasés; ils finissent par disparaître sous les grès du grand plateau créacé du Tadmait et sous l'escarpement turonien du Baten.

Entre 26° 30' et 27°, l'Oued s'interrompt et l'on ne sait rien sur les terrains qui l'encaissent; mais, plus au Sud, l'Oued Zousfana reparait sous le nom d'Oued Messaoud; d'après Gautier, et contrairement à ce qu'indiquent les cartes antérieures, il tourne vers le S.W., c'est-à-dire vers le Djouf. De nouvelles traces des plissements anciens apparaissent plus à l'Est; elles se montrent, d'ailleurs, de moins en moins accusées, jusqu'à ce qu'elles réapparaissent à nouveau d'une façon nette au Nord de l'Ahnet et du Mouydir.

Là encore, nous suivons une description de Gautier¹.

Près d'In R'ar (par 27° de lat. N. et 2° 15' de long. E. environ) surgit au bord du plateau créacé un anticlinal carbonifère aigu, dirigé à peu près N.-S. On peut d'ailleurs se demander s'il se retrouve dans

1. E.-F. Gautier, *Le Moudir-Ahnet. Essai de Géographie physique d'après des observations faites au cours du raid effectué par le commandant Laperrine* (La Géographie, X, 1904, 2^e sem., p. 1-18 et 85-102, pl. I : carte géol.). Pendant l'impression de cet ouvrage, il a paru : E.-F. Gautier et R. Chudeau, *Esquisse géologique du Tidikelt et du Mouïdir-Ahnet* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., VII, 1907, p. 195-218, pl. VI : carte géol.), et R. Chudeau, *Excursion géologique au Sahara et au Soudan (Mars 1905-Décembre 1906)* (Ibid., p. 319-346, pl. XI : coupes, et carte géol. générale dans le texte, p. 344-345). [Voir aussi E.-F. Gautier, *Missions au Sahara*, tome I. *Sahara Algérien*, 1908, chap. VII, p. 277-335, et pl. V : Essai de carte géologique du Tidikelt et du Mouïdir-Ahnet, par E.-F. Gautier et R. Chudeau, 1 : 1500 000.]

l'Ahnet¹. Les plis les plus larges de l'Ahnet oriental et du Mouydir

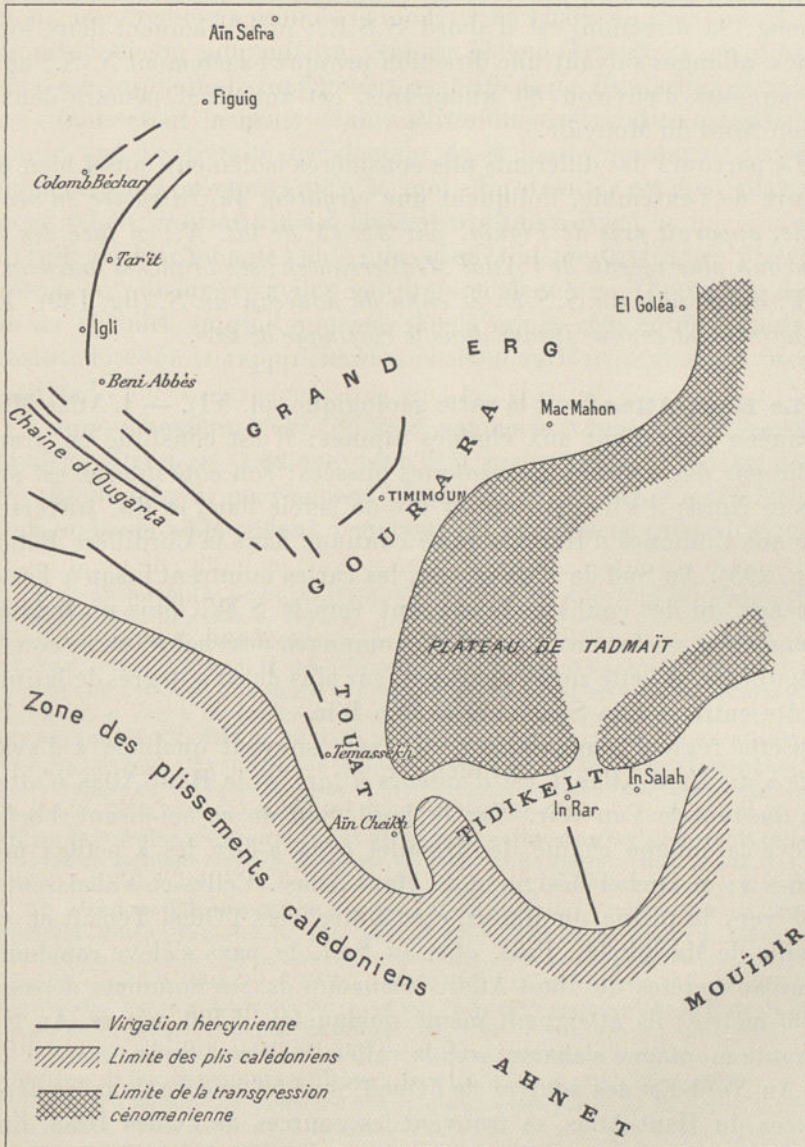


FIG. 139. — Virgation des plis hercyniens du Sahara Central, d'après E.-F. Gautier (*Missions au Sahara, I. Sahara Algérien*. In-8°, Paris, 1908, p. 241, fig. 50).

Échelle de 1 : 6 000 000 environ.

occidental devront faire également l'objet d'observations nouvelles. Mais, par 3° 20' de long. E. environ, apparaît à nouveau, au milieu de

[1. Le pli d'Aïn Chebbi se continue vers le Sud jusqu'au Djebel Aberraz, à mi-chemin

la région crétacée, un anticlinal aigu. C'est l'Aïn Kahla de Flamand ou Djebel Azaz, d'où proviennent probablement les Graptolithes d'El Kheneg; sa direction est d'abord S.S.E.; mais viennent deux longs domes, allongés suivant une direction presque exactement N.-S.; après un parcours d'environ 80 kilomètres, cet anticlinal pénètre dans la région Nord du Mouydir.

Le parcours des différents plis considérés isolément, aussi bien que l'allure de l'ensemble, indiquent une *virgation qui, disposée en arc de cercle, apparaît près de Figuig, par 32° 15' de lat. N., en face des plis beaucoup plus récents de l'Atlas Méditerranéen; ses branches tournent du S.W. au S. puis au S.S.E. et enfin de nouveau au S.* (fig. 139). Elle est maintenant connue jusque dans le voisinage de 26°.

Le Haut-Atlas (voir la carte géologique, pl. VI). — L'Atlas Méditerranéen appartient aux chaînes alpines; il est constitué en grande partie par des couches mésozoïques plissées; son côté interne est situé vers le Nord; il s'incurve en un arc de cercle dans le Rif, traverse la mer aux Colonnes d'Hercule et se continue dans la Cordillère Bétique (I, p. 295). Au Sud de cette région, les cartes montrent jusqu'à Fez des rameaux ou des coulisses divergeant vers le S.W., puis un territoire assez étendu, en forme de coin, interrompu par des chaînes assez courtes, irrégulières. A cette zone appartient, sur plus de cinq degrés de latitude, la côte entre le Cap Spartel et le Cap R'ir.

Cette région triangulaire a été assez souvent qualifiée « d'avant-pays » du Haut-Atlas. C'est d'ailleurs à tort, et le Haut-Atlas n'atteint pas du tout le Cap R'ir. Sur le bord Sud de ce soi-disant *Vorland* s'élève la longue chaîne des Djebilet (c'est-à-dire les « petites montagnes »; el Djebel désignant le Haut-Atlas). Celles-ci s'abaissent au Sud vers la plaine du Haouz, c'est-à-dire vers l'Oued Tensift et vers la ville de Marrakech. Puis, plus au Sud, le pays s'élève rapidement jusqu'aux crêtes du Haut-Atlas. Beaucoup de ses sommets dépassent 3000 mètres; ils atteignent même quelquefois 4500 mètres. Au Sud, la haute montagne s'abaisse vers la vallée de l'Oued Sous.

Au Nord-Est des sources de l'Oued Sous, et encore dans les dépendances du Haut-Atlas, se trouvent les sources de l'Oued Draa. Entre les deux s'élève un massif remarquable, qui supporte le Djebel Siroua et qui relie le Haut-Atlas à l'Anti-Atlas, courant au Sud de l'Oued Sous. L'Oued Draa s'infléchit vers le S.W., contourne le massif du Siroua et atteint ainsi le bord Sud de l'Anti-Atlas.

du Tidikelt et de l'Ahnet (E.-F. Gautier, *Missions au Sahara*, I. *Sahara Algérien*, 1908, p. 282-283).]

Joseph Thomson avait constaté que les Djebilet se composent de roches anciennes (métamorphiques) plissées, qui ont une direction N.N.E., transversale à celle de l'ensemble du chaînon, et il pensait que cette direction se poursuit au delà de l'Oued Tensift et *au delà de Marrakech jusque dans les premiers contreforts du Haut-Atlas*. Les contours émoussés de la haute chaîne attirèrent son attention; il put aussi montrer que l'extrémité occidentale de la haute montagne s'abaisse brusquement et n'atteint pas la mer. En réalité, on peut placer la limite à 60 ou 70 kilomètres à l'intérieur du Cap R'ir¹.

Theobald Fischer a constaté que, sous la couverture de ce prétendu *Vorland*, on retrouve le même substratum plissé que Thomson a décrit dans les Djebilet, et qu'il apparaît même sur la côte entre Casablanca et Rabat. Fischer le rapprocha des chaînes varisques et de la Meseta espagnole².

Ce rapprochement a été confirmé par les travaux des explorateurs français³. Brives et Lemoine ont fait connaître le Nord du Haut-Atlas. Louis Gentil, en risquant plusieurs fois sa vie, l'a traversé en quatre endroits⁴. Cependant, beaucoup de problèmes restent encore à

1. Joseph Thomson, *The Geology of Southern Morocco and the Atlas Mountains* (Quart. Journ. Geol. Soc. London, LV, 1899, p. 190-213). [L. Gentil a montré, à la suite de ses premières explorations (Mission de Segonzac), qu'il était difficile de faire commencer le Haut-Atlas à la vallée de l'Oued Ait Moussi, la chaîne tertiaire se prolongeant jusqu'à la côte Atlantique : les plis du Cap Tafetneh, du Cap R'ir et d'Agadir appartiennent, en effet, aux mêmes plissements alpins, et non à un régime de plateaux, comme le croyait J. Thomson (L. Gentil, *Annales de Géogr.*, XV, 1906, p. 142-143). Un récent voyage jusqu'à Agadir lui a permis de préciser ces relations : les anticlinaux du Cap R'ir et d'Agadir n'Irir, à axes jurassiques avec noyaux permien ou triasiques, forment le prolongement du Haut-Atlas, tandis que les plis situés plus au Nord, comme ceux du Cap Tafetneh, du Bou Zergoun, du Djebel Hadid, sont en dehors de la chaîne proprement dite, et marquent le contre-coup des plissements tertiaires dans la région tabulaire crétacée et éocène du Haouz et de Marrakech; L. Gentil, *Les mouvements tertiaires dans le Haut-Atlas marocain* (C. R. Acad. Sc., CL, 1910, 1^{re} sem., p. 1465-1468).]

2. Th. Fischer, *Wissenschaftliche Ergebnisse einer Reise im Atlas-Vorlande von Marokko* (Petermanns Mitteil., Erg.-Heft Nr. 133, 165 p., 3 cartes, 1900; en particulier p. 152 et suiv.). [Voir aussi son mémoire : *Meine dritte Forschungsreise im Atlas-Vorlande von Marokko* (Mitth. der Geogr. Gesellsch. Hamburg, XVIII, 1902, p. 1-199, 2 cartes).] Un progrès notable fut en outre réalisé par la publication, survenue peu de temps auparavant, de la carte de l'Atlas marocain de P. Schnell (Petermanns Mitteil., Erg.-Heft n° 103, 120 p., carte, 1892). [Voir aussi P. Schnell, *L'Atlas marocain d'après les documents originaux*. Trad. par Aug. Bernard (Publications de l'École des Lettres d'Alger). In-8°, x-316 p., 1 carte, Paris, 1898].

3. L. Gentil a rapporté de nombreux documents sur cette partie du Maroc, qu'il désigne sous le nom de *Meseta marocaine*, à la suite d'une étude du pays des Chaouia (1908), puis d'une exploration des Zaër (1909). Il a montré que la chaîne carbonifère, après avoir suivi à partir des Djebilet la direction N.N.E. des chaînes varisques, se bifurque par virgation de ses plis, au Nord des Chaouia, en donnant une branche armoricaine (N. W.) qui va disparaître sous les eaux de l'Océan, et une branche N.E., se dirigeant vers le Moyen-Atlas; cette chaîne, profondément arasée, n'apparaît plus aujourd'hui qu'à l'état d'une péninsule (Mdakra, Zaër), dont des mouvements plus récents ont parfois rajeuni le relief (Nouvelles Archives des Missions Scientif., XVIII, 1909, p. 43-47).]

4. L'on ne peut citer ici que les derniers travaux d'ensemble : A. Brives, *Les terrains crétacés dans le Maroc Occidental* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., V, 1905, p. 81-96, pl. I :

résoudre; mais, en ce qui concerne l'espace compris entre la mer et le méridien de Demnat (6° de long. W.), on est arrivé aux conclusions suivantes :

Il y a eu au Maroc deux phases de plissement, La première est antépermienne; sa direction est N. 20° E.; dans l'Est elle remonte probablement davantage vers le N. ou même dépasse légèrement la ligne du méridien vers l'W.¹. La seconde est d'âge tertiaire; sa direction est N.E. ou E.N.E.; elle forme les chaînes méditerranéennes (alpines). La différence d'âge et de direction des plis est aussi tranchée qu'entre l'Atlas Oranais et le Djebel Béchar ou qu'entre la Cordillère Bétique et la Meseta.

Comme on l'a vu, les plis antépermien apparaissent sur la côte entre Casablanca et Rabat; ils forment une grande partie des Djebilet, puis les environs de Marrakech et le Haut-Atlas. On y connaît des gneiss, des granites et des schistes anciens, du Silurien (schistes à Graptolithes² et calcaires à Orthocères), du Dévonien et du Carbonifère inférieur. Le Permien, souvent accompagné de roches éruptives, est toujours séparé des terrains antérieurs par une dislocation, ou bien les recouvre en discordance; c'est ce qui arrive, par exemple, pour la calotte de grès rouge qui repose sur les schistes anciens aux environs du Col de Tizi n Telouet (Glaoui)³. Assez souvent, il n'existe en fait

carte géol.), et *Contribution à l'étude géologique de l'Atlas marocain* (Ibid., p. 379-398, pl. XI : carte géol.); L. Gentil, *Observations géologiques dans le Sud-Marocain* (Ibid., p. 521-523); du même, *Contribution à la Géologie et à la Géographie physique du Maroc* (Annales de Géogr., XV, 1906, p. 133-151, pl. IV-V), et *Note sur l'Esquisse géologique du Haut Atlas Occidental* (Ibid., XVI, 1907, p. 70-77, pl. II : carte géol.); L. Gentil, *Mission de Segonzac. Dans le Bled es Siba. Explorations au Maroc*. In-8°, xv-340 p., 223 fig., Paris, 1906; P. Lemoine, *Mission dans le Maroc Occidental. Rapport au Comité du Maroc*. In-12, 224 p., carte, Paris, 1905. [Voir, en outre : L. Gentil, *Itinéraires dans le Haut-Atlas marocain* (La Géographie, XVII, 1908, 1^{er} sem., p. 177-200, fig. 44-56, pl. II : carte géol. en couleurs en 2 feuilles à 1 : 250 000); *Rapport sur une Mission géologique au Maroc, janvier-novembre 1907* (Nouvelles Archives des Missions Scientifiques, XVI, 1908, p. 189-216); *Rapport sur une Mission scientifique au Maroc en 1908* (Ibid., XVIII, 1909, p. 29-71); *Une leçon de Géographie Physique sur le Maroc* (Revue de Géogr. Annuelle, III, 1909, p. 471-495, 29 fig., 1 carte h. t., 4 pl. phot.); *Le Maroc et ses richesses naturelles*, Conférence faite à la Société de Géographie (La Géographie, XXI, 1910, 1^{er} sem., p. 301-320, fig. 52-63); *Mission de Segonzac au Maroc. Recherches de Géologie et de Géographie Physique* (in : M^o de Segonzac, *Au cœur de l'Atlas. Mission au Maroc, 1904-1905*. In-8°, Paris, 1910, p. 695-773, phot. pl. LXXXIII-LXXXIX, carte géol. h. t., 2 fig. cartes); A. Brives, *Voyages au Maroc, 1901-1907*. In-4°, Alger, 1909, x-612 p., nombr. phot., 6 pl. dont 3 cartes géol. (p. 463-581 : Étude géologique).]

[1. Les recherches de L. Gentil ont montré que cette direction des plissements carbonifères n'existe que dans la partie occidentale du Maroc. Au delà du Col de Telouet, l'orientation est différente, N.W.-S.E.; au Sud, dans la région de Tikirt et jusqu'au Djebel Siroua, elle est voisine du méridien. De sorte qu'il y a convergence de ces divers faisceaux de plis sur la région, encore inexplorée, du Djebel Bou Ouriou; L. Gentil, *Les mouvements orogéniques anciens dans le Haut-Atlas marocain* (C. R. Acad. Sc., CL, 1910, 1^{er} sem., p. 1275-1278).]

[2. L. Gentil, *Sur la présence des schistes à Graptolithes dans le Haut-Atlas marocain* (C. R. Acad. Sc., CXL, 1905, 1^{er} sem., p. 1659-1660).]

3. P. Lemoine, *Mission dans le Maroc Occidental*, p. 191, fig. 50.

de couverture discordante que du Permien et du Crétacé, comme dans les Pyrénées ou en Bohême.

A l'Ouest, le Col des Bibaoun, par la traversée duquel Oscar Lenz commença son célèbre voyage, et la vallée de l'Oued Aït Moussi qui rejoint celle de l'Oued Sous entre Taroudant et la mer, peuvent être considérés comme la région où le Haut-Atlas anté-permien s'enfonce sous les terrains plus récents.

Il est beaucoup plus difficile de jeter un coup d'œil sur la région de l'Est, qui paraît être très complexe. Rohlfs en a touché la partie méridionale. Les découvertes de Gentil ont jeté sur elle quelque clarté.

On a vu que les sources de l'Oued Draa sont encore situées dans la région du Haut-Atlas, et même au Nord-Est de celles de l'Oued Sous. Ces deux versants sont séparés par une large croupe de granite, de gneiss et de schistes cristallins qui, de l'Anti-Atlas, se dirige au Nord-Est vers le Haut-Atlas. Elle s'abaisse vers la plaine du Haut-Draa, où l'on voit près de Tikirt des marnes crétacées horizontales qui paraissent en envelopper le pied. Ces mêmes roches anciennes forment le haut-plateau des Aït Khzama (2 000 mètres) et sont connues dans le Haut-Atlas jusqu'à la hauteur du Col de Tizi n Tar'rat (3 500 mètres environ).

A ce substratum granitique dominant est superposé, entre l'Oued Draa et l'Oued Sous, la grande région volcanique récente du *Djebel Siroua*¹ avec ses restes de cratères, ses coulées de trachyte, ses scories et ses cendres; il forme en outre, plus au Nord, une grande partie du pays des Aït Tameldou et, plus loin encore, à ce même substratum se trouve superposée une masse extraordinairement puissante de roches éruptives permienes; ce sont elles qui forment les hauts sommets du *Djebel Tamjout* et du *Djebel Likoumt* qui, tous deux, ont environ 4 500 mètres d'altitude.

A l'Est de cette région, en allant de Tikirt vers le Nord, on arrive rapidement dans le Crétacé horizontal déjà mentionné de la haute vallée du Draa qui, là comme dans le Nord, contient du gypse. Le chemin remonte la vallée de l'Asif Imar'ren dans le Crétacé, sous lequel on voit apparaître le Permien rouge. Cette couverture récente se maintient jusqu'à ce qu'on atteigne les schistes anciens, au Col du Glaoui.

Là, le chemin s'infléchit vers l'Est, pour contourner le *Djebel Anr'mer*. On y trouve de nombreux fossiles du Carbonifère inférieur, et Gentil ne croit pas impossible que ce Carbonifère inférieur puisse être suivi un jour au Sud de la chaîne jusqu'au *Djebel Béchar*. Dans ce cas,

[1. L. Gentil, *Sur le Volcan du Siroua (Anti-Atlas marocain)*. (C. R. Acad. Sc., CXLVI, 1908, 1^{er} sem., p. 185-187); voir aussi Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., VIII, 1908, p. 19-20, et les fotogr. jointes à l'ouvrage : *Mission de Segonzac. Dans le Bled es Siba. Explorations au Maroc*. In-8°, Paris, 1906, *passim*.]

la chaîne anté-permienne entourerait également, dans le Tafilet et à l'Est de cette région, la partie Sud des plissements méditerranéens.

Le sommet du Djebel Anr'mer est, comme les autres hauts sommets, constitué par des roches éruptives permienes, qui reposent ici sur le Carbonifère inférieur. On retrouve ensuite le Permien rouge, et les calcaires jurassiques sont également signalés. A Aït Mdioual, au Sud de Demnat, on trouve des schistes noirs à Graptolithes sous le Permien discordant. Avant d'atteindre Demnat¹, on se trouve déjà dans le domaine des plis méditerranéens à direction E.N.E.; ils constituent sur une assez grande distance, au moins jusqu'à Sidi Rahal, le bord Sud de la plaine de Marrakech. Peut-être accompagnent-ils tout le bord Nord du Haut-Atlas; mais il paraît y avoir à ce sujet certaines divergences d'opinion². —

Entre les accidents anté-permiens de la côte Ouest et les Djebilet courent quelques anticlinaux isolés et de peu de longueur, dirigés S.W. ou W.S.W., qui traversent le soi-disant avant-pays. Les terrains qui les constituent ne se sont point formés dans des eaux profondes. Le Permien rouge est difficile à distinguer du Trias, également rouge, qu'accompagnent du gypse et du sel et aussi, comme dans les Pyrénées, de l'ophite. Le Jurassique³ est peu développé ou manque complètement, en particulier dans l'Ouest. On connaît du Crétacé inférieur⁴; le Cénomaniens est transgressif, et la transgression commence assez souvent, comme dans le Sahara, par du gypse⁵.

[1. Le voyage de L. Gentil a été effectué en sens inverse, partant de Demnat, atteignant la Kasba du Glaoui, traversant le Djebel Siroua et aboutissant par le Likoumt à Marrakech.]

[2. P. Lemoine, *Mission dans le Maroc Occidental*, p. 183-197. D'après la coupe de l'Oued Keraïa qui figure dans ce travail (p. 210, fig. 62), il semblerait que les couches crétacées du Haouz se sont affaissées à partir de la bordure septentrionale du Haut-Atlas. Cet affaissement est indiqué en termes formels par A. Brives et Ad. Braly, *Sur la constitution géologique de la plaine de Marrakech et du plateau des Rehamna, Maroc* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., VI, 1906, p. 56-66).

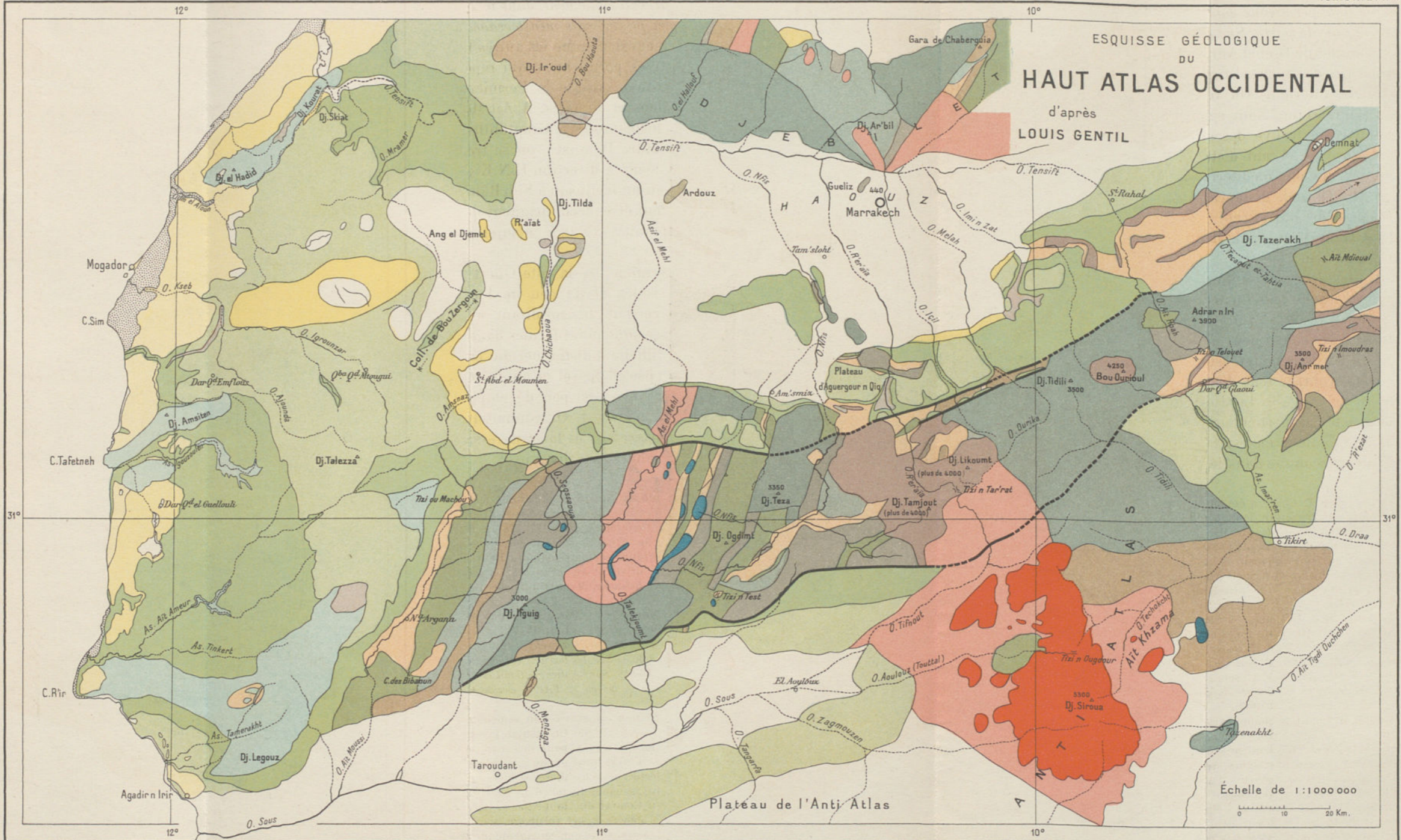
[3. L. Gentil et P. Lemoine, *Sur le Jurassique du Maroc Occidental* (Assoc. Fr. Av. Sc., 34^e sess., Cherbourg, 1905, II : Notes et Mém., p. 331-340, pl. IV-V).]

[4. L. Gentil et W. Kilian, *Découverte de deux horizons crétacés remarquables au Maroc* (C. R. Acad. Sc., CXLII, 1906, 1^{er} sem., p. 603-605); *Sur les terrains crétacés de l'Atlas Occidental marocain* (Ibid., CXLIV, 1907, 1^{er} sem., p. 49-51); *Sur l'Aptien, le Gault et le Cénomaniens, et sur les caractères généraux du Crétacé inférieur et moyen de l'Atlas Occidental marocain* (Ibid., CXLIV, 1907, 1^{er} sem., p. 105-107).]

[5. D'après L. Gentil, la chaîne carbonifère a été arasée non seulement dans la Meseta marocaine, mais aussi suivant l'emplacement de l'Atlas Occidental. Les dépôts arénacés du Permien et du Trias inférieur se sont formés aux dépens des matériaux provenant du démantèlement de ces montagnes, puis il s'est produit un morcellement, accompagné d'éruptions puissantes de trachytes, d'andésites et de basaltes; les mers jurassiques ont alors envahi la région qui est devenue plus tard, sous l'influence d'un mouvement de sens contraire, ce que L. Gentil appelle le « Massif Central du Haut-Atlas ». Celui-ci a été entouré par les mers du Crétacé inférieur, dont les dépôts, à son voisinage, sont littoraux ou lagunaires, et recouvert une dernière fois par la transgression cénomaniens. Subséquemment, les plissements tertiaires sont venus se superposer aux plis anté-permiens; mais tandis que,

LÉGENDE

-  Dunes
-  Alluvions pléistocènes et Plages soulevées
-  Pliocène
-  Miocène
-  Éocène
-  Crétacé supérieur
-  Crétacé inférieur
-  Jurassique
-  Trias lagunaire
-  Permo-Trias
-  Carbonifère
-  Dévonien et Grès de Tikirt
-  Silurien
-  Antésilurien
-  Paléozoïque indéterminé
- Roches éruptives**
-  Roches volcaniques tertiaires
-  Roches volcaniques permo-triasiques
-  Roches volcaniques paléozoïques
-  Granites et Schistes cristallins



LIBRAIRIE ARMAND COLIN

Imp. Dufrenoy - Paris

Un des plus importants de ces anticlinaux est le *Djebel el Hadid* (la « Montagne de Fer »; 666 mètres d'alt.; direction S.W.), entre l'Oued Tensift et Mogador. Son axe est, d'après Lemoine¹, constitué par du Trias vertical; d'autres anticlinaux lui succèdent; ils sont moins aigus, mais ils laissent affleurer aussi, sous le Crétacé, du Trias ou du Permien, et tous diminuent de hauteur dans la direction de l'Océan. L'un de ces anticlinaux atteint le Cap Tafetneh, un second le Cap R'ir, un troisième Agadir n Irir².

D'après ce qui précède, une branche puissante des Altaïdes, parfois masquée, il est vrai, ou interrompue, mais toujours nettement reconnaissable, et venant du Sud-Ouest de l'Europe avec une direction N. 20° E. (cette direction tourne au N. dans la partie orientale), atteint Casablanca, les Djebilet, Marrakech et le Haut-Atlas et s'étend au moins jusqu'à l'Oued Sous, et jusqu'aux sources du Draa et au méridien de Demnat. Beaucoup de témoins permien et crétacés se trouvent sur le Haut-Atlas; ses sommets les plus élevés sont constitués

dans le Haut-Atlas, les plis du substratum ancien paraissent être déjetés vers le Sud, ceux de la couverture secondaire qui les surmonte sont déversés vers le Nord: un régime d'anticlinaux et de synclinaux s'est établi parallèlement à la direction générale de la chaîne actuelle, dont l'allure a été déterminée par les failles qui ont recoupé les bandes successives de terrains primaires. Ces plis forment au Sud de Demnat, au pied de la plaine du Sous, des imbrications qui, de même que les anticlinaux du Cap R'ir et d'Agadir n Irir, regardent vers le N. Les mêmes mouvements ont eu leur répercussion jusque dans la région du Haouz, auprès de Marrakech. On peut donc dire qu'il y a eu tendance, pour l'Atlas, à s'écraser contre la Meseta marocaine demeurée exempte de plissements depuis le début des temps secondaires (L. Gentil, *Nouvelles Archives des Missions Scientifiques*, XVIII, 1909, p. 43 et suiv.). Après la grande phase des plissements tertiaires, il s'est produit des tassements de part et d'autre du Massif Central de l'Atlas: ainsi ont pris naissance les régions effondrées, d'architecture tabulaire, du Haouz de Marrakech, au Nord, du Sous et du Draa, au Sud; l'apparition du grand volcan pliocène, dont L. Gentil a révélé l'existence au Djebel Siroua, paraît être en rapport avec ces effondrements. Ce massif volcanique, de même que les principaux affleurements de roches éruptives permien, coïncide, d'ailleurs, avec la région de convergence des plis carbonifères, qui est aussi celle où le métamorphisme des terrains anciens acquiert sa plus grande intensité; L. Gentil, *Les mouvements tertiaires dans le Haut-Atlas marocain* (C. R. Acad. Sc., CL, 1910, 1^{er} sem., p. 1465-1468); *Contribution à l'étude tectonique du Haut-Atlas marocain* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., X, 1910, p. 162-163).]

1. P. Lemoine, *Sur la constitution du Djebel Hadid, Maroc occidental* (C. R. Acad. Sc., CXL, 1905, 1^{er} sem., p. 393-394).

[2. Ces plis, en s'abaissant vers l'Ouest, vont s'envoyer sous l'Océan pour se relever peut-être aux Iles Canaries, où la présence d'Échinides cénomaniens a été récemment signalée par J. Cottreau et P. Lemoine, d'après les récoltes du botaniste Pitard (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., X, 1910, p. 267-271). La séparation du Continent Africain et de l'Archipel Canarien serait de date récente, si l'on en juge d'après l'âge probable des plis de l'Atlas: ceux-ci sont, en effet, postérieurs au Tortonien à *Ostrea crassissima* et ont même affecté, dans la zone littorale, le Plaisancien. L'aire d'envoyage qui sépare les Iles Canaries et la Côte Sud-Marocaine n'aurait donc été submergée qu'à partir du Pliocène supérieur, et ce chenal, au point de vue tectonique, deviendrait ainsi comparable au Détroit de Gibraltar, considéré également comme une aire d'envoyage des plis de la chaîne qui s'étend du Rif à la Cordillère Bétique; L. Gentil, *Sur la formation du détroit de Gibraltar* (C. R. Acad. Sc., CXLVIII, 1909, 1^{er} sem., p. 1227-1230; voir aussi Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., IX, 1909, p. 55-56; et X, 1910, p. 271).]

par des roches éruptives surajoutées, tantôt permienes (par exemple au Djebel Likoumt), tantôt beaucoup plus récentes (Djebel Siroua).

Les montagnes situées plus à l'Est sont presque inconnues; il y a là aussi de hauts sommets, tels que le Djebel Bou Ouriou (4 250 mètres). De même, on ne possède encore sur l'Anti-Atlas, dans le Sud, que très peu d'observations. Gentil l'a vu du Nord-Est et a cru y reconnaître une chaîne plissée. D'après les descriptions et les dessins de Lenz, on pourrait supposer que la structure du Haut-Atlas continue à y régner, à l'Ouest et au Sud. A Fom el Hossan (28° 30' de lat. N.), il existe des couches verticales de grès quartzeux d'âge inconnu. Le Carbonifère inférieur a été signalé par Lenz¹, au moins jusqu'à 26°. D'après Flamand², la Hammada el Aricha, au Nord de Taoudenni (21° 30'), est constituée par du Carbonifère inférieur, qui s'y montre horizontal.

Gentil annonce que, d'après les renseignements fournis par Dereims, on trouve dans le Nord du Tagant du Dévonien gréseux, plissé suivant une direction N. un peu E.; la même disposition serait réalisée, d'après les observations de Gérard, près de Tijikja (Tagant, 19° de lat. N., 9° 30' de long. W.). D'après le même observateur, Gruvel³ aurait reconnu le même grès⁴ sous les dunes de Baja del Galgo, à l'intérieur du Cap Blanc (21° de lat. N.). Pour compléter ces renseignements, il faut ajouter que Dupont a signalé au Congo, entre 5° 15' et 4° 45' de lat. S. environ, des schistes plissés et des calcaires, ces derniers contenant des Stromatopores⁵.

Ces points sont si éloignés les uns des autres que l'on ne peut formuler aucune conclusion certaine; mais il paraît probable que, de même qu'on observe dans le Sahara Central une virgation anté-permienne s'étendant très loin vers le Sud, de même, en Mauritanie, des rameaux avancés anté-permiens peuvent également exister.

1. O. Lenz, *Timbuktu*. In-8°, Leipzig, 1884, II, p. 3, 16, 21, 49, et ailleurs.

2. G.-B.-M. Flamand, *Sur la présence du terrain carboniférien aux environs de Taoudeni, Sahara sud-occidental* (C. R. Acad. Sc., CXLIV, 1907, 1^{er} sem., p. 1387-1390.) [Voir aussi L¹ Mussel et L¹ Niéger, *Observations géologiques faites au cours de la tournée du Lieutenant-Colonel Laperrine du Touat à Taoudeni par Achourat* (Renseignements coloniaux et Documents, Comité de l'Afrique Fr., XVII, 1907, p. 142-155, coupes, 1 carte géol., p. 173-174).]

3. Gentil, *Annales de Géogr.*, XVI, 1907, p. 74.

[4. D'après les récentes observations faites au Cap Blanc par Gruvel et R. Chudeau, ces grès ne sont pas dévoniens, mais quaternaires; ils ne se montrent pas redressés ou le sont à peine.]

5. E. Dupont, *Lettres sur le Congo*. In-8°, 724 p., carte, Paris, 1889, p. 385, 504.

CHAPITRE XIII

LES ALPES

I. — Partie Occidentale ¹.

Situation des Alpes. — Développement des recherches. — Division des Alpes. — Zone du Mont-Blanc. — L'éventail houiller et la zone du Briançonnais. — Lambeaux de recouvrement. — Glaris. — Simplon et Tessin. — Jusqu'à la Doire Baltée. — Zone d'Ivrée et Massif de la Dent Blanche. — De la Doire Baltée au Gesso. — Jusqu'à la mer. — Les Alpes en Corse. — Relations avec l'Apennin.

Situation des Alpes. — Les considérations qui viennent d'être exposées sur le Nord de l'Afrique mettent en évidence la situation spéciale des chaînes alpines, dont les *Alpes* proprement dites forment la partie médiane et dont, pour préciser, nous désignerons l'ensemble sous le nom d'*Alpides*. Elles appartiennent aux Altaïdes posthumes.

Les Alpides s'étendent du Pont-Euxin jusqu'à Gibraltar. Au Nord sont situées les Calédonides, anté-dévonienues, et dont les plis ont une direction subméridienne; au Sud s'étendent les Saharides, dont l'orientation est analogue, mais dont l'âge est un peu plus ancien. Dans l'intervalle, marquant par leur direction perpendiculaire une nouvelle phase des phénomènes orogéniques, se rencontrent les restes, découpés en horsts, des Altaïdes anté-permiennes, qui s'étendent en arc de cercle depuis la Silésie, à travers l'Allemagne, la France, l'Espagne et le Maroc, jusqu'au Djebel Béchar près de Figuig. Ces restes forment le cadre à l'intérieur duquel se sont édifiées les Alpides.

Si maintenant nous jetons un regard sur l'ensemble du méridien terrestre, dans les limites où il est accessible à l'étude, c'est-à-dire depuis le Spitzberg jusqu'au Cap de Bonne-Espérance, nous constatons que ce cadre est *le seul espace à l'intérieur duquel, depuis l'extrême Nord*

[1. Traduit par Ch. Jacob.]

jusqu'à l'extrême Sud, se soient manifestés des plissements post-permiens d'une intensité notable. Les Montagnes du Cap, en effet, sont tout au plus d'âge permien. Les plissements posthumes du Bassin de Paris et de Londres et les autres Altaïdes posthumes n'atteignent qu'une faible amplitude. On peut donc dire, sans craindre de se tromper, que *presque toute la contraction post-carbonifère d'un grand fuseau méridien s'est fait sentir à l'intérieur de ce cadre.* Cette constatation, dans ce qu'elle a d'essentiel, a déjà été faite par Haug.

Il faut ajouter que les Alpides ne se montrent pas aussi étrangères à l'égard des Altaïdes que celles-ci le sont vis-à-vis des Calédonides et des Saharides. Et l'on peut comprendre plus facilement que, malgré les rapports intimes avec l'Asie, des terminaisons libres se trouvent aux extrémités orientales et occidentales des chaînes alpines, à l'Est dans le Balkan Oriental, dans l'éperon de Valeni, dans le pli le plus interne et le plus oriental des chaînes du Jura (Gislifluh-Kestenbergr, continué par un anticlinal de la Mollasse¹), et de même à l'Ouest, dans les Baléares.

Mais le cadre s'ouvre vers l'Est et le Sud-Est. Après que les Sudètes ont disparu sous les Carpathes, que le bord de la Pate-forme Russe, de même que la Chaîne Cimmérienne, ont été débordés et qu'ainsi, sur cette étendue, le cadre a été franchi par les Alpides, — depuis la Crimée jusqu'à Figuiç, une vaste région, appartenant au Sahara et à l'arc marginal des Dinarides, demeure ouverte. A l'intérieur de cet arc marginal est compris, comme on le sait, un soubassement intercarbonifère; mais des plissements s'y sont produits suivant le même plan, jusqu'à l'époque tertiaire, et ces plissements sont dirigés vers le Sud. Là dominant par conséquent des caractères asiatiques (III, p. 444).

Ce fragment de l'édifice périphérique de l'Asie, dans son ensemble, a pénétré, à l'intérieur du cadre des Alpides, vers le Nord-Ouest, tout en restant plissé vers le Sud; et il a si profondément influencé leur développement que, sous le méridien d'Innsbruck, leur largeur se réduit à environ 100 kilomètres. La contraction de la planète se manifeste donc, dans cet espace, de deux manières différentes, à savoir : par le mouvement d'ensemble des Dinarides, qui *ne résulte pas* d'un plissement, et par l'entassement des dislocations de diverse nature qui ont édifié les Alpides. Pendant cette élévation, le cadre s'est donc rétréci à partir du Sud-Est; et c'est une circonstance digne de remarque que les Dinarides ne jouent jamais, comme les Altaïdes, le rôle d'avant-pays (*Vorland*) passif et résistant, mais qu'il faut plutôt leur attribuer,

1. Fr. Mühlberg, Archives des Sc. phys. et nat., Genève, 4^e période, XVIII, 1904, p. 340 (Soc. Helv. Sc. Nat., Winterthur). [Voir aussi F. Mühlberg, *Geologische Karte des unteren Aare- Reuss- und Limmat-Tales*, 1 : 25 000. Herausgegeben von der Geolog. Commission, 1904 (Beitr. zur Geol. der Schweiz, Spezialkarte n° 31).]

en qualité d'arrière-pays (*Rückland*), par exemple au Brenner, une légère action de poussée.

Nous allons maintenant examiner tout d'abord les Alpes.

Développement des recherches.— Cinq États : l'Italie, la France, la Suisse, la Bavière et l'Autriche, se partagent ces majestueuses montagnes. De ce fait, une certaine inégalité a régné dans le travail scientifique, à une époque où ni les communications à grande distance, ni l'accessibilité de la montagne, ni les cartes topographiques n'étaient comparables à ce qu'elles sont aujourd'hui.

Les recherches se sont développées dans l'ordre que prescrivent à la fois la méthode inductive et la nature de l'objet étudié.

Tout d'abord vint la période analytique et descriptive. La Carte géologique de la Suisse d'Escher et Studer et la Carte géologique de l'Autriche de Franz von Hauer peuvent passer pour des monuments de cette époque.

A ces premiers travaux s'ajoutèrent bientôt les essais de synthèse locale, parmi lesquels on peut citer les premières coupes d'Escher, relatives à l'accident tectonique connu sous le nom de double-pli glaronnais, puis la tentative de Desor, en 1865, pour grouper les massifs centraux de la Suisse suivant des arcs concentriques, et la proposition faite l'année suivante, en 1866, par Charles Lory, de ramener à des failles la structure des Alpes Françaises; et, pour qui veut les examiner avec attention, les mémoires de Gerlach, datant de cette époque, renferment maintes vues d'un précurseur. Ensuite, à mesure que s'élargissait le champ des régions comparées entre elles, on vit s'imposer l'unité de tout le système alpin, le caractère passif des massifs centraux, la structure dissymétrique de la chaîne, le mouvement général vers le Nord et le rôle résistant de l'avant-pays. Déjà, en 1877, Friedrich Teller remarquait que les calcschistes (*Kalkphyllit*) s'enfonçaient sous le flanc Sud-Est des formations gneissiques de l'Oetzthal et de Stubai, comme si ces calcschistes étaient compris dans un large pli du gneiss, plongeant obliquement vers le N.N.W.¹.

Des lignes directrices s'ébauchèrent pour les Alpes, auxquelles vinrent s'ajouter les Carpathes et l'Apennin; les Dinarides furent séparées. Pendant que le plan d'ensemble se dévoilait ainsi peu à peu, un grand progrès dans l'intelligence de la structure interne fut réalisé, en 1884, par la comparaison que fit Marcel Bertrand avec le bassin houiller franco-belge : la possibilité du transport horizontal des masses

1. F. Teller, *Aufnahmen im oberen Oetz- und Passeierthale* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1877, p. 233).

(charriage) était démontrée¹. On reconnut ensuite la ressemblance de la première zone des massifs centraux de la Suisse de Desor (du Mercantour et du Pelvoux jusqu'au Mont-Blanc et jusqu'au Rhin) avec l'avant-pays varisque.

C. Schmidt indiquait cette ressemblance dès 1889²; en 1890, Michel-Lévy allait plus loin, en rapprochant la structure du Mont-Blanc de celle du Plateau Central³, et Kilian, en 1891, affirmait sans hésiter que ces massifs centraux sont des fragments de l'avant-pays⁴.

Sur ces entrefaites se faisait sentir, à l'Est, un plus vif besoin de comparaison avec l'Ouest; les fruits en étaient, en 1890, la carte d'ensemble de la Chaîne des Alpes de Noë⁵, et, en 1891, l'ouvrage de Diener sur les Alpes Occidentales, dans lequel ce savant définissait les caractères de la zone du Briançonnais⁶.

Une divergence d'opinions arrêta dans leur essor les travaux français et italiens. Les Schistes lustrés étaient considérés en Italie comme paléozoïques ou anté-paléozoïques, suivant l'opinion de Gastaldi; et cette manière de voir trouvait en Zaccagna un défenseur particulièrement autorisé. Lory leur assignait un âge mésozoïque. La solution resta en suspens jusqu'en 1894, où Marcel Bertrand les attribua définitivement à l'époque mésozoïque, si toutefois des formations tertiaires n'en faisaient pas également partie⁷. Peu après, par la découverte de fossiles mésozoïques, Franchi et Stella confirmaient l'exactitude de ce résultat⁸.

1. M. Bertrand, *Rapports de structure des Alpes de Glaris et du Bassin houiller du Nord* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 3^e sér., XII, 1883-84, p. 318-330, pl. XI, carte de la p. 329).

2. C. Schmidt, *Zur Geologie der Schweizeralpen*. In-8°, 52 p., 1 pl., Basel, 1889.

3. Michel-Lévy, *Étude sur les roches cristallines et éruptives des environs du Mont-Blanc* (Bull. Service Carte géol. de la Fr., n° 9, 1890, 26 p., 4 pl.).

4. W. Kilian, *Notes sur l'histoire et la structure des chaînes alpines de la Maurienne, du Briançonnais et des régions adjacentes* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 3^e sér., XIX, 1890-91, p. 571-661); par exemple p. 642 : « la première zone alpine... apparaît ainsi... comme une suite de fragments remaniés de l'ancienne chaîne hercynienne ».

5. Franz Noë, *Geologische Uebersichtskarte der Alpen*, 1 : 1 000 000, Wien, 1890 [avec *Erläuterungen...* précédées d'une Introduction par Ed. Suess. In-8°, 27 p.].

6. Carl Diener, *Der Gebirgsbau der Westalpen*. In-8°, v-243 p., 2 cartes, Wien-Prag-Leipzig, 1891.

7. Marcel Bertrand, *Études dans les Alpes françaises. Structure en éventail, massifs amygdaloïdes et métamorphisme* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 3^e sér., XXII, 1894, p. 69-162, pl. IV-VI, dont 2 cartes).

8. S. Franchi, *Sull'età mesozoica della zona delle pietre verdi nelle Alpi Occidentali* (Boll. R. Comitato Geol. d'Ital., XXIX, 1898, p. 325-482, pl. V-IX, dont 1 carte); et plusieurs mémoires plus récents. [Voir aussi S. Franchi, W. Kilian et P. Lory, *Sur les rapports des schistes lustrés avec les faciès dauphinois et briançonnais du Lias* (Bull. Service Carte Géol. de la France, XVIII, 1907-1908, n° 119, p. 135-141, pl. I-II : phot.; reprod. Travaux Laborat. de Géol. Fac. des Sc. Grenoble, IX, 1908-1909, p. 191-201, pl. I-II); S. Franchi, *Bibliografia ragionata dei principali lavori concernenti la cronologia dei terreni a « faciès piemontese »* (Zona delle pietre verdi, schistes lustrés, Bündner-Schiefer, Schieferhülle) (Boll. R. Comitato Geol. d'Italia, XL, 1909, p. 562-591).]

Entre temps, les vues de Marcel Bertrand sur les charriages avaient mûri. A l'Ouest, Kilian et Haug décrivaient des lambeaux de recouvrement à l'extérieur du Mercantour et du Pelvoux. Schardt, qui fut sans doute dans cette voie l'un des premiers initiateurs, donnait des coupes instructives de grands recouvrements aux environs du Lac de Genève. En 1901, Lugeon put prouver que non seulement les Alpes Helvétiques, situées à l'extérieur (au Nord et à l'Ouest) de la zone du Mont-Blanc, étaient déversées au loin et offraient une disposition en écaillés, mais encore que de vastes fragments des hautes régions situées à l'intérieur (au Sud et à l'Est) de cette zone ont franchi cette dernière pour être charriés sur les chaînes externes. L'ensemble du Chablais et les Alpes de Fribourg est formé par de telles masses transportées¹.

Plus à l'Est, de consciencieuses recherches, portant sur de longues années, amenaient Heim, dans la région du double pli glaronnais, à la conviction qu'il n'y a qu'un seul grand pli couché, suivant l'opinion de Marcel Bertrand et d'autres géologues. Dans la haute vallée de l'Inn, Lugeon et Termier trouvaient que, sous la nappe des Alpes Orientales, se montrent, dans une fenêtre, d'autres nappes plus anciennes. Steinmann qui, au début, s'était montré d'un avis différent, se rangeait bientôt à cette manière de voir.

Dans la partie occidentale des Alpes Orientales, Rothpletz avait de très bonne heure admis de tels charriages. Plus tard, et notamment au Congrès de Vienne, en 1903, Lugeon, Termier et Haug ont essayé de mettre en évidence, pour d'autres régions des Alpes Orientales, une structure analogue. L'opinion fut émise que toute la zone des Alpes Calcaires Orientales, longue de 480 kilomètres, flottait sur un substratum étranger.

En même temps se poursuivaient, très loin l'un de l'autre, deux nouveaux groupes d'investigations : le premier correspond aux études, non encore terminées, de Becke et de ses collaborateurs sur le « gneiss central » (*Central-Gneiss*) des Tauern; le second a été le fruit de la construction du tunnel du Simplon, qui a fourni un point de départ pour l'analyse des zones internes des Alpes Occidentales.

Les résultats inattendus de ces efforts ont excité l'ardeur au travail; l'essai qu'on va lire est entrepris à une époque où les découvertes nouvelles affluent en une suite ininterrompue, et où la connaissance des différentes parties des Alpes est encore très inégalement avancée². On

1. Maurice Lugeon, *Les grandes nappes de recouvrement des Alpes du Chablais et de la Suisse* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., 1, 1901, p. 723-825, pl. XIV-XVII, dont 1 carte). Voir, ci-après, p. 714, note 1.

[2. Sur la géologie des Alpes Françaises et Suisses, voir, outre les travaux cités

ne peut spéculer sur leur mode de formation qu'en faisant de nombreuses réserves, et en s'appuyant sur la base plus large qui sera fournie par une comparaison avec d'autres grandes chaînes de montagnes. Pour ce motif, ces considérations seront renvoyées à un chapitre ultérieur.

Division des Alpes. — Trois limites, de nature différente, permettent d'établir (abstraction faite de la Chaîne du Jura et de la région mollassique) une division des Alpes, qui peut être utile pour une première vue d'ensemble.

La première est la limite nettement marquée au Sud ou *limite dinarique*. A partir du bord méridional du Bachergebirge, en Styrie, elle se dirige presque en ligne droite vers l'W.N.W., traverse le Brenner entre Brixen et Sterzing, tourne ensuite vers le S.S.W., puis vers le S.W. et vers l'W.S.W., atteint l'Adda et, empiétant sur la partie septentrionale du Lac de Côme et du Lac Majeur, arrive enfin à la plaine lombarde, par un tracé en arc de cercle qui passe à l'Ouest du Lac d'Orta. C'est une ligne de compressions et d'intrusions.

La seconde est la *limite des Alpes Occidentales vers les Alpes Orientales*. Elle n'intéresse pas la zone du Flysch. Elle est surtout marquée sur le bord occidental du Rhätikon, et se continue par l'Oberhalbstein, puis au Nord du groupe de la Disgrazia. Elle jalonne la superposition d'un élément oriental et plus élevé sur d'autres parties montagneuses occidentales et plus basses.

La troisième ligne est la moins accusée des trois, ou mieux celle

dans les notes suivantes : VIII^e Congrès Géologique International, *Livret-guide des Excursions en France*. In-8°, Paris, 1900 (notamment XIII^e, *Alpes du Dauphiné et Mont-Blanc*. Excursion sous la conduite de Marcel Bertrand et W. Kilian, 52 p., 3 pl.; et XIII^a, *Massif du Pelvoux et Briançonnais*. Excursion sous la conduite de P. Termier, 43 p., 1 pl.); H. Matte, *Documents pour servir à la description géologique des Alpes Delphino-Savoisiennes*. Compte rendu d'une Excursion géologique faite par les élèves des diverses facultés des Sciences de France, sous la direction de W. Kilian (Travaux Laborat. Géol. Fac. Sc. Grenoble, VI, 1901-1902, p. 109-202, pl. II-IV : phot. et coupes); Ministère des Travaux publics, *Carte géologique de la France à l'échelle du millionième*, 2^e éd., 1905, feuille S.E.; Alb. Heim, *Der Bau der Schweizeralpen*. In-4°, 26 p., 2 pl. (Neujahrsblatt Naturf. Gesellsch. Zürich, 110. Stück, 1908); H. Schardt, *Géologie de la Suisse*. Gr. in-8°, 59 p., 2 pl., nombr. fig. dans le texte, Neuchâtel, 1908 (article extrait de : *La Suisse, Étude géographique*, etc.); Léon Bertrand, *Le rôle des grands mouvements horizontaux dans la formation des chaînes de montagnes* (Revue Générale des Sc., XIX, 1908, p. 152-162); Léon Bertrand, *Le rôle des nappes de charriage dans la structure des Alpes Occidentales et Orientales* (Revue Générale des Sc., XX, 1909, p. 153-170); W. Kilian, *Aperçu sommaire de la Géologie, de l'Orographie et de l'Hydrographie des Alpes Dauphinoises* (Annuaire Soc. des Touristes du Dauphiné, n° 33, 1908; reprod. Travaux Laborat. Géol. Fac. Sc. Grenoble, IX, 1908-1909, p. 293-383, pl. I-III : carte et coupes, 14 fig. dans le texte); Ém. Haug, *Caractères stratigraphiques des nappes des Alpes françaises et suisses* (C. R. Acad. Sc., CXLVIII, 1909, 1^{er} sem., p. 1345-1347); *Sur les racines des nappes supérieures des Alpes Occidentales* (Ibid., p. 1427-1430); *Les géosynclinaux de la Chaîne des Alpes pendant les temps secondaires* (Ibid., p. 1637-1639).]

que des événements postérieurs ont le plus masquée. Elle sépare, à l'intérieur des Alpes Occidentales, *les Alpes Piémontaises des Alpes Helvétiques*. Abstraction faite de quelques déviations qui seront bientôt mentionnées, elle part du bord oriental du Mercantour, passe près du bord oriental du Pelvoux et du Mont-Blanc, arrive, vers l'Est, à la vallée du Rhône, puis s'étend, par le Val Bedretto et par Airolo, vers le bord Sud du Saint-Gothard. Une zone oligocène suit par places cette limite; c'est la zone des Aiguilles d'Arves de Haug, que nous appellerons ici avec Termier *zone interne du Flysch*. Elle se montre déjà au bord de la Méditerranée, et Kilian a encore reconnu sa présence sur le versant oriental du Mont-Blanc.

Sur le bord externe, on constate de même la séparation de ces branches des Alpes. La Chaîne du Jura conflue avec les Alpes Helvétiques en décrivant un coude dirigé vers l'intérieur, au voisinage de Chambéry¹. Les Alpes Helvétiques (appelées ici Alpes Dauphinoises) subissent une déviation analogue, correspondant au Pelvoux et recourbée à l'intérieur vers la haute Durance, puis une seconde tournée vers le Var. Elles se terminent avec ce nouveau coude, tandis que les Alpes Piémontaises sont coupées obliquement par la mer et réapparaissent dans le Nord-Est de la Corse.

En suivant ce mode de division, la zone du Briançonnais, dont il a souvent été question, doit être considérée pour la majeure partie comme appartenant aux régions externes des Alpes Piémontaises.

Zone du Mont-Blanc. — Cette zone, formée de roches anciennes, s'étend depuis le Mercantour, par le Pelvoux, les Grandes-Rousses, Belledonne et le Mont-Blanc, jusqu'au Saint-Gothard et au Massif de l'Aar. La disposition de l'arc semble correspondre en gros à l'allure des plis varisques dans l'avant-pays. Mais un examen plus approfondi montre que ce parallélisme ne se présente que dans l'Est; avec la chaîne de Belledonne commence une déviation plus accusée; dans la partie méridionale de ce massif, ainsi que dans les Grandes-Rousses, la direction N.-S. domine, en opposition avec les contours des massifs montagneux²; et il en est de même de la direction E.-W. dans la partie Sud-Ouest du Mercantour³.

[1. Voir la feuille de Chambéry (169) de la *Carte géologique détaillée de la France*, par A. Riche, H. Douxami et D. Hollande, 1901; et le grand ouvrage de J. Révil, *Géologie des chaînes jurassiennes et subalpines de la Savoie*, 1. In-8°, VIII-626 p., Chambéry, 1910.]

[2. P. Lory, *Quelques observations dans la partie méridionale de la Chaîne de Belledonne* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., I, 1901, p. 179-183; réimpr. Travaux Laborat. Géol. Fac. Sc. Grenoble, VI, 1901-1902, p. 67-71).]

3. S. Franchi (Boll. R. Comitato Geol., XXV, 1894, p. 240) indique encore la direction S.E.



Indépendamment de cet écart entre la direction des roches et celle de la chaîne, on doit en outre remarquer la disposition en quinconce (*wechelständige Reihung*) des massifs centraux. Michel-Lévy et Ritter ont constaté qu'à l'extérieur des Grandes-Rousses, la branche méridionale de Belledonne, qui vient ensuite, se dirige obliquement, par Beaufort et le Prarion, vers les Aiguilles-Rouges, et passe par conséquent au Nord du Mont-Blanc. La continuation de la branche septentrionale de Belledonne se dirige encore plus au Nord, par Flumet, vers Mégève¹. Des circonstances analogues se produisent pour la ligne Rhône-Furka-Urseren-Andermatt-Rhin antérieur, qui sépare le Saint-Gothard du Massif de l'Aar.

La direction de ces limites obliques se relève vers le N.E. un peu plus que le bord interne de l'arc. La liaison des sédiments n'a pas seulement été réalisée jadis suivant ces lignes, mais aussi à travers les hauteurs intermédiaires, du moins dans une partie de la zone du Mont-Blanc. Ce fait est prouvé par le lambeau jurassique que Favre a signalé sur un des sommets des Aiguilles-Rouges et par la présence de synclinaux mésozoïques dans les massifs gneissiques eux-mêmes. Dans les Grandes-Rousses et le Pelvoux, Termier a distingué des synclinaux anciens, antétriasiques, et d'autres synclinaux alpins plus récents. Les plus anciens sont croisés par les plus récents sous des angles divers, le plus souvent aigus². Mais quand les plis alpins contournent le pied d'un massif ancien, comme au Sud du Mercantour, ces plis se meuvent à la manière d'un liquide au bord d'un barrage, et l'écart, par rapport à la direction des plis anciens, peut atteindre un angle droit.

Les extrémités des différents massifs se résolvent parfois en deux ou trois — l'extrémité méridionale du Mont-Blanc en six ou huit — anticlinaux séparés de gneiss, entre lesquels pénètrent des synclinaux remplis de terrains sédimentaires. Dans l'intérieur des massifs, ces synclinaux se perdent, et l'ensemble paraît homogène; mais on voit cependant que, s'il était moins fortement érodé, le noyau montagneux serait partagé beaucoup plus loin vers l'intérieur par plusieurs plis paral-

pour la partie italienne; pour le Sud-Ouest, voir L. Bertrand, *Étude géologique du Nord des Alpes-Maritimes* (Bull. Service Carte géol. de la Fr., IX, 1897-1898, p. 121 et suiv.)

1. A. Michel-Lévy, *Note sur la prolongation vers le Sud de la Chaîne des Aiguilles-Rouges; Montagnes de Pormenaz et du Prarion* (Bull. Service Carte géol. de la Fr., III, 1891-1892, n° 27, p. 393-452, 7 pl. dont 1 carte géol.); Ét. Ritter, *Feuille d'Albertville* (Ibid., VII, 1895-1896, n° 44, p. 144-146); Ét. Ritter, *La bordure sud-ouest du Mont-Blanc* (Ibid., IX, 1897-1898, n° 60, p. 445-676, 6 pl. dont 1 carte géol.), et dans d'autres publications.

2. P. Termier, *Le Massif des Grandes-Rousses* (Bull. Service Carte géol. de la Fr., VI, 1894-1895, n° 40, p. 169-287, 7 pl. dont 1 carte géol.; en particulier p. 272); le même, *Sur la tectonique du Massif du Pelvoux* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 3^e sér., XXIV, 1896, p. 734-758, pl. XXV : carte) [reprod. dans Ém. Haug, *Traité de Géologie*, I, Paris, 1907, in-8°, p. 212, fig. 73].

lèles, analogues à ceux qui se montrent, par exemple, dans le Pelvoux. Cette pénétration des plis a été décrite, il y a de longues années, par Heim au Saint-Gothard et à l'extrémité orientale du Massif de l'Aar, puis par Lugeon à l'extrémité Sud-Ouest de ce massif. Heim désigne ce phénomène sous le nom de *Verfaltung*; dans le dernier exemple, les langues étirées de gneiss se réduisent à une largeur de 2 à 4 mètres¹.

On a longtemps attribué une signification importante à la structure en éventail du Mont-Blanc. Une telle structure se montre en effet dans la coupe de Chamonix à Courmayeur; mais l'ensemble du massif est constitué, comme l'ont établi Duparc et Mrazec et comme l'ont confirmé Ritter et d'autres observateurs, par des plis serrés et déjetés vers le N.W.². Il faut se représenter le soubassement ancien du Mont-Blanc comme un synclinal de schistes cristallins; au N.W. et au S.E. de ce synclinal se trouvent deux zones de schistes plus anciens, au milieu desquels s'élèvent des masses de granite et de protogine³. Des galets de protogine ont été rencontrés dans un poudingue houiller⁴.

Baltzer a décrit trois intrusions granitiques dans le Massif de l'Aar. Elles appartiennent au groupe des granites varisques de l'Erzgebirge, du Harz, etc.⁵. Quoiqu'ils montrent clairement des caractères varisques, par exemple dans la transgression du Carbonifère moyen et supérieur d'eau douce, les massifs constitutifs de la zone du Mont-Blanc ne doivent cependant pas être considérés comme des horsts varisques. Ce sont des parties surélevées du soubassement des Alpes, qui ont été plissées avec celles-ci et qui sont elles-mêmes constituées par des plis parallèles répétés. Ces massifs apparaissent au jour parce que les axes longitudinaux de certains faisceaux de plis s'élèvent et s'abaissent simultanément (surélévation des axes).

1. Alb. Heim, *Geologie der Hochalpen zwischen Reuss und Rhein* (Beitr. zur Geol. Karte der Schweiz, XXV, Lief., 1891, p. 246); M. Lugeon, *Deuxième communication préliminaire sur la Géologie de la Région comprise entre le Sanetsch et la Kander* (Eclogæ Geol. Helv., VIII, 1905, p. 421-433).

[2. La structure en éventail, localisée entre Chamonix et Courmayeur, semble devoir s'expliquer par le refoulement contre le Massif du Mont-Blanc d'une « écaille », qui constitue la partie culminante des montagnes voisines du Chétif et de la Saxe; W. Kilian, Bull. Service Carte Géol. de la Fr., XVIII, 1907-1908, n° 119, p. 150-151, fig. 4 : coupe. Voir aussi S. Franchi, *Profilo schematico tra il M^{te} Grand'Assaly ed il Colle del Gigante* (Boll. Soc. Geol. Italiana, XXVI, 1907, Adunanza generale, Sett., 1 pl. en couleurs).]

3. L. Duparc et L. Mrazec, *Recherches géologiques et pétrographiques sur le Massif du Mont-Blanc* (Mém. Soc. de Phys. et d'Hist. Nat. de Genève, XXXIII, n° 1, 1898, p. 1-227, 22 pl. phot., 2 pl. profils); voir en particulier p. 194 et suiv. [Voir aussi la *Carte géologique du Massif du Mont-Blanc*, à l'échelle de 1 : 50 000, levée de 1890 à 1896 et publiée par L. Duparc, L. Mrazec et F. Pearce. 1 f. in-folio, Genève, 1901; et l'étude de L. Duparc, *L'âge du granit alpin* (Archives des Sc. Phys. et Nat., Genève, 4^e Période, XXI, 1906, p. 297-312).]

4. Michel-Lévy, *Étude sur les roches cristallines et éruptives des environs du Mont-Blanc* (Bull. Service Carte géol. de la Fr., n° 9, 1890, p. 22).

5. A. Baltzer, *Die granitischen Intrusivmassen des Aarmassivs* (Neues Jahrb. f. Min., Beilage-Bd. XVI, 1903, p. 292-324, pl. XIII-XVI); *Die granitischen lakkolithenartigen Intrusivmassen*

L'éventail houiller et la zone du Briançonnais. — Depuis la vallée du Rhône en amont de Sion jusqu'au bord de la mer près de Savone, s'étend une longue bande arquée de sédiments carbonifères et permien (fig. 140). D'abord parallèle au bord interne de la zone du Mont-Blanc, elle comprend le Grand et le Petit Saint-Bernard, passe à l'Est de Mou-tiers, se suit par Briançon, est interrompue dans la vallée du Guil, reparaît sur le territoire italien, passe au Sud de Borgo San Dalmazzo et arrive enfin à la Méditerranée, aux environs de Savone, avec une direction sensiblement E.-W.¹. Les roches sont souvent à demi cristallines ou même transformées en schistes gneissiques. Des empreintes de plantes, des veines écrasées d'antracite ou même du graphite témoignent de leur âge.

Ce tracé en arc de cercle n'est pas une limite stratigraphique, ainsi que le montrent clairement les travaux de Kilian. La bande houillère présente, sur la plus grande partie de son parcours, surtout au Sud du Grand Saint-Bernard, la structure en éventail. Le côté occidental est déjeté vers l'Ouest, vers le Mont-Blanc et le Pelvoux, et le côté oriental vers l'Italie. Il en est ainsi dans toute la partie de la chaîne qui s'étend

des Aarmassivs (Congrès Géol. Internat., C. R., IX^e Sess., Vienne, 1903, p. 787-798, 4 pl.). [Voir aussi A. Baltzer, *Das Bernerobertland und Nachbargebiete. Ein Geologischer Führer*. In-18, xvi-348 p., 74 fig., 1 carte, Berlin, 1906; E. Hugi, *Vorläufige Mitteilung über Untersuchungen in der nördlichen Gneisszone des zentralen Aarmassivs* (Eclogæ Geol. Helv., IX, 1907, p. 441-464); J. Königsberger, *Einige Folgerungen aus geologischen Beobachtungen im Aare-, Gotthard-, und Tessiner Massiv* (Eclogæ Geol. Helv., X, 1909, p. 852-896); J. Königsberger, *Geologische und mineralogische Karte des östlichen Aarmassivs von Disentis bis zum Spannort*. Mit Text. Freiburg i. B., 1910; A. Baltzer, *Die intrusive Granit(Protogin)zone des westlichen Aarmassivs* (Eclogæ Geol. Helv., XI, 1910, p. 280-282).]

1. M. Bertrand, *Études dans les Alpes Françaises. Structure en éventail, massifs amygdaloïdes et métamorphisme* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 3^e sér., XXII, 1894, p. 69-162, pl. IV-VI, dont 2 cartes). Un aperçu de l'ensemble de la chaîne est donné par Pellati dans : *Studio geologico-minerario sui giacimenti di Antracite delle Alpi Occidentale Italiane* (Memorie descritt. della Carta geol. d'Italia, XII, 1903, pl. I). [Voir aussi la belle carte publiée par le R. Ufficio Geologico, sous le titre de : *Carta geologica delle Alpi Occidentali*, dedotta dai rilevamenti eseguiti dagli ingegneri del R. Corpo delle Miniere, dal 1888 al 1906. 1 : 400 000. 1 f. Roma, 1908.]

LÉGENDE DE LA FIGURE 140.

Zone subalpine : I. Chaînes subalpines et Hautes-Alpes Calcaires de Savoie; I^m. Préalpes Maritimes; I^m. Zone du Gapençais; I^d. Dévoluy et Bochaine. — II. *Zone cristalline delphino-savoisienne* et Massif du Mercantour (*zone du Mont-Blanc* de Ch. Lory); II^a. Enveloppe sédimentaire de la zone cristalline delphino-savoisienne; II^{ad}. Bordure du Mercantour et zone de l'Embrunais. — *Zone du Briançonnais* : III^a. Sous-zone du Flysch ou des Aiguilles d'Arves; III^a. Recouvrements de l'Ubaye III^b. Sous-zone axiale houillère; aa. Continuation de la partie axiale dans les terrains post-houillers; III^c. Sous-zone orientale ou de la Vanoise; III^{bc}. Sous-zone axiale se confondant, au Sud de Briançon, avec la sous-zone orientale; III^{a 1-2}. Nappes exotiques des Préalpes et de la Brèche du Chablais, des Annes et de Sulens. — IV. *Zone du Piémont* : IV^a. Massifs et nappes gneissiques; IV^b. Schistes lustrés et « Pierre verte ». — V. *Zone amphibolitique d'Ivrée*. — *Régions extraalpines* : A. Chaînons jurassiens; B. Ile Crémieu; C. Massifs des Maures et de l'Estérel; D. Bordure des Maures et de l'Estérel et Nappes de la Provence; E. Plaines du Piémont; F. Région de la Mollasse helvétique et Bassin tertiaire de Digno-Forcalquier; F¹. Bas-Dauphiné. — G. Direction approximative des plis dans les chaînes externes. — Echelle de 1 : 2 400 000.

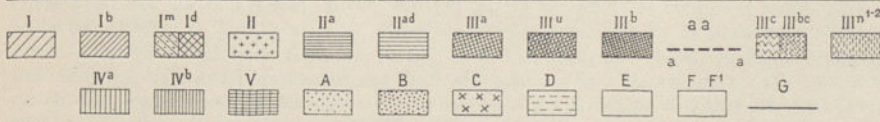
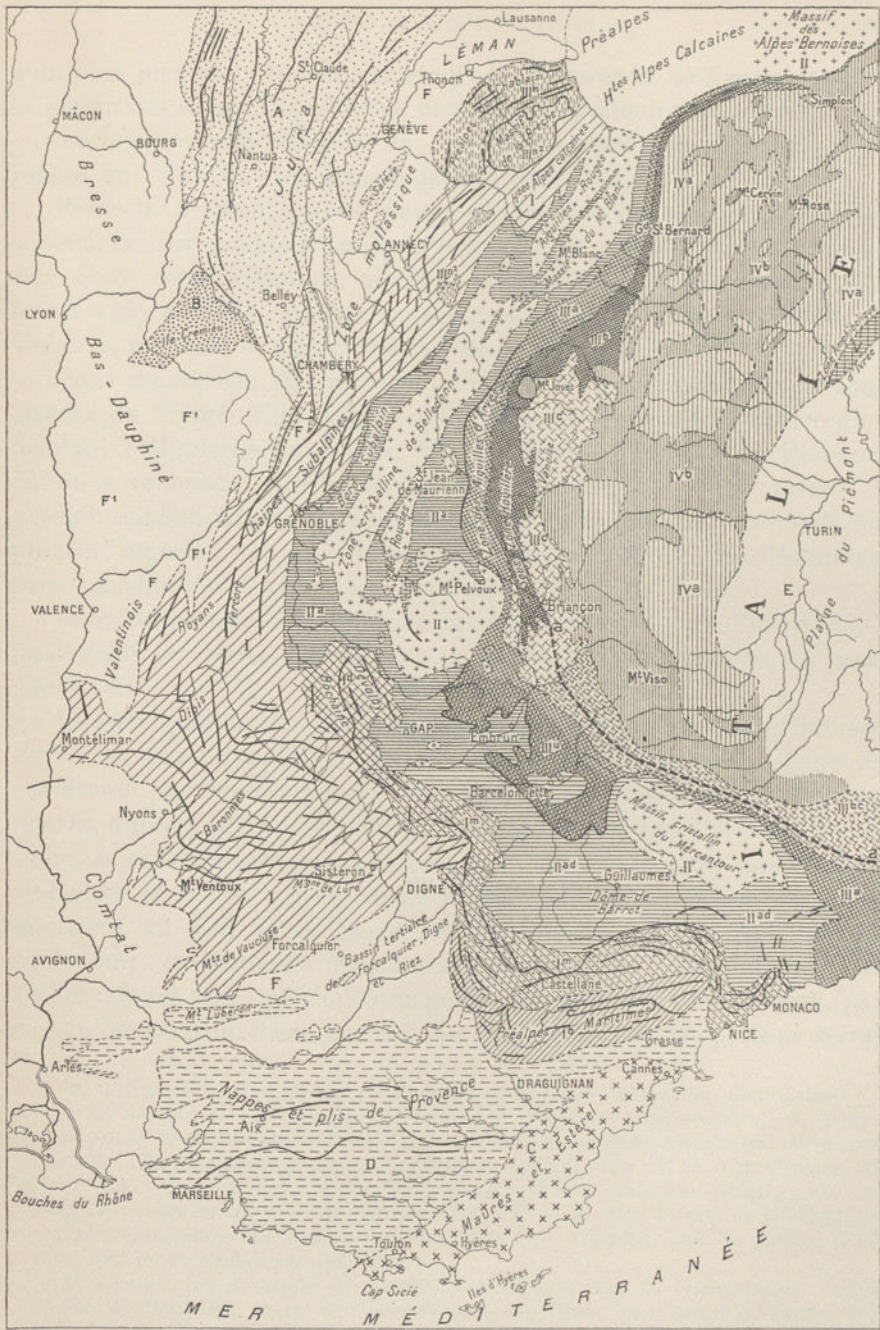


FIG. 140. — Croquis tectonique des Alpes Franco-Italiennes, d'après W. Kilian (*Aperçu sommaire de la Géologie, de l'Orographie et de l'Hydrographie des Alpes Dauphinoises*. In-8°, Grenoble, 1909, pl. I).

d'un côté jusqu'aux terrains anciens du Pelvoux et de l'autre jusqu'à la plaine italienne. D'anciennes conceptions pouvaient suggérer l'idée que ce long éventail était un axe de soulèvement autonome. C'est en réalité une zone de refoulement latéral (*Zone der Stauung*).

Pour le moment, nous devons examiner ses relations avec les sédiments plus récents entre Briançon et le côté oriental du Mont-Blanc. Sur toute cette longueur, nous serons guidés par les travaux très étendus de Kilian¹, auxquels s'ajoutent, dans le Sud, les études de Termier, au Nord et au Sud de la ville de Briançon².

Dans cet espace, très allongé mais plutôt étroit, se montre la zone interne du Flysch. Elle indique que la mer occupait encore cette région pendant l'Oligocène supérieur. Sur le versant oriental du Pelvoux, Kilian a rencontré le Flysch reposant normalement sur le gneiss. Il s'étend également en transgression sur des couches mésozoïques plissées, mais il a été plissé lui-même et atteint l'altitude de 3 514 mètres dans les Aiguilles d'Arves, non loin du Pelvoux, au Nord.

Dans les couches mésozoïques des Alpes Suisses, on a l'habitude de distinguer un faciès helvétique, un faciès briançonnais et un faciès piémontais.

Le faciès piémontais est caractérisé par la prédominance des Schistes lustrés et par la présence de roches vertes basiques. Le Trias est représenté par des quartzites, des gypses et des marbres. Les Schistes lustrés, qui appartiennent pour la plus grande partie au Lias et au Jurassique, se rencontrent aussi à l'Ouest de l'éventail houiller, par exemple au Col de la Seigne; il en est de même pour les roches vertes, qui se montrent au Col de la Seigne et sur d'autres points. Nous aurons également l'occasion de mentionner, plus au Nord, des lambeaux de recouvrement qui ont été transportés du Sud-Est vers l'Ouest, par-dessus la zone du Briançonnais, ou qui en proviennent. Nous serons

1. W. Kilian et J. Révil, *Études géologiques dans les Alpes Occidentales. Contributions à la géologie des chaînes intérieures des Alpes Françaises, I. Description orographique et géologique de quelques parties de la Tarentaise, de la Maurienne et du Briançonnais septentrional* (Mém. pour servir à l'explic. de la Carte géol. dét. de la France. In-4°, xi-627 p., 11 pl. dont 3 cartes, 1904 [et II (1^{re} fasc.). *Description des terrains qui prennent part à la constitution géologique des zones intra-alpines françaises (terrains anté-jurassiques)*. 373 p., 11 pl. dont 1 carte de la répartition des dépôts carbonifères dans les Alpes Françaises à 1 : 1 000 000, par W. Kilian, 1908]); nombreuses autres publications plus courtes.

2. P. Termier, *Les Montagnes entre Briançon et Vallouise (Écailles briançonnaises, Terrains cristallins de l'Eychaуда, Massif de Pierre-Eyraud, etc.)* (Mém. pour servir à l'explic. de la Carte géol. dét. de la France). In-4°, viii-187 p., 13 pl. phot. et coupes, 1 carte géol. à 1 : 50 000, 1903); et *Sur la nécessité d'une nouvelle interprétation de la tectonique des Alpes Franco-Italiennes* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., VII, 1907, p. 174-190, pl. IV-V : coupes). Sur ce point, voir aussi les remarques de S. Franchi sur le « faciès mista » (*La zona delle pietre verdi fra l'Ellero e la Bormida e la sua continuità fra il Gruppo di Voltri e le Alpi Cozie*; Boll. R. Comitato Geol. d'Italia, XXXVII, 1906, p. 89-117), qui sont instructives pour l'intelligence des caractères accessoires.

en outre obligés, avant d'aborder l'étude des Alpes Orientales, de préciser un peu mieux la notion de faciès. Il résultera de tout cela que les caractères du faciès piémontais, à savoir la présence des roches vertes et le métamorphisme plus intense des terrains successifs, constituent des caractères accessoires. Ils se sont manifestés plus tard et sont étrangers au faciès original. Termier a reconnu depuis longtemps qu'ils s'accroissent vers la plaine lombarde.

La ville de Briançon elle-même repose sur le terrain carbonifère. Dans l'éventail houiller sont inclus également des synclinaux mésozoïques.

Comme représentants du Trias aux environs de Briançon, Termier cite des quartzites, ensuite des schistes verts avec bancs de dolomie et de calcaire, des cargneules, du gypse et des marbres phylliteux, puis des calcaires à Gyroporelles et à Crinoïdes, dont l'épaisseur atteint jusqu'à 300 mètres. Le Lias se présente sous forme d'une brèche (Brèche du Télégraphe)¹; mais il peut affecter aussi un développement différent et comporter, en particulier, des dalles calcaires foncées à Pentacrines; comme on a signalé des schistes calcaires noirs à *Avicula contorta*, la série comprend également le Rhétien. Vient ensuite le Jurassique (Calcaire de Guillestre) à *Phylloceras*, *Aptychus*, etc., se présentant souvent sous forme de calcaire à Globigérines. Par endroits, toute la partie supérieure de cet ensemble est transformée en marbre en plaquettes, qui comprend peut-être également le Crétacé et qui atteint jusqu'à 700 mètres de puissance.

Cette série diffère de la série helvétique. Les calcaires à Gyroporelles et les calcaires à *Aptychus* rappellent beaucoup plutôt certaines parties des Alpes Orientales. Mais dans le faisceau serré de plis et d'écaillés compris entre l'éventail houiller et la zone du Mont-Blanc, les différents termes, autant qu'on peut en juger, ne se montrent pas simultanément et suivant une limite précise, de telle sorte qu'il peut y avoir des séries à caractères mixtes.

Si nous comparons un fragment typique de la série helvétique externe avec une coupe typique de la zone du Briançonnais, par exemple avec celle d'un lambeau de recouvrement charrié de loin, nous constatons de notables différences; mais dans l'espace, originairement large et aujourd'hui très réduit, à travers lequel le charriage s'est effectué, il a existé des transitions.

L'alignement en quinconce des massifs gneissiques de la zone du Mont-Blanc prend maintenant sa signification.

[1. Voir W. Kilian et P. Lory, *Sur l'existence de brèches calcaires et polygéniques dans les montagnes situées au Sud-Est du Mont-Blanc* (C. R. Acad. Sc., CXLII, 1906, 1^{er} sem., p. 359-360; reprod. Travaux Laborat. Géol. Fac. Sc. Grenoble, VIII, 1905-1907, p. 25-27).]

ALPES OCCIDENTALES.

Le résultat final est que la Chaîne de Belledonne va se perdre, vers le N.E., dans la région helvétique, et que les Grandes-Rousses, ainsi que les synclinaux qui les accompagnent, se continuent sur le versant Nord du Mont-Blanc, dans les intrications synclinales qui terminent ce massif. Des plis mésozoïques compris entre Belledonne et les Grandes-Rousses proviennent les hautes montagnes calcaires des Diablerets, du Wildhorn, etc.; et les choses se présentent comme si les Grandes-Rousses, peut-être aussi une partie du Pelvoux, en y joignant le Mont-Blanc, avaient été affectées par une surélévation postérieure.

Le terme de « zone du Briançonnais » a été employé tantôt dans un sens large, tantôt dans un sens restreint. En fait, il résulte des données si instructives fournies par Kilian la coupe transversale suivante : 1. Plis helvétiques externes; 2. Roches anciennes de la Chaîne de Belledonne; 3. Plusieurs faisceaux de plis mésozoïques, entre lesquels le Mont-Blanc, le petit Massif du Rocheray près de l'Arc et les Grandes-Rousses, peut-être aussi le Pelvoux se surélèvent suivant un alignement commun; 4. La zone interne du Flysch (zone des Aiguilles d'Arves); 5. Une nouvelle zone mésozoïque (faisceau du Galibier, Kilian); 6. L'éventail houiller, avec bandes mésozoïques, plissées comme leur substratum. Jusque-

SUESS — III.

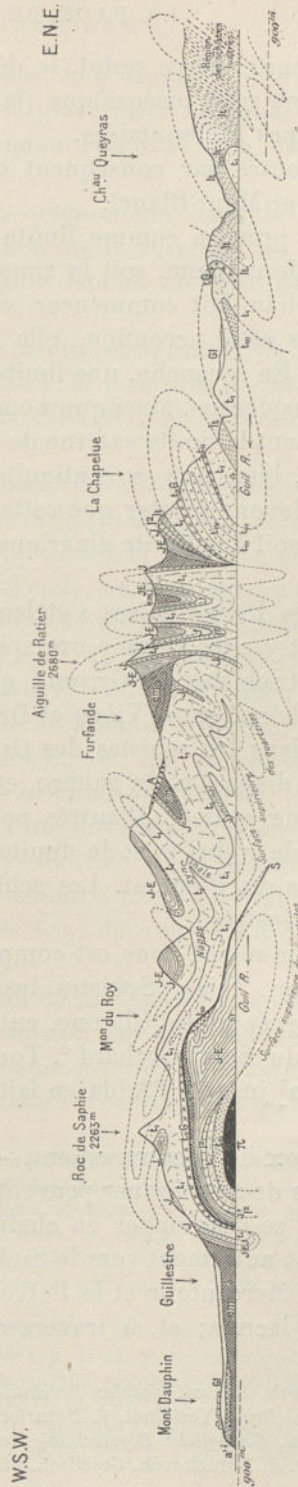


FIG. 141. — Coupe transversale de la zone du Briançonnais le long de la vallée du Guil, d'après W. Kilian (Bull. Service Carte Géol. de la France, X, 1899-1900, n° 75, pl. 1, fig. 1).

π. Porphyrite du Guil; τv. Anagénites (Vorrucano supérieur); τu. Quartzites; τuG. Cargneules et gypses; τt. Calcaires triasiques; τg. Gypses supérieurs; It. Schistes lustrés; l'. Lias (Brèches et calcaires); J. Calcaires roses du Jurassique supérieur; JE. Schistes lustrés et marbres en plaquettes; em. Flysch; at-1. Alluvions anciennes (interglaciaires); G. Glaciaire; A. Ebnolis. — Échelle de 1 : 100 000 environ (longueurs et hauteurs).

l'Ouest; à partir de ce point, le déversement se produit vers l'Est; 7. Encore une zone mésozoïque (faisceau du Chaberton); 8. Schistes lustrés et Alpes Piémontaises.

On rencontre par conséquent deux fois les chaînes gneissiques (Belledonne et Mont-Blanc).

On peut prendre comme limite de la zone alpine interne soit la Chaîne du Mont-Blanc, soit la zone interne du Flysch, soit l'éventail houiller. Kilian fait commencer sa zone du Briançonnais avec le Flysch; dans cette acception, elle embrasse également la bande du Galibier (3). En revanche, une limite tranchée se place entre 7 et 8.

Nous considérons, ainsi que nous l'avons dit, la zone du Flysch (4) comme formant la limite externe de la chaîne alpine interne ou chaîne piémontaise, bien que sa continuité ait été détruite subséquemment; mais nous devons répéter que cette délimitation n'est ni analogue ni équivalente soit à la limite dinarique, soit à la limite des Alpes Orientales.

Les Alpes Piémontaises s'étalent largement vers le N.E. et vers l'E. On peut y citer comme exemple la série de Trias, schistes verts, serpentine et schistes des Grisons, que Preiswerk a rencontrée dans la Vallée du Rhône, entre Viège et Brigue. La serpentine a pénétré dans le Trias et dans les schistes des Grisons, sous forme d'un magma du groupe de la diabase et du gabbro, et a provoqué par endroits du métamorphisme de contact. D'autres poussées éruptives se sont solidifiées sous forme de wehrlite et de dunité¹. Ce sont là les représentants des roches vertes du Piémont. Les schistes des Grisons tiennent la place des Schistes lustrés.

Dans cette même zone est comprise également la bande puissante de Verrucano, Trias, Schistes lustrés et micaschistes calcaires que Heim a observée près d'Olivone, entre le gneiss de l'Adula et le versant méridional du Saint-Gothard². Toute la largeur des Alpes du Valais [et du Tessin] jusqu'à l'Adda en fait partie.

Lambeaux de recouvrement. — Tandis que les synclinaux que nous venons de mentionner peuvent, en s'étendant à travers la zone du Mont-Blanc, se développer en chaînes calcaires puissantes, les choses se présentent autrement vers le Sud.

Entre le Mercantour et le Pelvoux, la zone du Mont-Blanc offrait une grande lacune; et, à travers celle-ci, comme par une porte, les

1. H. Preiswerk, *Die metamorphen Peridotite und Gabbrogesteine in den Bündner Schieferen zwischen Visp und Brieg* (Verhandl. d. Naturforsch. Gesellsch. Basel, XV, 1904, p. 293-316).

2. Alb. Heim, *Geologische Begutachtung der Greinabahn* (*Geologische Nachlese*, Nr. 16; Vierteljahrsschr. d. Naturforsch. Gesellsch. Zürich, LI, 1896, p. 378-396, 1 pl.).

montagnes refoulées se sont avancées vers l'Ouest, tout à fait de la même manière que de l'eau ou de la glace force un profil resserré, en labourant le fond du défilé correspondant (II, p. 571, fig. 106, et p. 573, fig. 107).

Nous commencerons l'étude du phénomène dans le Sud-Ouest. Pour la partie française de la région, nous suivrons les travaux de Léon Bertrand¹; pour les montagnes situées au Nord de Menton et de Bordighera, ceux de Franchi².

Le Var forme un coude à angle droit, en passant de la direction W.-E. à la direction N.-S., et arrive à la mer près de Nice. Il reçoit du Mercantour la Tinée, venant du N.N.W., et la Vésubie, venant du N.

Dans sa partie méridionale, le Massif du Mercantour s'incurve vers le Col de Tende, c'est-à-dire vers le S.E.; mais Léon Bertrand a constaté que le bord du Mercantour projette sur la Vésubie, et par conséquent assez loin à l'Ouest du Col de Tende, un long éperon de Permien et de Trias qui s'avance vers le Sud. Cet éperon constitue une limite importante. Les plis du côté E. et S.E. du Mercantour entourent la terminaison méridionale de ce massif et s'étendent jusqu'à l'éperon. Là se termine brusquement, pour le Jurassique supérieur et pour le Crétacé inférieur, le faciès du Briançonnais, qui se trouve remplacé par le faciès helvétique. Sur le côté oriental de l'éperon, les plis sont poussés et déversés vers l'Ouest, et cette direction de poussée se maintient sur le Var inférieur jusque près de Nice, où la direction des plis a tourné vers l'W.-E. et où le déversement a passé au Sud³ (fig. 142). Entre Menton et Bordighera, les plis sont de nouveau dirigés davantage N.-S. et regardent vers l'Ouest.

La région située à l'Est de l'éperon de la Vésubie et de la plaine du Var inférieur correspond à une expansion des plis, jusque-là retenus et redressés par le Mercantour. La zone interne du Flysch (zone des Aiguilles d'Arves) en occupe une partie si considérable qu'on pourrait

1. L. Bertrand, *Étude géologique du Nord des Alpes-Maritimes* (Bull. Service Carte géol. de la Fr., IX, 1897-1898, n° 56, 214 p., 8 pl. dont 1 carte géol., 1896); et *Sur les grandes lignes de la Géologie de la partie alpine des Alpes Maritimes. Description sommaire de la région voisine du littoral à l'Est du Var* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., II, 1902, p. 638-675, pl. XXXIX-XLII, cartes et coupes). [Voir aussi la feuille de Nice (225) de la *Carte Géologique détaillée de la France* et la *Notice explicative* qui l'accompagne, par Léon Bertrand et Ph. Zürcher, 1902.]

2. S. Franchi, *Contribuzione allo studio del Titonico e del Cretaceo nelle Alpi Marittime Italiane* (Boll. R. Comitato Geol. d'Italia, XXV, 1894, p. 31-83, pl. II : carte géol.). [Voir aussi S. Franchi, *Osservazioni sopra alcuni recenti lavori sulla geologia delle Alpi Marittime* (Boll. R. Comitato Geol. d'Italia, XXXVIII, 1907, p. 145-171, pl. IV-VI).]

[3. Voir la *Carte géologique du Mont Agel* à 1 : 50 000 et le *profil géologique* qui accompagnent la note de Ch. Pellegrin (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., II, 1902, p. 712-715, pl. XLV).]

être tenté de n'y voir, sur de grandes étendues, qu'un épanouissement de cette zone¹.

A l'Ouest de la Vésubie, on se trouve sur les plis helvétiques (dauphinois) externes, déjetés vers le Sud; et, à l'intérieur du coude du Var, ceux-ci rencontrent les plis provençaux, qui sont déversés en sens inverse et que nous ne considérons pas comme appartenant

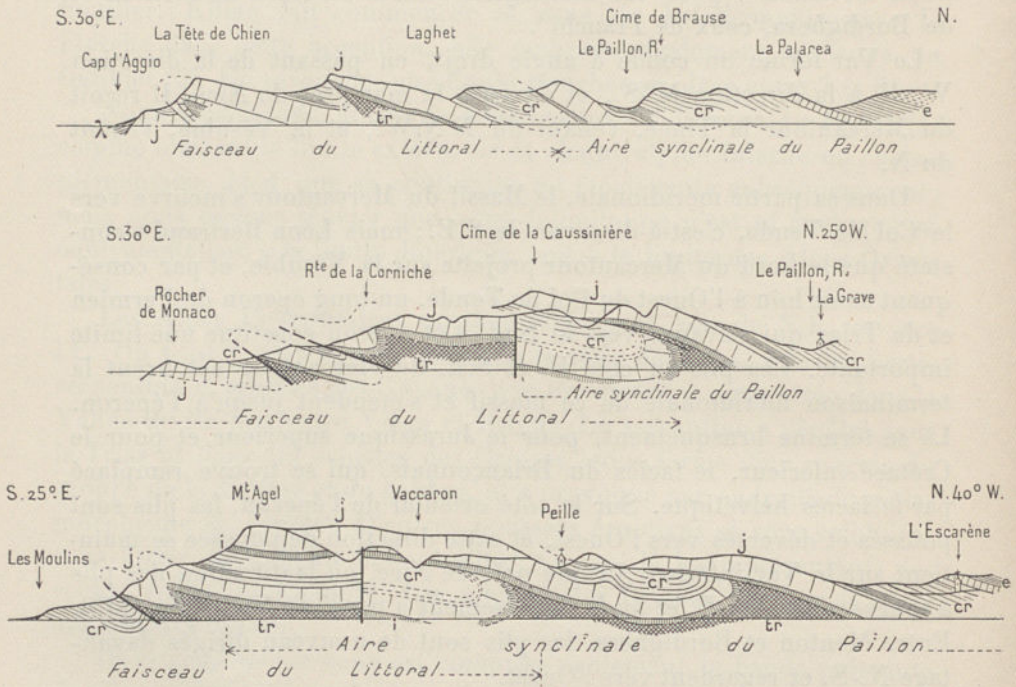


FIG. 142. — Plis des Alpes-Maritimes. Trois coupes à travers le faisceau du Littoral, d'après L. Bertrand (*Bull. Soc. Géol. de France*, 4^e sér., II, 1902, pl. XLII, fig. 4, 5, 6).

tr. Trias; i. Infralias; j. Jurassique; cr. Crétacé; e. Éocène; λ. Labradorites.
Échelle de 1 : 100 000 (longueurs et hauteurs).

aux Alpes. Les plis provençaux entourent les Maures et l'Estérel, dont les schistes cristallins sont visibles jusqu'entre Cannes et Antibes. Sur la côte, près de Monaco, on a rencontré les traces d'une brèche

[1. La zone interne du Flysch ne vient pas, en réalité, s'étaler jusqu'à la Vésubie et jusqu'au cours inférieur du Var. La région située au Nord de Nice, jusqu'au Mercantour et jusqu'au delà de la frontière italienne, à l'Est, participe au même régime stratigraphique et tectonique que les chaînes helvétiques qui s'étendent à l'Ouest du Var. La zone du Flysch, de même que les zones du Briançonnais et des Schistes lustrés, se continue vers le Sud-Est suivant la direction qu'elle présente à l'Est du Mercantour. Voir, outre les travaux déjà cités de L. Bertrand : W. Kilian et P. Reboul, *Quelques observations géologiques dans la région S.E. des Alpes-Maritimes* (*Bull. Service Carte Géol. de la Fr.*, XVIII, 1907-1908, n° 119, p. 153-163; reprod. Travaux Laborat. Géol. Fac. Sc. Grenoble, IX, 1908-1909, p. 153-168).]

volcanique récente¹. C'est ainsi que se termine, sur le Var et la Vésubie, la coulisse helvétique, recourbée vers l'intérieur (fig. 143).

Les plis provençaux, sur la rive occidentale du Var inférieur, ont

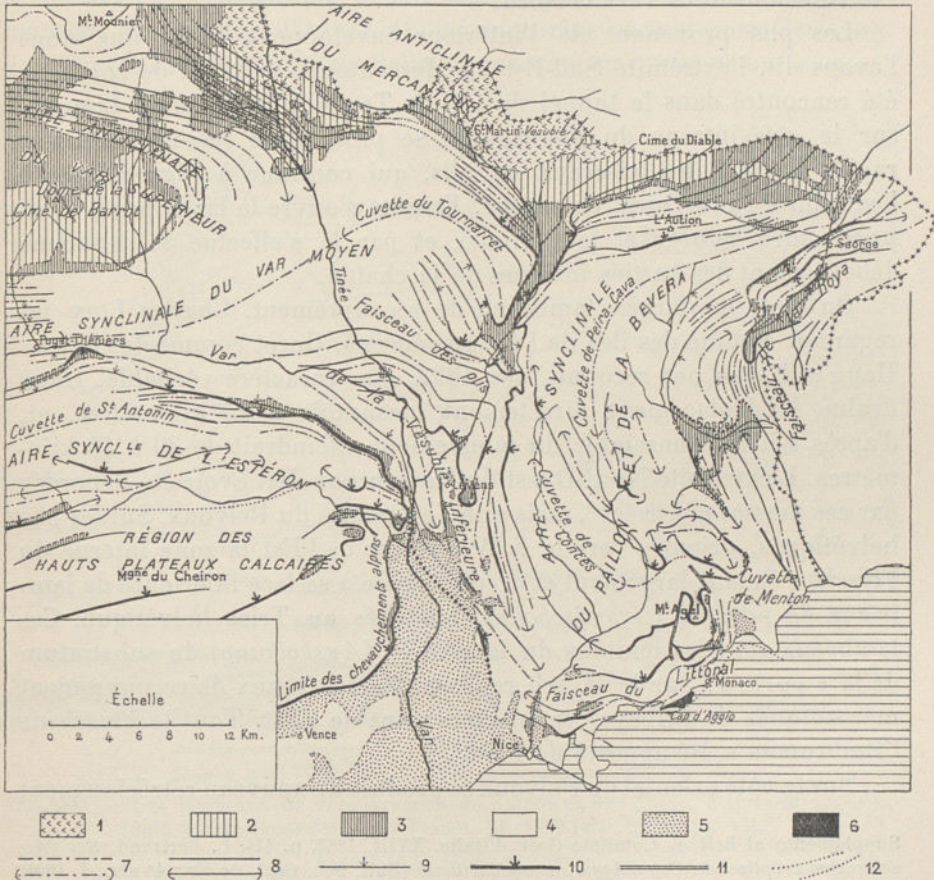


FIG. 143. — Croquis tectonique d'une partie des Alpes-Maritimes Françaises, d'après L. Bertrand (*Bull. Soc. Géol. de France*, 4^e sér., II, 1902, pl. XXXIX-XL).

1. Schistes cristallines; 2. Houiller et Permien; 3. Trias; 4. Jurassique, Crétacé et Éocène; 5. Miocène, Pliocène et Pléistocène (Poudingues du Var, etc.); 6. Labradorites. — 7. Synclinaux et cuvettes synclinales; 8. Anticlinaux et dômes; 9. Anticlinaux couchés, et 10. Surfaces de contact anormal par étirement (les flèches indiquent le sens des chevauchements); 11. Failles; 12. Prolongements hypothétiques. — Échelle de 1 : 500 000.

été affectés par des mouvements si tardifs que Zürcher a rencontré près de Vence, à l'Ouest de Nice, une nappe de Trias et de Jurassique qui a été poussée sur du Miocène marin, et probablement aussi sur des sédiments pontiques, et qui a ensuite été plissée avec ceux-ci;

1. C'est le prolongement des affleurements plus étendus d'Antibes et de Villeneuve-Loubet, peut-être même encore plus récents que ceux-ci; A. Issel y voit le reste d'une bouche d'éruption située en mer à 5 ou 6 km. tout au plus (*Il Terremoto del 1887 in Liguria*;

de telle sorte que le Trias apparaît dans un synclinal miocène, et le Miocène sous un anticlinal de Trias. Guébbard a trouvé là du Pliocène marin, incliné de 20°, à 350 mètres au-dessus de la mer ¹.

Tournons-nous vers le Nord.

Les plis provenant de l'intérieur enveloppent, ainsi que nous l'avons dit, l'extrémité Sud-Est du Mercantour. Le point de contact a été rencontré dans le tunnel du Col de Tende ². De Tende à Limone, sur le côté interne du Mercantour, se produit un resserrement très rapide de tous les faisceaux de plis, qui continue à régner jusqu'à l'extrémité Nord-Ouest du massif. Ensuite s'ouvre la large porte comprise entre celui-ci et le Pelvoux, et par là s'effectue le deuxième débordement des parties internes de la chaîne.

On voit de larges lambeaux de recouvrement. Charles Lory les regardait comme des îles de l'époque éocène, Goret comme des horsts. Haug et Kilian ont reconnu, dès 1892, leur caractère véritable. Haug évalue le déplacement directement mesurable à 25 kilomètres, et, d'après Kilian, l'ensemble du mouvement atteindrait de 30 à 40 kilomètres. L'extrémité Nord-Ouest du Mercantour doit avoir été débordée par ces masses charriées ³, mais non l'extrémité du Pelvoux. Sur les plis helvétiques, orientés vers le S.W., arrive de l'Est la zone interne du Flysch, s'étalant largement et accompagnée à sa face inférieure de lambeaux de poussée (*Grundschollen*) arrachés au Trias helvétique. Ces lambeaux sont les témoins du labourage (*Auskolkung*) du substratum de la « porte ». Sur le Flysch reposent les lambeaux de recouvrement mésozoïques de l'Ubaye, venus également de l'Est. Tout le Flysch de l'Embrunais a été apporté de l'Est ⁴.

Sur le côté oriental du Pelvoux se produit un nouveau rétrécissement

Supplemento al Boll. R. Comitato Geol. d'Italia, XVIII, 1888, p. 44); L. Bertrand, *Sur l'âge des roches éruptives du Cap d'Aggio, Alpes-Maritimes* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., I, 1901, p. 96). [Voir aussi Ad. Guébbard, *Liste récapitulative des taches éruptives de l'Ouest du Var* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., II, 1902, p. 900-907).]

1. Zürcher, Bull. Service Carte géol. de la Fr., XVI, 1904-1905, n° 105, p. 170; A. Guébbard, Bull. Soc. Géol. de Fr., 3^e sér., IV, 1904, p. 168.

2. L. Baldacci e S. Franchi, *Studio geologico della Galleria del Colle di Tenda (Linea Cuneo-Vintimiglia)* (Boll. R. Comitato Geol. d'Italia, XXXI, 1900, p. 33-87, pl. II-IV, dont 1 carte géol.).

[3. L. Bertrand, *Sur l'extension originelle probable des nappes de charriage alpines dans les Alpes-Maritimes* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., VIII, 1908, p. 136-143, carte de la p. 142).]

4. Tous les faits sont réunis dans W. Kilian, *Les phénomènes de charriage dans les Alpes delphino-provençales* (Congrès Géol. Internat., C. R. IX^e Sess., Vienne, 1903, p. 455-476), et dans E. Haug, *Les grands charriages de l'Embrunais et de l'Ubaye* (Ibid., p. 493-506 [réimpr. Rev. Générale des Sc., XIV, 1903, p. 1241-1249, avec carte schématique reprod. dans le *Traité de Géologie* du même auteur, I, 1907, fig. 74, face à la p. 212]); il existe en outre un grand nombre de notes préliminaires. Voir surtout les deux feuilles de Gap (200) et de Digne (212) de la *Carte géologique détaillée de la France à 1 : 80 000*. [Voir aussi Ém. Haug et W. Kilian, *Notice explicative de la feuille de Gap de la Carte Géologique détaillée de la France au 80 000^e* (Trav. Laborat. Géol. Fac. Sc. Grenoble, VIII, 1903-1907, p. 1-20).]

des zones internes et, au pied de ce massif, le Flysch, représenté seulement par une bande étroite, se dirige vers le Monétier de Briançon. Au-delà de la Meije, le contour des roches anciennes recule vers l'Ouest, et le Flysch s'élargit en même temps que s'élèvent, refoulées en hauteur, les Aiguilles d'Arves. On ne rencontre aucune porte de sortie vers l'extérieur; la Chaîne de Belledonne forme au contraire un rempart

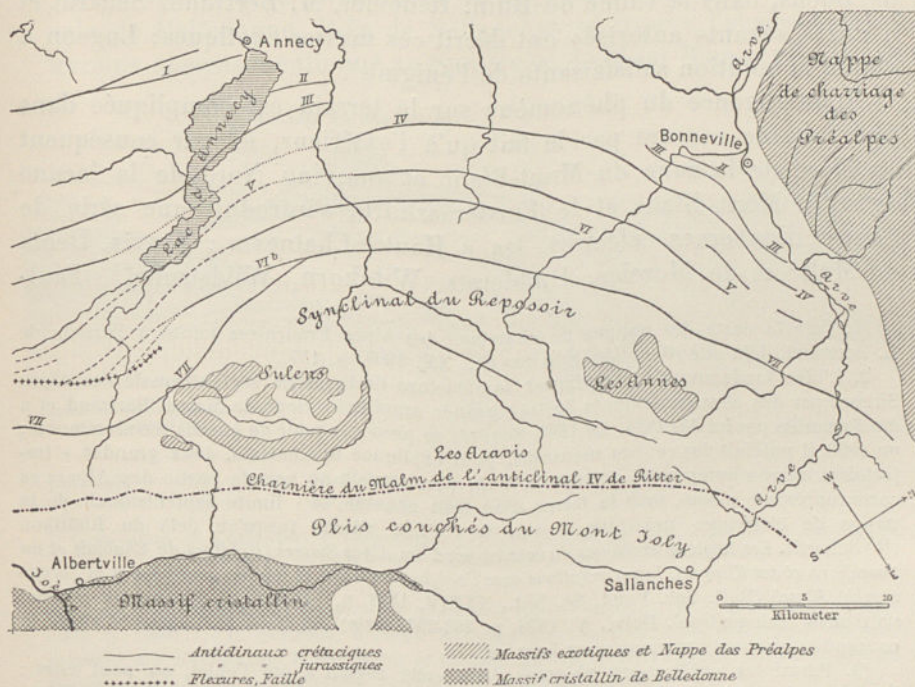


FIG. 144. — Les lambeaux de recouvrement de Sulens et des Annes, d'après M. Lugeon (Bull. Service Carte Géol. de la France, XI, 1899-1900, n° 77, pl. VI).

Échelle de 1 : 400 000 environ.

continu, et, à l'ombre de ce massif, vers Grenoble¹, il n'y a pas de lambeaux de recouvrement. C'est seulement au delà de la Tarentaise que ce rempart s'abaisse; puis, au delà du Massif de Beaufort et de la fenêtre de Mégève (dans laquelle des roches cristallines sont visibles sous les terrains sédimentaires), se produit une lacune orographique. Là recommencent à nouveau les débordements vers l'extérieur, sans qu'on puisse toutefois reconnaître de relation bien nette avec la lacune en question. Sur les Alpes Helvétiques s'étend alors, au Nord de la

[1. Voir la 2^e éd. de la feuille de Grenoble (178) de la Carte Géologique détaillée de la France, publiée en 1908, et la Notice explicative, par W. Kilian et P. Termier, avec la collaboration de P. Lory, V. Paquier et Ch. Jacob (reprod. Trav. Laborat. Géol. Fac. Sc. Grenoble, IX, 1908-1909, p. 233-251).]

zone du Mont-Blanc, une longue série de lambeaux de recouvrement¹.

Ils commencent au Sud-Est d'Annecy avec les petits lambeaux de Sulens et des Annes. Au Sud du Lac de Genève leur succède le grand lambeau du Chablais, auquel fait suite celui des Alpes Fribourgeoises; puis viennent, en continuant vers l'Est, une longue série de témoins plus petits jusqu'à Iberg, et l'on atteint enfin le Berglittenstein, près de Buchs, dans la vallée du Rhin. Renevier, M. Bertrand, Schardt et d'autres savants autorisés ont décrit ces masses exotiques; Lugeon a donné la solution satisfaisante de l'énigme².

L'intelligence du phénomène sur le terrain est compliquée dans une certaine mesure par le fait qu'à l'extérieur, ici par conséquent au Nord de la zone du Mont-Blanc et aussi au Nord de la lacune entre le Mont-Blanc et le Finsteraarhorn, s'introduit une série de hautes montagnes calcaires, les « Hautes-Chânes » : Aravis, Dents du Midi³ et de Morcles, Diablerets, Wildhorn, Wildstrubel⁴, Faul-

[1. Voir la carte des nappes de charriage des Alpes Françaises jointe à l'article de L. Bertrand, déjà cité (Rev. Générale des Sc., XX, 1909, p. 157).]

2. L'idée fondamentale d'expliquer la structure de la partie septentrionale des Alpes Suisses par des chevauchements de très grande amplitude vient de Marcel Bertrand et a été formulée par lui dès 1884. En 1893, Schardt se prononça pour de grands recouvrements: en 1898, il publiait des coupes montrant, pour expliquer le Chablais, deux grandes « trajectoires du recouvrement » venant du Sud, par-dessus une grande partie des Alpes; sa carte représente même, sous la forme d'un trait ponctué, la « limite septentrionale de la nappe de charriage préalpine » qui, vers l'Est, s'étend jusqu'au delà du Rhätikon (H. Schardt, *Les Régions exotiques du versant nord des Alpes Suisses (Préalpes du Chablais et du Stockhorn et des Klippes). Leurs relations avec l'origine des blocs et brèches exotiques et la formation du Flysch* (Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat., XXXIV, 1898, p. 113-219, pl. I : carte et coupes; voir aussi *Ecolog. Geol. Helv.*, V, 1898, p. 233-253, carte). En 1901, M. Lugeon a publié la conception que nous prenons pour base ici.

[3. Parmi les publications récentes dont cette région a été l'objet, on peut citer : Ét. Ritter, *Le Massif du Haut-Giffre. Étude sur le raccord des plis couchés de la Vallée de l'Arve avec ceux des Tours-Salières et de la Dent du Midi* (Bull. Service Carte Géol. de la Fr., X, 1898-1899, n° 61, p. 1-24, pl. I-III : coupes et carte géol.); Léon W. Collet, *Étude géologique de la chaîne Tour Saillière-Pic de Tanneverge* (Matériaux Carte Géol. de la Suisse, nouv. sér., XIX, 1904, iv-31 p., pl. I-IV : carte géol., coupes et vues); Ch. Jacob, *Note sur la tectonique du massif crétacé situé au Nord du Giffre* (Bull. Service Carte Géol. de la Fr., XVI, 1904-1905, n° 108, p. 253-263, pl. I, II : carte et coupes); Léon W. Collet, *Les Hautes-Alpes Calcaires entre Arve et Rhône* (Mém. Soc. de Physique et Hist. Nat. de Genève, XXXVI, fasc. 4, 1910, p. 411-586, pl. 8-18 : carte géol., coupes, phot. et panoramas, 33 fig. dans le texte.)

[4. Voir, pour cette région, la belle *Carte géologique des Hautes-Alpes Calcaires entre la Lizerne et la Kander* par M. Lugeon (1898-1909), à l'échelle de 1 : 50 000, publiée par la Commission Géologique Suisse en 1910 (Matériaux pour la Carte Géol. de la Suisse, nouv. sér., Livr. XXX, Carte spéciale n° 60). Voir aussi : IX^e Congrès Internat. de Géographie, Genève, 1908, *Livret des Excursions scientifiques*. In-8° (1. Excursion destinée à l'étude des *Nappes de recouvrement dans les Préalpes, les Hautes-Alpes calcaires et les Alpes cristallines*. Directeur : M. Lugeon, p. 6-26, fig. 1-2 : coupes; 4. Excursion destinée à étudier la *Structure du Jura, du Plateau et des Alpes*. Directeur : H. Schardt, p. 58-76, fig. 3-6 : coupes); M. Lugeon, *Quelques faits nouveaux concernant la structure des Hautes-Alpes calcaires berno-valaisannes* (Ecolog. Geol. Helv., X, 1908, p. 37-38); H. Schardt, *Coup d'œil sur la Géologie et la Tectonique des Alpes du Canton du Valais* (Bull. Soc. Murithienne Sc. Nat. du Valais, XXXV, 1908, p. 246-354, pl. I-VII : phot., carte et 18 coupes, 1909; renferme une liste bibliographique); M. Lugeon, *Excursion de la Société Géologique Suisse dans les Hautes-Alpes*

horn¹, etc.), qui sont elles-mêmes disposées en nappes, par exemple entre la Dent de Morcles et le Wildstrubel, et énergiquement charriées vers le Nord; malgré leur hauteur, elles font néanmoins partie de la zone helvétique. L'exemple des lambeaux occidentaux est à plusieurs titres instructif, en ce qui concerne la nature du plissement orogénique; nous l'empruntons à l'un des premiers travaux de Lugeon².

On voit au bord inférieur de la fig. 144 la terminaison septentrionale de Belledonne. Près de Sallanches se trouve l'abaissement des terrains anciens mentionné au Sud-Ouest du Mont-Blanc et du Prarion

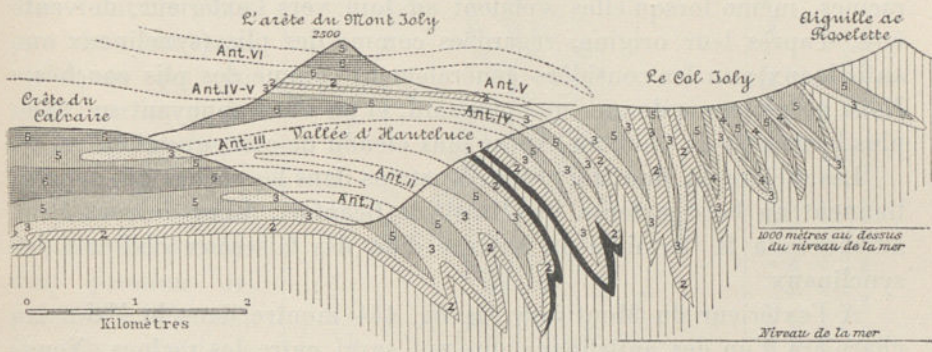


FIG. 145. — Plis couchés du Mont Joly, d'après Ét. Ritter (*Bull. Service Carte Géol. de la France*, IX, 1897-1898, n° 60, pl. I).

1. Carbonifère; 2. Quartzites; 3. Cagneules; 4. Étage rhétien; 5. Lias calcaire; 6. Lias supérieur schisteux. — Échelle de 1 : 70 000 environ (longueurs et hauteurs).

calcaires berno-valaisannes du 8 au 11 Septembre 1909. *Compte rendu* (Eclogæ Geol. Helv., X, 1909, p. 759-774); H. Schardt, *Géologie et Tectonique du Groupe du Wildhorn* (Hautes-Alpes calcaires des Cantons de Vaud, Berne et Valais). Tiré du « Dictionnaire Géographique de la Suisse ». Gr. in-8°, 8 p., 7 coupes, 1 carte h. t., Neuchâtel, 1909.]

[1. Sur la structure des chaînes calcaires situées au Nord-Ouest du Massif de l'Aar, consulter la *Geologische Karte der Gebirge zwischen Lauterbrunnenthal, Kanderthal und Thunersee*, 1 : 50 000, aufgenommen 1902-1905 von Ed. Gerber, Ed. Helgers, A. Trösch (Beitr. zur Geol. Karte der Schweiz, Spezialkarte n° 43 a; *Profiltafel*, d°, n° 43 b: *Erläuterungen*. In-8°, 38 p., 1 pl. coupes, Zürich, 1907). Voir en outre : Ed. Gerber, *Beiträge zur Geologie der östlichen Kientaleralpen* (Neue Denkschr. Schweiz. Gesellsch. Naturwiss., XL, Abh. 2, 1905, p. 21-88, pl. I-III : carte et coupes); J. H. E. Helgers, *Beiträge zur Geologie der westlichen Gehänge des Lauterbrunnenthalen*. Inaug.-Diss. Bern., 1905. In-8°, 64 p., 3 pl. coupes, 1 carte; A. Baltzer, *Zwei Querprofile durch Aarmassiv und Berner Oberland nach der Deckenhypothese* (Eclogæ Geol. Helv., X, 1908, p. 150-164, pl. 5-6 : coupes); A. Troesch, *Beiträge zur Geologie der Westlichen Kientaleralpen. Blümlisalpgruppe* (Eclogæ Geol. Helv., X, 1908, p. 63-149, pl. 4 : coupes); A. Buxtorf und E. Truninger, *Ueber die Geologie der Doldenhorn-Fisistockgruppe und den Gebirgsbau am Westende des Aarmassivs* (Verhandl. Naturforsch. Gesellsch. Basel, XX, 1909, p. 135-179, pl. III-IV : phot. et coupes, carte dans le texte p. 170); Ed. Helgers, *Die Lohnerkette. Eine geotektonische Skizze*. In-8°, 20 p., 3 pl. coupes, Bern, 1909. Pour l'ensemble de la région, consulter aussi A. Baltzer, *Das Berner Oberland und Nachbargebiete. Ein geologischer Führer*. In-18, xvi-347 p., 74 fig., 1 carte, Berlin, 1906.]

2. M. Lugeon, *Les dislocations des Bauges, Savoie* (Bull. Service Carte géol. de la Fr., XI, 1899-1900, n° 77, p. 359-474, 6 pl. dont 1 carte). Cette région possède une riche bibliographie.

(Aiguilles Rouges). Le Mont Joly, situé à l'extérieur de l'extrémité de la Chaîne de Belledonne, est, d'après les coupes de Marcel Bertrand et de Ritter (fig. 145), traversé par de nombreux synclinaux ou racines sortant presque verticalement des schistes cristallins et s'inclinant ensuite suivant un angle qui peut devenir presque droit¹.

Termier a décrit un phénomène semblable dans le Massif du Pelvoux. Dans l'Himalaya, on a fréquemment remarqué que les couches sont plus fortement redressées dans les vallées que sur les hauteurs. Nous retiendrons pour le moment que toutes les nappes issues de ces racines, même lorsqu'elles s'étalent au loin vers l'extérieur, doivent être, d'après leur origine, regardées comme des plis (synclinaux ou anticlinaux); on les considère généralement comme des plis couchés. Nous ne pourrions donner que plus tard, et en nous appuyant sur une plus large base de faits, un exposé plus étendu de cette question.

Les racines du Mont Joly sont encastrées dans les roches qui appartiennent au bord externe du Massif de Beaufort. Elles doivent être attribuées à la terminaison externe d'un des faisceaux obliques de synclinaux.

A l'extérieur du Mont Joly, la fig. 144 montre dans le Malm la charnière d'un des anticlinaux qui ont surgi entre les racines. Nous atteignons ainsi les Aravis et, avec la crête de ce nom, la région des Hautes-Chânes Helvétiques.

Elles forment en partie le bord d'une cuvette de Flysch (synclinal du Reposoir), qui renferme les lambeaux exotiques de Sulens et des Annes, lesquels ne proviennent pas du Mont Joly. La bordure externe du synclinal de Flysch appartient aux Chaînes Helvétiques du Genevois, à disposition concentrique, formées de Jurassique et de Crétacé (I à VII), et se dirigeant, suivant un tracé en arc de cercle, depuis le Lac d'Annecy jusqu'à l'Arve. Au delà de l'Arve se trouve le bord du grand lambeau de recouvrement du Chablais (Préalpes); et les Chaînes Helvétiques du Genevois se perdent, vers l'Arve, entre ce bord et le lambeau des Annes². Un court anticlinal s'étend en outre au milieu du Flysch, entre Sulens et les Annes.

De cette disposition on a conclu, à juste titre, qu'au recouvrement de Sulens et des Annes avaient encore succédé des mouvements

1. M. Bertrand et Ritter, *Sur la structure du mont Joly près Saint-Gervais, Haute-Savoie* (C. R. Acad. Sc., CXXII, 1896, 1^{er} sem., p. 289-293); Ét. Ritter, *La bordure sud-ouest du Mont-Blanc. Les plis couchés du Mont-Joly et de ses attaches* (Bull. Service Carte géol. de la Fr., IX, 1897-1898, n° 60, p. 611 et suiv.; p. 665, pl. I). [Voir aussi la feuille d'Albertville (169 bis) de la Carte géologique détaillée de la France, par Ét. Ritter, M. Bertrand, etc., 1897.]

2. Ém. Haug décrit en termes saisissants le même phénomène : *Études sur la Tectonique des Hautes Chaînes calcaires de Savoie* (Bull. Service Carte géol. de la Fr., VII, 1895-1896, n° 47, p. 271 et suiv.).

notables, vraisemblablement plus récents que la séparation du Chablais et des Annes, et même en partie plus récents que la séparation des Annes et de Sulens. Ces plissements ont été gênés par les lambeaux exotiques qui pesaient sur la cuvette de Flysch du Reposoir.

Nous avons abordé par ce qui précède une question des plus difficiles, non élucidée d'ailleurs par la fig. 144.

La situation du Chablais et des Alpes Fribourgeoises correspond, à peu près, à la lacune entre Belledonne et le Mont-Blanc. Nous avons dit que l'on pouvait suivre des plis appartenant au côté méridional de Belledonne sur le côté septentrional du Mont-Blanc. Ce même alignement oblique se répète dans les Hautes-Chânes. Lugeon indique que le Massif de Morcles s'enfonce

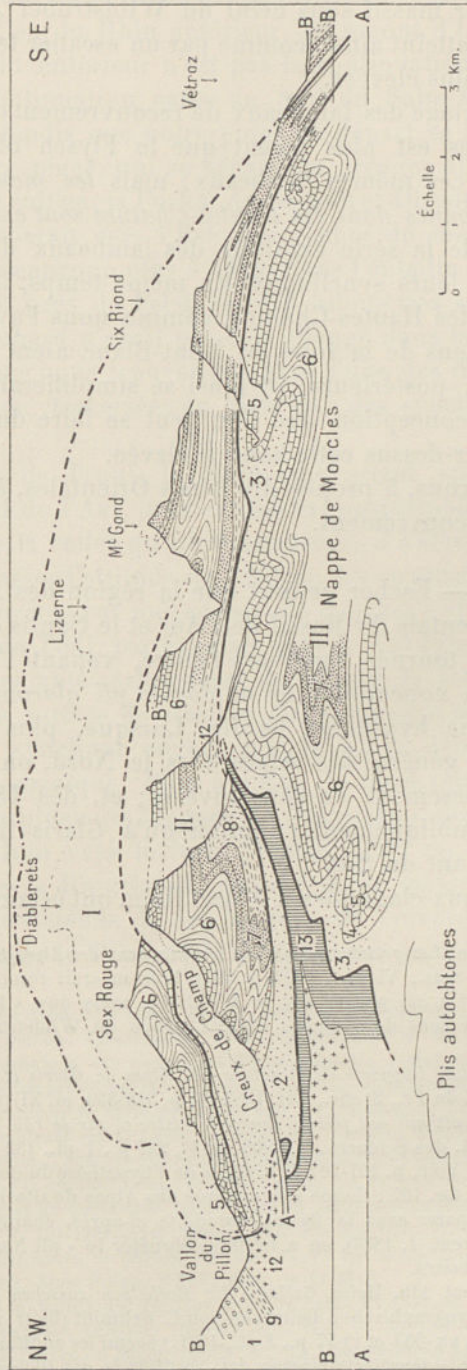


Fig. 146. — Les trois nappes helvétiques des Alpes de la Suisse Occidentale, d'après M. Lugeon (9^e Congrès International de Géographie, *Libret des Excursions Scientifiques*, Genève, 1908. In-8^o, p. 16, fig. 1).

1. Flysch du Nioson; 2. Grès de Taveyannaz; 3. Nummulitique supérieur; 4. Nummulitique inférieur; 5. Urgonien et Gault; 6. Néocomien; 7. Malm; 8. Dogger; 9. Aalénien; 10. Trias (gypses et argentes); 11. Écaille de Néocomien à Céphalopodes. — I. Nappe du Wildhorn; II. Nappe de Morcles; III. Nappe de Morcles. A Vétroz (Vallée du Rhône), racine des nappes plongeantes de la zone interne des Préalpes. La nappe des Diablerets recouvre l'échelle de Néocomien à Céphalopodes des Préalpes. — Échelle de 1 : 100 000 (longueurs et hauteurs).

sous les Diablerets, ceux-ci plongent à leur tour sous le Wildhorn (fig. 146),

et ce dernier massif sous celui du Wildstrubel¹. En se dirigeant vers le N.E., on atteint ainsi, comme par un escalier tectonique, des écaillés de plus en plus élevées.

Ce charriage des lambeaux de recouvrement de Sulens et des localités voisines est plus récent que le Flysch oligocène auquel sont superposés ces mêmes lambeaux; mais *les mouvements qui viennent d'être mentionnés dans les Hautes-Chaines sont encore plus récents*; des fragments de la série exotique des lambeaux de recouvrement sont plissés dans leurs synclinaux. En même temps, il se peut que, lors du plissement des Hautes-Chaines, comme nous l'avons déjà indiqué, les massifs anciens de la zone du Mont-Blanc aient eux-mêmes subi une surélévation postérieure; et ainsi se simplifierait, dans une certaine mesure, la conception que l'on peut se faire du passage des masses charriées par-dessus cette zone si élevée.

Nous aurons, à propos des Alpes Orientales, à revenir sur ces lambeaux de recouvrement.

Glaris. — Escher pensait que la région des Alpes comprise entre la partie orientale du Massif de l'Aar et le Säntis était formée par deux grands plis tournés l'un vers l'autre, venant l'un du Nord, l'autre du Sud. La conception de ce *double pli glaronnais* constituait, pour l'époque, une hypothèse hardie. Lorsque, plus tard, fut reconnu le mouvement général des Alpes vers le Nord, on commença à douter d'un tel plissement en sens inverse; et, dès 1884, Marcel Bertrand exprimait publiquement l'opinion qu'à Glaris il n'y avait qu'un pli unique, venant du Sud².

Les travaux classiques d'Albert Heim ont éclairci la face des choses³.

1. M. Lugeon, *Les grandes nappes de recouvrement des Alpes Suisses* (Congrès Géol. Internat., C. R. IX^e Sess., Vienne, 1903, p. 482). Lugeon croit reconnaître que ce n'est pas le Wildstrubel qui a été poussé sur le Wildhorn, mais que « les nappes des Diablerets et du Wildhorn se sont développées sous la nappe du Wildstrubel existante avant elles » (p. 484).

2. M. Bertrand, *Rapports de structure des Alpes de Glaris et du Bassin houiller du Nord* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 3^e sér., XII, 1883-84, p. 318-330, pl. XI) [et Marcel Bertrand, *Mémoire sur les refoulements qui ont plissé l'Écorce terrestre et sur le rôle des déplacements horizontaux* (Mém. de l'Acad. des Sciences, L, 1908. In-4^o, 267 p., 1 pl., 132 fig. — Mémoire posthume, rédigé en 1890). Voir, p. 197-207, la critique de l'hypothèse du double pli de Glaris, et notamment, p. 198, la fig. 107 : Coupe schématique des Alpes de Glaris dans l'hypothèse d'un pli unique (à comparer avec la figure reproduite ci-après, chapitre xxiii).] Dans le présent ouvrage également (I, 1883), on a hésité à signaler le « pli Nord » comme un exemple de plissement à rebours.

3. Voir surtout Alb. Heim, *Geologie der Hochalpen zwischen Reuss und Rhein mit einem Anhang von petrographischen Beiträgen von C. Schmidt* (Beitr. zur Geol. Karte der Schweiz [Bl. XIV], XXV, xx-303 et vi-77 p., 8 pl., 1891); parmi les additions récentes, voir Alb. Heim, *Die vermeintliche « Gewölbeumbiegung des Nordflügels der Glarner Doppelfalte » südlich vom Klausenpass, eine Selbstkorrektur* (Geol. Nachlese, Nr. 18. Vierteljahrsschr. d. Naturforsch. Gesellsch. Zürich, LI, 1906, p. 403-431, pl. III-IV). [Voir, en outre, la *Geologische Karte der*

Pour les suivre sur une coupe menée du Sud vers le Nord, nous nous rendrons dans la vallée du Rhin antérieur, en amont d'Ilanz¹.

La vallée du Rhin antérieur n'est pas la continuation de la vallée du Rhône; cette continuation passe au Sud du Saint-Gothard (par Airolo et le Scopi), tandis que notre point de départ se trouve sur le synclinal sédimentaire pincé, qui se sépare du premier alignement en amont de Brigue et se suit par la Furka, Andermatt et Disentis. Le Massif du Saint-Gothard disparaît vers l'Est. Les roches du massif de l'Aar sont encore visibles beaucoup plus à l'Est, dans l'entaille produite par la vallée de Vättis et près de Felsberg, à 6 kilomètres seulement du Rhin. Si le Saint-Gothard n'avait pas déjà plongé dans la profondeur à partir de Truns, nous nous trouverions dans l'une des digitations de la zone du Mont-Blanc, traversées en biais par des synclinaux helvétiques.

Dès les environs de Truns, le Verrucano prend, sur le versant méridional du Massif de l'Aar, une extension considérable. Au-dessus d'Ilanz et à partir de la vallée du Rhin antérieur, il s'élève de plus en plus, et finit par dépasser l'altitude de 3 000 m. A s'en tenir aux grandes lignes, la pente est formée par une surface de couches s'élevant vers le Nord. Au voisinage du Tödi, par exemple dans le Val Frisal, où affleurent encore les roches anté-carbonifères du Massif de l'Aar, on peut reconnaître que cette surface de couches du Verrucano appartient au flanc supérieur d'un synclinal ouvert vers le Nord, dans lequel est enclavée la série mésozoïque. Plus à l'Est, le bord relevé de cette surface se partage en plusieurs langues de Verrucano, dont quelques-unes s'avancent au loin vers le Nord (Vorab 3 025 m., Piz Segnes 3 102 m., sommet de la Ringelspitz, détaché de la masse principale, 3 206 m., etc.); et au-dessous de ces langues de Verrucano, on peut voir, en série renversée, le Trias, le Jurassique, sur quelques points le

Glärner-Alpen, aufgenommen 1900-1908 von J. Oberholzer und Alb. Heim, 1 : 50 000, herausgegeben von der Schweiz. geolog. Kommission, 1910 (Spezialkarte n° 50). L'unité du prétendu « double pli » glaronnais a été confirmée d'une manière éclatante par les études stratigraphiques de détail entreprises en ces dernières années, et notamment par l'analyse de la distribution des faciès dans la série crétacée; voir, en particulier : Ch. Jacob, *Études paléontologiques et stratigraphiques sur la partie moyenne des Terrains Crétacés dans les Alpes Françaises et les régions voisines*. Thèse de Doctorat (Travaux Laborat. Géol. Fac. Sc. Grenoble, VIII, 1907, p. 280-590, pl. I-VI; surtout chap. VII-IX et carte, pl. I); Arn. Heim, *Sur les zones paléontologiques et lithologiques du Crétacique moyen dans les Alpes Suisses* (Bull. Soc. Géol. de France, 4^e sér., IX, 1909, p. 101-128); Arn. Heim, *Über die Stratigraphie der autochthonen Kreide und des Eocäns am Kistenpass, verglichen mit der Facies der helvetischen Decken* (Beitr. zur Geol. Karte der Schweiz, Neue Folge, XXIV, 1910, p. 21-45).]

[1. Sur la structure de la vallée du Rhin en aval de cette localité et le recouvrement des nappes helvétiques par les schistes des Grisons, voir P. Arbenz et W. Staub, *Die Wurzelregion der helvetischen Decken im Hinterrheintal und die Überschiebung der Bündnerschiefer südlich von Bonaduz* (Vierteljahrsschr. Naturforsch. Gesellsch. Zürich, LV, 1910, p. 23-62; résumé par P. Arbenz, *Ecologæ Geol. Helv.*, X, 1909, p. 729-731).]

Crétacé, et enfin, jusque dans la profondeur des vallées, une grande épaisseur de Flysch tertiaire. C'est ce bord de Verrucano, dominant la série renversée, qui avait été autrefois considéré comme représentant l'aile méridionale du double pli glaronnais.

La facile désagrégation du Flysch dans les profondeurs a entraîné le démantèlement de cette nappe chevauchante, en donnant naissance à de grands escarpements; mais quelques lambeaux témoignent de l'ancienne extension de la nappe vers le Nord. Le Hausstock (3 156 m.) est l'un de ces lambeaux, éloigné de 4 kilomètres à peine du bord du Vorab et relié par des témoins analogues (Muttlestock, Kalkstöckli) à une falaise semblable, toute déchiquetée, de Verrucano, regardant vers le Sud (Kärpfstock 2 798 m., Ruche 2 613 m., Graue Hörner 2 817 m.). Ce second rebord forme le commencement de l'aile Nord de l'ancien double-*pli*. C'est en réalité la continuation de l'aile Sud, et toutes deux, autrefois reliées l'une à l'autre, constituaient une large voûte, tendue, à une grande hauteur, au-dessus des masses de Flysch des vallées de la Linth et de la Sernf.

Les Graue Hörner, que nous venons de citer sur cette seconde falaise, dominant Vättis au Nord; en descendant jusqu'au fond du Calfeuser Thal, on traverse le synclinal tout entier : on observe en effet, sous la haute couverture de Verrucano, le Jurassique, puis toute l'épaisseur du Flysch encastré dans le synclinal, et au-dessous, en succession normale, le Crétacé, le Jurassique et le Trias; l'on atteint enfin, dans la profondeur, les schistes anciens du massif de l'Aar.

Revenons à l'aile Nord du double *pli*, vers le Kärpfstock.

La partie la plus élevée du dôme est dépassée. La lame de Verrucano s'enfonce maintenant vers le Nord; mais nous pouvons, sans la quitter, continuer notre chemin jusqu'au bord du Lac de Walenstadt, à 35 kilomètres de notre point de départ sur le Rhin antérieur. De plus, le Jurassique qui se trouve sous le Verrucano s'est étiré en un mince ruban de marbre blanc, au contact duquel les têtes des plis du Flysch sont déjetées vers le Nord (fig. 147). Sur ces entrefaites, tandis que l'altitude de la lame de Verrucano au-dessus de la mer a diminué de près de 2 600 m., des lambeaux concordants de la couverture normale : Trias, Lias, Jurassique, ont apparu sur son dos. Mais, vers l'Ouest, du côté

LÉGENDE DE LA FIGURE 147.

tr. Trias (Dolomie de Röthi, cargneules, Quartenschiefer); J_i. Jurassique inférieur (Lias, Dogger, Oolithe ferrugineuse); J_s. Jurassique supérieur (Oxfordien, Malm); J_l. D° écrasé (Lochseitenkalk); cr. Crétacé (Néocomien, Urgonien, Gault, couches de Seewen); e. Éocène (Nummulitique, Grès de Taveyannaz, schistes); m. Moraines, éboulis. — Les lignes horizontales I-V définissent la base (niveau de la mer) des profils successifs, disposés de l'Est à l'Ouest dans l'ordre suivant : I-I. Gernsfayerstock-Glatten; II-II. Kammlistock-Balmalp; III-III. Scheerhorn-Schächenthaler Windgälle; IV-IV. Klein Ruchen-Griesstock; V-V. Gross Ruchen-Brunnialp. — Échelle de 1 : 50 000 (longueurs et hauteurs).

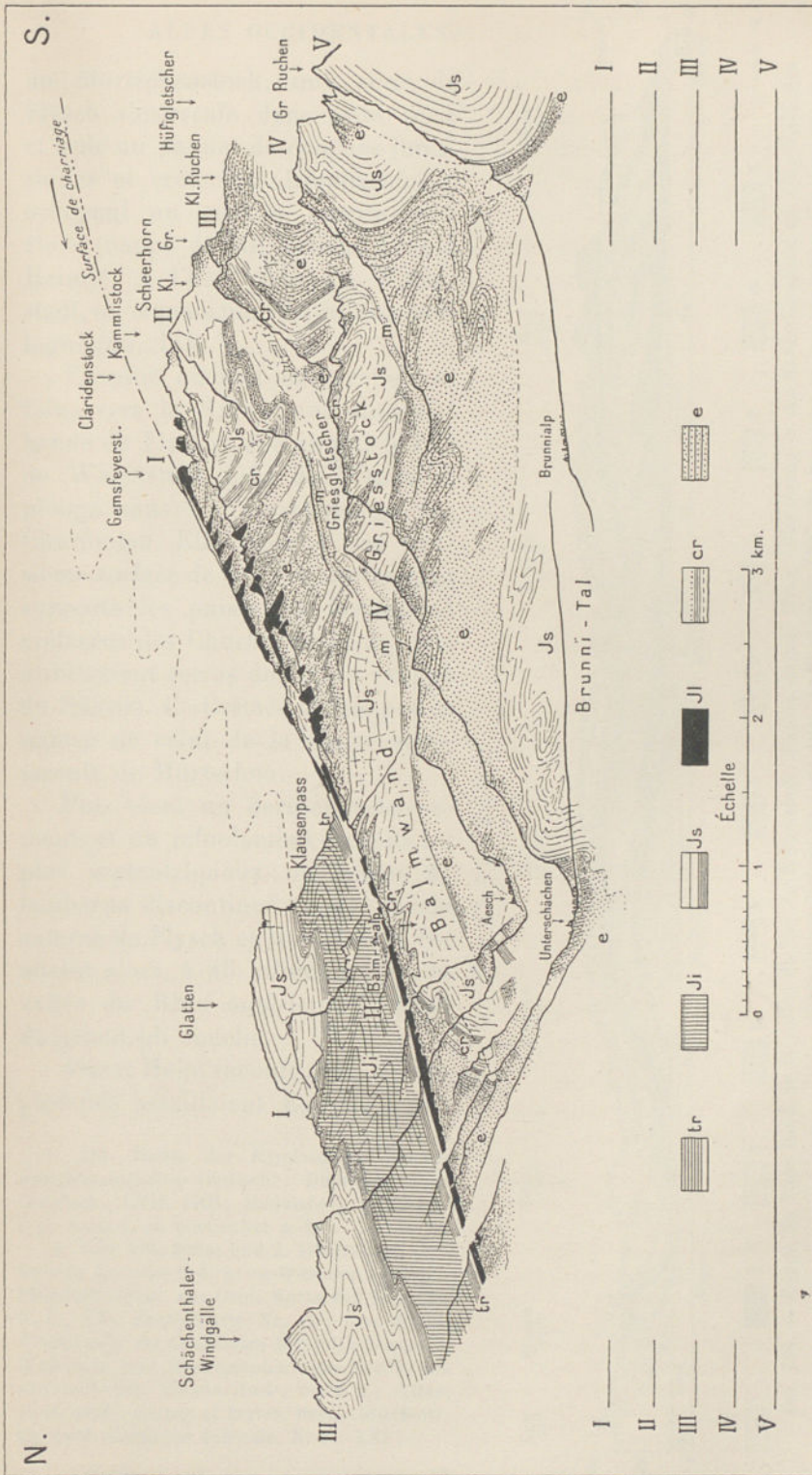


Fig. 147. — Coupes échelonnées du Schächenthal au Col du Klausen, d'après Alb. Heim (*Geologische Nachlese*, n° 18; *Vierteljahrsschrift der Naturforsch. Gesellschaft in Zürich*, 1906, pl. III).

du Mürtchenstock, une zone de Flysch s'intercale dans cette série et isole un paquet de couches jurassiques et crétacées (Kerenzenberg) occupant un niveau encore plus élevé (nappe de Mürtchen, Arnold Heim)¹. A l'Est, près de Walenstadt, on signale une disposition analogue (fig. 148)².

Ensuite, on voit arriver de très loin, vers le S.W., une nouvelle bande de Flysch; elle atteint le Lac de Walenstadt près de Wesen et plonge sous les escarpements des Churfürsten. Elle jalonne une troisième surface de contact anormal, et supporte les puissantes formations crétacées des Churfürsten et des plis étroitement serrés du Säntis (nappe du Säntis). Ce Crétacé diffère par sa nature de celui de la nappe sous-jacente de Mürtchen.

Puis vient un dernier redressement, et un refoulement des plis les plus septentrionaux ou même de lambeaux discontinus vers la bande externe de Flysch et la Mollasse. On atteint alors, à 45 kilomètres de la vallée du Rhin antérieur, le front du grand pli couché.

Albert Heim raconte quels doutes profonds assaillaient Escher, avant

1. Arn. Heim, *Zur Kenntniss der Glarner Überfaltungsdecken* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch., LVII, 1905; Monatsber., p. 89-118, 1 pl. coupes, en particulier p. 94).

[2. Voir Arn. Heim und J. Oberholzer, *Geologische Karte der Gebirge am Walensee*, 1 : 25 000, 1903-1906 (Beitr. zur Geol. Karte der Schweiz, N. F., XX, Spezialkarte Nr. 44); Arn. Heim, *Monographie der Churfürsten-Mattstock-Gruppe*. I. Einleitung und Stratigraphie vom Tertiär bis zum mittleren Kreide. In-4°, x-272 p.; Atlas, 16 pl. phot., coupes et cartes, Bern, 1910 (Beitr. zur Geol. Karte der Schweiz, N. F., XX).]

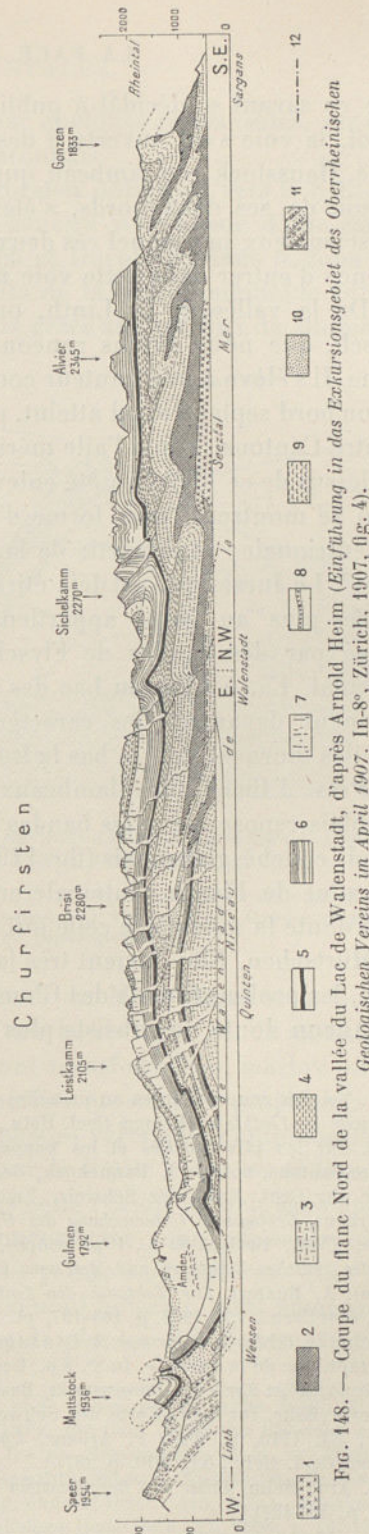


Fig. 148. — Coupe du flanc Nord de la vallée du Lac de Walenstadt, d'après Arnold Heim (*Einführung in das Exkursionsgebiet des Oberrheinischen Beckens*, Zürich, 1907, fig. 4).

1. Lias; 2. Dogger et schistes liasiques; 3. Malm; 4. Berriasien et marnes valanginiennes; 5. Calcaires valangiens; 6. Néocomien; 7. Schratenkalk; 8. Gault; 9. Seewerkalk; 10. Éocène (Flysch); 11. Mollasse, Nagelfluh; 12. Chevauchement. — Échelle de 1 : 150 000 (longueurs et hauteurs).

que ce savant se décidât à publier ses idées sur le double pli. Aujourd'hui, la voie s'est ouverte à des conceptions encore plus grandioses; et le Hausstock, ce lambeau qui couronne le dôme et qui établit la liaison de ses deux bords, s'élève comme un monument du travail consciencieux par lequel ces deux hommes ont précisément permis à la science d'entrer dans cette voie nouvelle.

De la vallée de la Linth, on voit se poursuivre vers l'Ouest le Flysch, que nous avons rencontré dans la profondeur sous le vaste dôme. Il s'élève à une hauteur considérable sous le Glacier des Clarides, et son bord septentrional atteint, près de Flüelen, le pourtour du Lac des Quatre-Cantons. Toute l'aile méridionale du double pli, qui se trouvait au-dessus de ce Flysch, a été enlevée par l'érosion. Des traces de Verrucano se montrent, sous forme d'un long ruban, au pied de la falaise septentrionale; et, à partir de là, on retrouve les plis couchés vers le Nord¹. Le Jurassique est déjà étiré près de Flüelen; et toutes les chaînes situées plus au Nord appartiennent au Crétacé, qui est également divisé par des bandes de Flysch, indiquant des surfaces de contact anormal. Là, à l'Est du Lac des Quatre-Cantons, les nappes crétacées prennent davantage les caractères de nappes plongeantes, attendu qu'elles tournent vers le bas le front de leurs anticlinaux².

Près d'Iberg, des lambeaux de la masse de recouvrement du Chablais reposent sur les bandes les plus avancées du Flysch, au Nord du pli couché glaronnais (fig. 149). Sur le Rhin, entre Buchs et Grabs, une zone de Flysch s'intercale entre les Churfiristen et le Säntis; c'est sans doute la même que celle qui sépare la nappe du Säntis de la nappe de Mürtchen. Elle devient très large et porte le Berglittenstein³. Vers l'Est, les prolongements des Churfiristen plongent sous le Falknis.

Aucun doute ne subsiste plus aujourd'hui sur le fait que la grande

[1. Voir les coupes jointes au mémoire de J. Oberholzer. *Die Überfaltungsdecken auf der Westseite des Linthtales* (Eclogæ Geol. Helv., X, 1908, p. 531-555, pl. 11-13 : coupes).]

[2. Sur les plis couchés et les nappes plongeantes de la région voisine du Lac des Quatre-Cantons, voir J. J. Pannekoek, *Geologische Aufnahme der Umgebung von Seelisberg* (Beitr. zur Geol. Karte der Schweiz, Neue Folge, XVII, 1905, 25 p., carte à 1 : 25 000); P. Arbenz, *Geologische Untersuchung des Frohnalpstockgebietes, Kanton Schwyz* (Ibid., Neue Folge, XVIII, 1905, 1x-82 p., 1 pl. coupes, carte à 1 : 25 000); P. Arbenz, *Zur Geologie des Gebietes zwischen Engelberg und Meiringen* (Eclogæ Geol. Helv., IX, 1907, p. 464-483, pl. 5 : coupe); A. Buxtorf, *Zur Tektonik der Zentral-Schweizerischen Kalkalpen* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch., LX, 1908, p. 163-197, pl. XII-XIII : coupes, avec carte tectonique p. 182); H. Schardt, *Géologie du Groupe de l'Aa (Alpes d'Unterwald)*. Article extrait du « Dictionnaire Géographique de la Suisse ». In-8°, 8 p., 6 coupes, Neuchâtel, 1909; A. Buxtorf, *Erläuterungen zur Geologischen Karte des Bürgenstocks*, Basel, 1910. In-8°, 48 p., 2 pl. dont 1 carte tectonique générale (Beitr. zur Geol. Karte der Schweiz, Spezialkarte Nr. 27 a; résumé, Eclogæ Geol. Helv., XI, 1910, p. 286); P. Arbenz, *Über die tektonische Stellung der Urvrotstockgruppe* (Eclogæ Geol. Helv., XI, 1910, p. 287).]

[3. Arn. Heim, *Ueber den Berglittenstein und die Grabser-Klippe* (Eclogæ Geol. Helv., IX, 1907, p. 425-437).]

zone des lambeaux exotiques repose, par quelques restes isolés, sur des formations qui appartiennent au pli glaronnais.

Et maintenant, tandis que les Churfirsten obliquent vers le S.E., le Säntis conserve la direction N.E. et pénètre sous forme d'une large rangée de plis crétacés, entre Feldkirch et Dornbirn, dans la zone du Flysch des Alpes Orientales. Les détails de la liaison sigmoïde sur la rive gauche du Rhin sont surtout connus grâce aux travaux de Blumer¹.

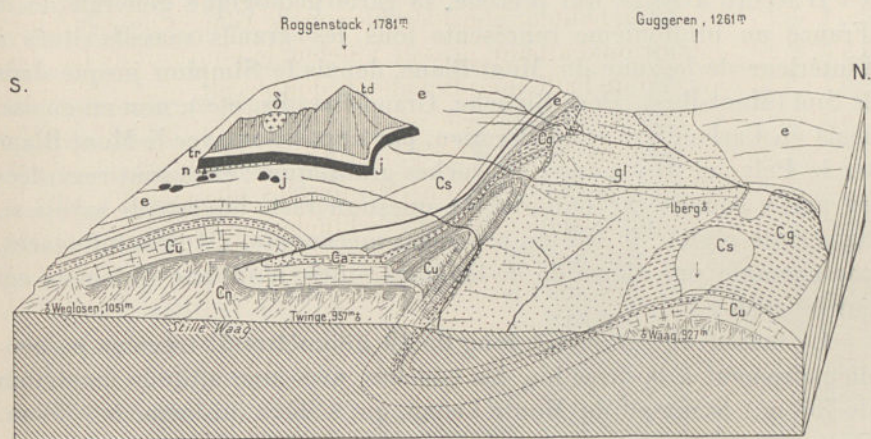


FIG. 149. — Schéma de la klippe du Roggenstock (Environs d'Iberg), d'après Edm. C. Quereau (*Beiträge zur Geol. Karte der Schweiz*, XXXIII, 1893, pl. III, fig. 1).

Terrains autochtones : Ca. Néocomien; Cu. Urgonien; Ca. Aptien; Cg. Gault; Cs. Sénonien (Couches de Seewen); e. Éocène. — Terrains exotiques : n. Néocomien; j. Tithonique; tr. Couches de Raibl; td. Dolomie principale; p. Porphyrite diabasique. — gl. Dépôts glaciaires.

Simplon et Tessin. — Entre la zone du Mont-Blanc et la limite dinarique, les roches sont affectées à un haut degré par le métamorphisme. Des sédiments mésozoïques sont transformés en marbre ou en schistes lustrés, le Permien et le Carbonifère en schistes graphiteux, la diabase, le gabbro et la péridotite en schistes verts ou en amphibolites; et il est souvent très difficile de préciser la limite entre les sédiments carbonifères normaux et le gneiss. Dans cette région existait sans doute autrefois au-dessous du Trias, en concordance, une puissante série de formations argileuses et gréseuses permo-carbonifères, qui, sur quelques points, par exemple dans l'éventail houiller, sont demeurées reconnaissables grâce à des empreintes de plantes et à d'autres traces;

1. Alb. Heim, *Das Säntisgebirge*. I. Textband. In-4°, x-654 p.; II. Atlas. In-4°, 32 p., 42 pl. phot., coupes, 3 cartes géol. à 1 : 25 000 (*Beitr. zur Geol. Karte der Schweiz*, neue Folge, XVI, 1905); III. Theil, E. Blumer, *Östlicher Teil des Säntisgebirges* (*Ibid.*, p. 518-638). [Voir aussi Alb. Heim, *Das Säntisgebirge. Vortrag* (*Verhandl. Schweiz. Naturforsch. Gesellsch.*, 88. Jahresversamml., Luzern, 1905, p. 97-121, 9 fig. dans le texte); Arn. Heim, *Beziehungen zwischen Faltung und Denudation im Säntisgebirge* (*Eclogæ Geol. Helv.*, IX, 1906, p. 147-155).]

mais ailleurs, ces formations ont retenu, comme étant le terme le plus mobile de la série des roches, la plus grosse part de l'influence dynamique, et elles se sont ainsi transformées en schistes de Casanna, en schistes argileux micacés et en gneiss talqueux. Sur cet ensemble repose le Trias inférieur, encore reconnaissable aujourd'hui et concordant, tandis que la limite avec le soubassement du Carbonifère est difficile ou tout à fait impossible à discerner.

D'accord avec ce qui précède, la carte géologique générale de la France au millionième représente tous les grands massifs situés à l'intérieur de la zone du Mont-Blanc, depuis le Simplon jusque dans le Sud (Mont-Rose, Dent Blanche, Grand Paradis, etc.), non en gneiss, mais en Carbonifère et en Permien, par opposition avec le Mont-Blanc ou le Pelvoux. Il y a aussi des roches granitiques; elles sont regardées en partie comme carbonifères. La question reste ouverte de savoir si, dans cette région, à côté du processus mécanique, d'autres influences, par exemple une élévation de la température, n'ont pas également agi sur les roches¹.

Le tunnel du Simplon², long de 19 kilomètres 7, traverse perpendiculairement à la direction des couches, avec une altitude maximum de 705 m., le massif du Monte Leone, qui s'élève lui-même à 3 558 m. On pouvait attendre de cette entreprise des renseignements importants; elle n'a pas manqué de les fournir. Schardt a retracé l'historique des opinions changeantes et exposé, dans une vue d'ensemble, les résultats définitifs. La coupe donnée par ce géologue en 1907 est reproduite à une échelle réduite dans la fig. 150, avec son aimable autorisation³.

On rencontre au Simplon différentes sortes de gneiss (gneiss d'Antigorio, gneiss du Monte Leone, etc.) et des formations mésozoïques. Ces

1. Pour l'opinion contraire, on peut renvoyer à T. G. Bonney, *On the Crystalline Schists and their Relation to the Mesozoic Rocks in the Lepontine Alps* (Quart. Journ. Geol. Soc. London, XLVI, 1890, p. 187-240); le même, *Schists and Schistose Rocks in the Lepontine Alps Reply to Criticisms by Professor A. Heim* (Geol. Magazine, Dec. 4, VIII, 1901, p. 161-166), puis *On the Southern Origin attributed to the Northern Zone in the Savoy and Swiss Alps* (Quart. Journ. Geol. Soc., LXII, 1907, p. 294-307).

2. Voir la *Geologische Karte der Simplon-Gruppe*, von C. Schmidt und H. Preiswerk, 1892-1905. Mit Verwertung der Aufnahmen von A. Stella, 1898-1906. 1 feuille, 1 : 50 000 (Beitr. zur Geol. Karte der Schweiz, Lfg. XXVI, Spezialkarte Nr. 48); *Erläuterungen*, etc. In-8°, viii-72 p., 8 pl., carte, coupes et panoramas, Zürich, 1908 (Geol. Karte der Schweiz, Nr. 6).]

3. Voir aussi H. Schardt, *Note sur le profil géologique et la tectonique du massif du Simplon comparés aux travaux antérieurs* (Eclogæ Geol. Helv., VIII, 1904, p. 173-200, pl. 10 : coupe), et du même : *Die wissenschaftlichen Ergebnisse des Simplondurchstichs* (Verhandl. Schweizer. Naturforsch. Gesellsch., 87. Jahresversamml., Winterthur, 1904, p. 172-211, 2 pl.). [Éd. française : H. Schardt, *Les résultats scientifiques du percement du tunnel du Simplon. Géologie-Hydrologie-Technique*. In-8°, 46 p., 5 pl. Lausanne, 1905. Tirage à part du Bulletin Technique de la Suisse Romande.] Avec un admirable coup d'œil, Gerlach avait reconnu, dès 1869, la pénétration horizontale de l'anticlinal du gneiss d'Antigorio.

ALPES OCCIDENTALES.

dernières comprennent du Trias (arkoses gneissiques, quartzites, gypse, dolomie, marbre) et du Jurassique (schistes lustrés, schistes gris argileux, calcaires graphiteux avec calcaires grenus, phyllades à grenat). On trouve également des traces de schistes verts. Ces couches mésozoïques pénètrent, à partir du Nord, au milieu des gneiss, sous la forme d'un synclinal écrasé qui occupe presque toute la longueur du tunnel, c'est-à-dire plus de 19 kilomètres; et, en projetant vers le milieu de la coupe une forte branche ascendante, qui remonte au Sud (branche de Vallé), elles séparent complètement les masses gneissiques supérieures, y compris le sommet du Monte Leone, d'avec le gneiss inférieur ou gneiss d'Antigorio. La partie supérieure, formant le toit, est à son tour divisée par une intercalation mésozoïque. Dans la moitié Nord du long synclinal, les multiples anticlinaux de gneiss formant la masse de recouvrement pénètrent de haut en bas, comme autant de nappes plongeantes. Un coin puissant de gneiss d'Antigorio, long de 4 à 5 kilomètres, s'avance du Sud entre l'extrémité du long synclinal et la branche de Vallé.

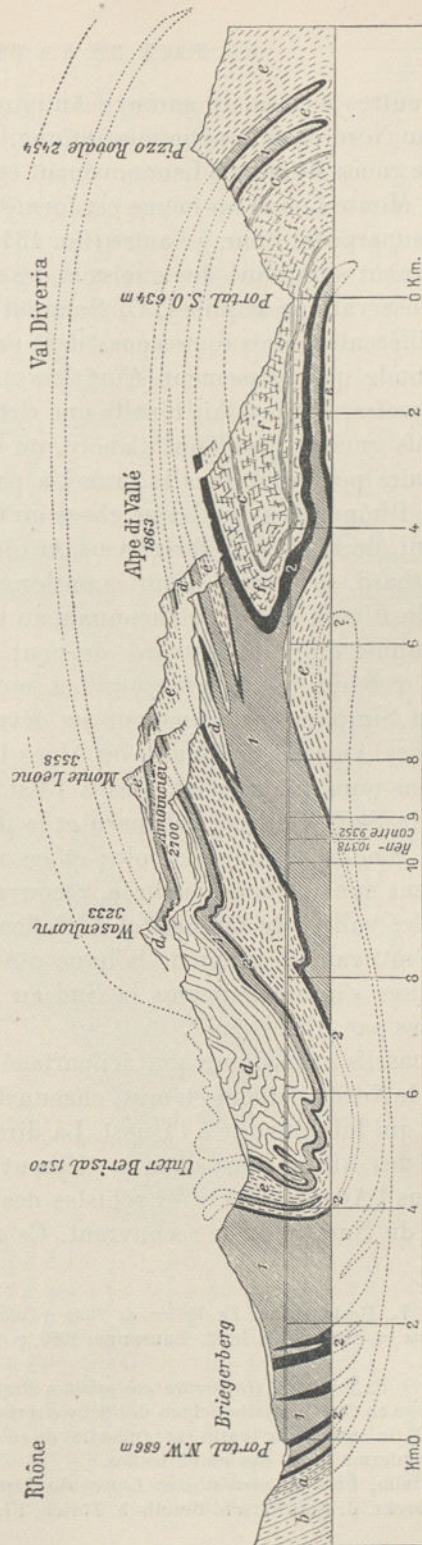


Fig 150. — Coupe du tunnel du Simplon. Réduction d'un dessin communiqué par M. le Prof. H. Schardt.

1. Terrain jurassique (schistes lustrés, schistes à séricite granitères, calcachistes et calcaires cristallins); 2. Trias (en noir : calcaires dolomitiques, marbres cristallins, gypses, schistes à séricite); a. Gneiss de la Massa (grauwacke); b. Gneiss du Massif de l'Aar; c. Micaschistes dans les gneiss; d. Gneiss schistoux, souvent micacés et amphiboliques; e. Gneiss en bandes du Monte Leone; f. Gneiss grautoïde massif, type d'Antigorio. — Échelle de 1 : 120 000 environ (longueurs et hauteurs).

En d'autres termes, le gneiss d'Antigorio a tout d'abord été replié du Sud au Nord dans la série mésozoïque, puis, par-dessus cette masse plissée, le gneiss du Monte Leone, venant également du Sud, a été transporté; le Monte Leone lui-même est formé de deux parties, qui ont dû venir se superposer l'une à l'autre (fig. 131). Le tout résulte cependant du plissement simultané des gneiss et des sédiments mésozoïques.

Des observations acquises, C. Schmidt et A. Stella ont déduit des coupes différentes. Mais toutes possèdent un trait commun : la pénétration profonde, par plissement (*Einfaltung*), des sédiments mésozoïques sous les gneiss, et de ce fait résulte une clef nouvelle pour la séparation des massifs gneissiques. Tout d'abord, on doit se rappeler que le repli sédimentaire pénétrant dans le tunnel à partir du Nord, du côté de la vallée du Rhône, n'est pas autre chose qu'une partie de la bande mésozoïque qui, de Brigue, se dirige vers Airolo, sur le flanc méridional du Saint-Gothard, et qui représente le prolongement tectonique de la zone interne du Flysch et du Briançonnais au sens restreint¹. Sur le côté Sud du tunnel du Saint-Gothard, on peut nettement discerner un plissement à rebours (*Rückfaltung*)². Les mouvements observés dans le tunnel du Simplon correspondent au déversement vers l'avant (*Vorfaltung*) des Alpes Méridionales ou Alpes Piémontaises.

Portons-nous maintenant plus à l'Est. Au Sud de la ligne d'Andermatt, le Saint-Gothard a disparu et le pays s'est ouvert. Il en est de même au Sud de la ligne d'Airolo; et les zones sédimentaires internes débouchent dans la large contrée, recouverte de schistes des Grisons, qui, par les vallées de Lugnetz et de Safien et par Coire, s'étale jusque dans le Prättigau. A partir de la ligne d'Airolo, des langues de roches mésozoïques s'intercalent vers le Sud au milieu des gneiss. Elles ont été décrites par Alb. Heim³.

Les massifs gneissiques sont ici partagés en plis couchés qui s'avancent vers le Nord; en même temps, chacun des tronçons successifs repose sur celui qui lui fait suite à l'Ouest. La direction des plis reste la même que celle des Alpes, mais chaque élément plonge en se dirigeant vers l'Est. Dans l'Averser-Thal, les schistes des Grisons s'appliquent contre le gneiss du Suretta ou le recouvrent. Ce gneiss repose à son tour sur

[1. Voir L. Desbuissons, *La Vallée de Binn (Valais). Étude géographique, géologique, minéralogique et pittoresque*. In-8°, Lausanne, 1909, p. 23-46, 1 carte géol., 1 pl. profils par H. Schardt].

2. D'après F. M. Stapff (*Generelles geologisches Profil in der Ebene des Gotthardtunnels; Spezialbeilage zu den Quartalberichten des Schweizerischen Bundesrathes*. In-f°. 60 p., 1 pl., Zürich, 1880), la cuvette du Tessin est le résultat de ce plissement à rebours; elle est mésozoïque et renferme aussi des amphibolites.

3. Alb. Heim, *Über die nordöstlichen Lappen des Tessinermassives* (Geol. Nachlese, Nr. 17; Vierteljahrsschr. d. Naturforsch. Gesellsch. Zürich, LI, 1906, p. 397-402, pl. II).

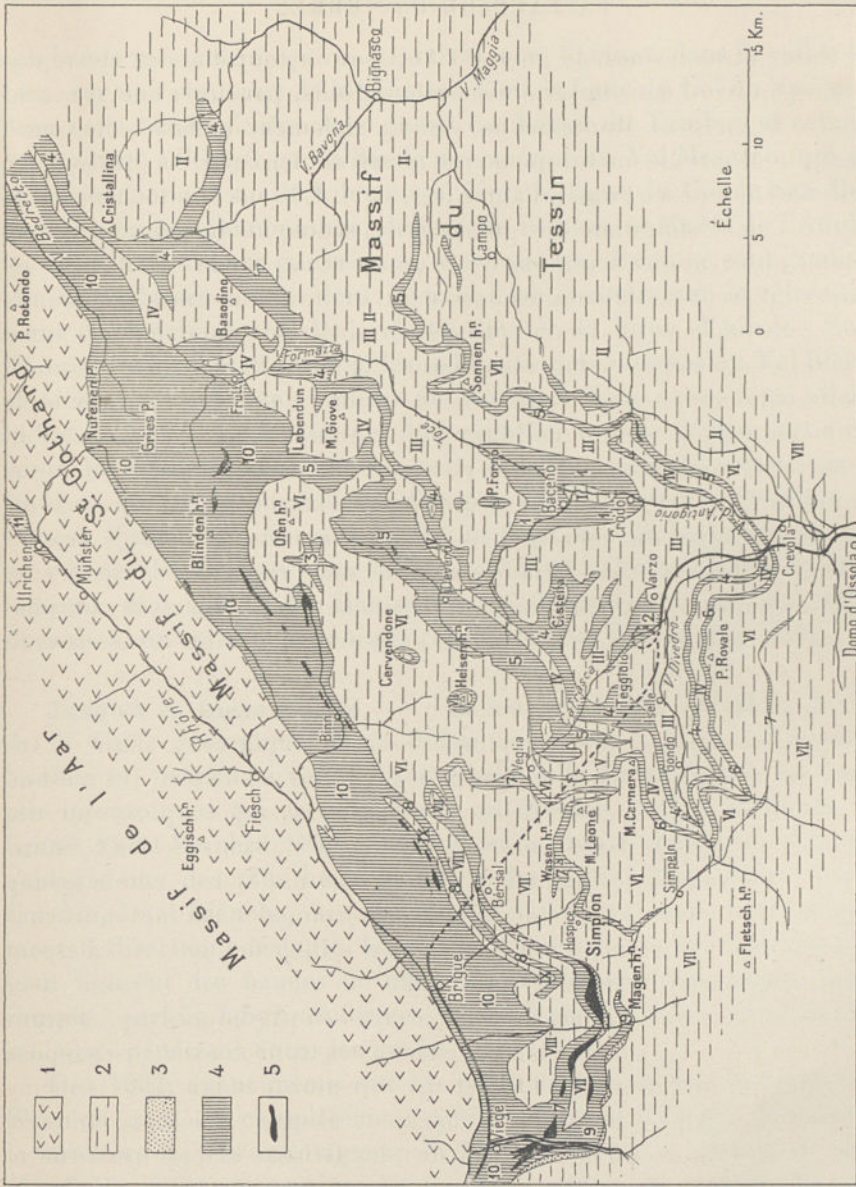


Fig. 151. — Carte géologique de la région du Simplon, d'après C. Schmidt et H. Preiswerk (Erläuterungen zur Geologischen Karte der Simplongruppe. In-8°, Zürich, 1908, p. 6).

1. Granito et schistes cristallins des Massifs de l'Aar et du Saint-Gothard;
2. Gneiss et micaschistes;
3. Terrain houiller;
4. Schistes lustrés (Trias et Jurassique);
5. Serpentine et schistes verts.

Bandes anticlinales de roches cristallines : I. Granito de Verampio; II. Gneiss du Tessin; III. Gneiss d'Antigorio; IV. Gneiss du Lebendun; V. Gneiss de Valgrande; VI. Gneiss de l'Ofenhorn; VII. Gneiss de Bérissal; VIII. Gneiss de Gantter; IX. Gneiss d'Eisten.

Bandes synclinales de terrains sédimentaires : 1. Fenêtre de Baceno; 2. Fenêtre de Varzo; 3. Fenêtre d'Albrun; 4. Synclinal de Teggiolo; 5. Synclinal de Veglia; 6. Synclinal du Monte Carnera; 7. Synclinal de Gantter; 8. Synclinal d'Eisenton; 9. Synclinal du Xagontorn; 10. Synclinal de Beutretorto; 11. Synclinal de la Furka.

Échelle de 1 : 400 000.

une bande mésozoïque qui a été suivie vers l'amont, dans la vallée du Liro, sur une vingtaine de kilomètres. C'est la ligne du Col du Splügen. Sous cette bande s'enfonce le gneiss du Massif du Tambo; et celui-ci est supporté à l'Ouest par la bande mésozoïque du Val Mesocco, qui est également connue sur 20 kilomètres. C'est la ligne du Col de San Bernardino. Sous celle-ci plonge, du côté de l'Ouest, le Massif de l'Adula; les différentes masses gneissiques, ainsi que leur front, se sont graduellement déplacées vers le Nord; et avec l'Adula commence le rétrécissement du synclinal principal, c'est-à-dire de la ligne d'Airolo. Sous l'Adula s'enfoncent, à l'Ouest, les sédiments mésozoïques du Val Blenio et sous ceux-ci plonge le gneiss du Molare ¹. Nous avons ainsi atteint le Val Leventina et Airolo. On doit regarder comme faisant partie des Alpes Piémontaises ces gneiss, qui s'avancent graduellement vers le Nord et qui se recouvrent échelon par échelon dans la direction de l'Ouest, à partir de l'Avers et du Col du Septimer. Ils apparaissent sous les schistes des Grisons entre la ligne d'Airolo et l'Oberhalbstein; et ils forment, tout comme les Hautes-Châines Helvétiques dans les Alpes Bernoises, un escalier tectonique regardant vers l'Ouest (fig. 152).

Jusqu'à la Doire Baltée. — Les feuilles XVIII, XXII et XXIII de la Carte géologique de la Suisse montrent, à l'Ouest, l'éventail houiller et, jusqu'à la vallée transversale de la Doire Baltée, les longs plis mésozoïques qui accompagnent cet éventail jusqu'à la bande du Grand Saint-Bernard. Entre celle-ci et la limite dinarique s'élèvent quelques-uns des plus hauts sommets des Alpes (Mont Rose, Grand Combin, Dent Blanche, etc.). Dans cette région, au lieu de longs alignements à direction constante, les cartes déjà anciennes mentionnées plus haut figurent des bandes de marbre aux contours irréguliers, interrompus, parfois labyrinthiformes, et de larges surfaces de sédiments schisteux pénétrant entre les gneiss ².

Dès 1902, avant même que les résultats fournis par le tunnel du Simplon aient été complètement connus, Lugeon a essayé de démêler la structure de ces montagnes; en 1905, il réussit à distinguer sept nappes de gneiss superposées les unes aux autres, et séparées par des

1. O. Wilkens a trouvé des terrains mésozoïques dans le Zapport (massif supérieur du Rheinwald), et suppose que le Rheinwaldhorn est une masse flottante; cela indiquerait une pénétration plus profonde du synclinal du Val Blenio; *Ueber den Bau des nordöstlichen Adulagebirges* (Centralblatt f. Mineralogie, 1907, p. 341-348).

2. Pour le Valais méridional et la vallée d'Aoste, consulter, outre la *Karte der Penninischen Alpen, geologisch bearbeitet von H. Gerlach*, jointe à la 1^{re} éd. du mémoire de ce savant (Denkschr. d. Schweizer. Naturforsch. Gesellsch., XXII, 1869; 1 : 200 000), la carte à 1 : 350 000 qui accompagne les publications récentes de C. Schmidt, énumérées ci-dessous : *Geologische Karte der Alpen zwischen St Gotthard und Montblanc*, August 1906.]

intercalations mésozoïques¹. Cette conception hardie n'a pas rencontré l'approbation absolue des géologues italiens. Stella, Franchi, Novarese ont formulé des objections, basées surtout sur la structure des régions plus méridionales². Quoi qu'il en soit, le résultat le plus surprenant, qui consistait à voir dans la masse puissante de la Dent Blanche un lambeau de recouvrement, flottant sur sa base, a été, par un accord unanime, reconnu exact. Nous aurons à revenir sur l'origine de ce lambeau, quand nous aurons étudié les roches de la zone d'Ivrée.

Le grand intérêt offert par le tunnel du Simplon tient à ce qu'il entame des horizons tectoniques très profonds. Dans le Tessin, c'est-à-dire vers l'Est, nous avons déjà indiqué une structure en escalier, plongeant dans cette direction à partir du Simplon; des faits analogues se montrent vers l'Ouest et le Sud-Ouest³.

Conformément à la description du tunnel donnée par Schardt et à l'analyse des hautes cimes poursuivie par Lugeon, il y a là des nappes et des lambeaux de recouvrement dérivant tous de plis couchés.

1. M. Lugeon, *Sur la coupe géologique du massif du Simplon* (C. R. Acad. Sc., CXXXIV, 1902, 1^{er} sem., p. 726-727 et 792); Lugeon et Argand, *Sur les grandes nappes de recouvrement de la zone du Piémont* (Ibid., CXL, 1905, 1^{er} sem., p. 1364-1367); *Sur les homologues dans les nappes de recouvrement de la zone du Piémont* (Ibid., CXL, 1905, 1^{er} sem., p. 1491-1493).

2. Les plus importantes de ces publications sont : A. Stella, *Il problema geo-tettonico dell' Ossola e del Sempione* (Boll. R. Comitato Geol. d'Italia, XXXVI, 1905, p. 5-41, pl. I-III : carte et coupes); S. Franchi, *Sulla tettonica della zona del Piemonte* (Ibid., XXXVII, 1906, p. 118-144, pl. III : coupes); H. Schardt, *Die modernen Anschauungen über den Bau und die Entstehung des Alpengebirges* (Verhandl. d. Schweizer. Naturforsch. Gesellsch., 89. Jahresversamml., St. Gallen, 1906, p. 308-346, pl. I, II : coupes et carte des nappes) [éd. française, publiée sous le titre de : *Les vues modernes sur la tectonique et l'origine de la chaîne des Alpes* (Archives des Sc. phys. et nat., Genève, 4^e période, XXIII, 1907, p. 356-385 et 483-496, pl. V, VI : carte et coupes)]; C. Schmidt, *Bild und Bau der Schweizeralpen* (Beilage zum Jahrb. d. Schweizer. Alpen-Club, XLII, Basel, 1907, p. 44, carte des nappes gneissiques, reprod. dans C. Schmidt, A. Buxtorf und H. Preiswerk, *Führer zu den Exkursionen der Deutschen Geologischen Gesellschaft im Südlichen Schwarzwald, im Jura und in den Alpen*. In-8°, Basel, 1907, p. 47. [Voir aussi C. Schmidt, *Untersuchungen über die Staufestigkeit der Gesteine im Simplontunnel*. Gutachten abgegeben an die Generaldirection der Schweizerischen Bundesbahnen. Bern, 1907. In-4°, 63 p., 3 pl. : carte et coupes; C. Schmidt, *Die Geologie des Simplongebirges und des Simplontunnels*. Rektorats-Programm der Universität Basel für die Jahre 1906 und 1907. Basel, 1908. In-4°, 109 p., 12 pl. : carte, coupes, panoramas, phot. Encore en 1910, on a soutenu l'opinion que les bandes successives recoupées par le tunnel du Simplon se recouvrent en série normale : C. De Stefani, *Il profilo geologico del Sempione* (Rendic. R. Acad. dei Lincei, Cl. di Sc. fis., matem. e nat., ser. 5^a, XIX, 1910, 1^{er} sem., p. 118-125, 265-270, 311-319, 8 coupes dans le texte).]

3. H. Schardt, *Die modernen Anschauungen über den Bau und die Entstehung des Alpengebirges*, p. 319.

LÉGENDE DE LA FIGURE 152.

1. Gneiss et schistes cristallins; 2. Porphyre de la Rofna; 3. Verrucano; 4. Dolomie de Röthli; 5. Trias alpin; 6. Schistes des Grisons (Lias). — Les chiffres romains (I à VI) sont disposés dans l'ordre où se succèdent les coupes, de l'Est à l'Ouest, et placés pour chacune d'elles à l'altitude correspondant au niveau de la mer. — Échelle de 1 : 200 000 (longueurs et hauteurs). La coupe inférieure est à 1 : 400 000.

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

Peut-être le Massif du Grand Saint-Bernard doit-il en être exclu ou convient-il d'en restreindre l'extension.

Le terme le plus profond reste la nappe I de Lugeon (gneiss d'Antigorio), rencontrée dans le Sud du tunnel et considérée comme représentant le plus ancien gneiss visible (*f*, fig. 150), si l'on excepte toutefois un petit massif qui apparaît près de Crodo. Les nappes II (Lebendun) et III (Monte Leone) (*e*, fig. 150) sont celles qui, dans le tunnel, enfoncent, à la manière de nappes plongeantes, leurs têtes anticlinales dans le long synclinal mésozoïque. Leur extension en surface est moindre que celle des autres nappes.

La nappe IV (Saint-Bernard) s'étend très loin vers l'Ouest, en longeant au Sud l'éventail houiller; et elle affecte nettement, en approchant de la Doire Baltée¹, une structure

[1. Voir Em. Argand, *Une vallée tectonique. La Doire Baltée en aval d'Aoste* (Revue

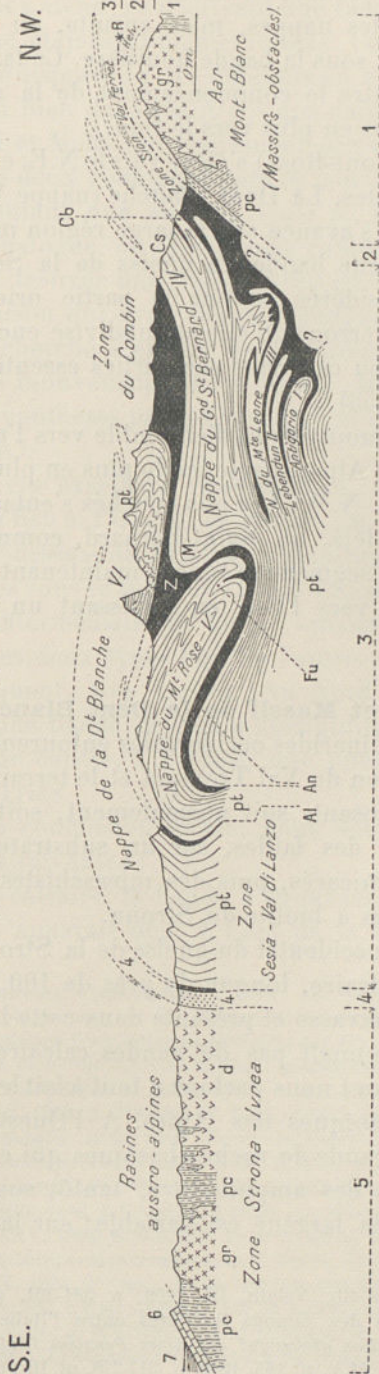


Fig. 153. — Schéma des nappes de recouvrement de la Chaîne Pennine, d'après Émile Argand (bull. *Laboratoire de Géologie, Université de Lausanne*, n° 14, 1909, p. 63, fig. 3).

1. Massifs-obstacles (Aar, Mont-Blanc) : Schistes cristallins précambriens (pc), avec intrusions granitiques (gr). — 2. Zone à faciès helvétique (Trias et Jurassique). — 3. Zone du Piémont ou des *Nappes pennines*, large de 40 à 80 kilomètres (les plis-nappes sont numérotés de I à VI, dans l'ordre ascendant; synclinaux mésozoïques en noir plein, et noyaux anticlinaux prétriasiques (pt); R. Recouvrement; Cb. Zone carbonifère dite axiale; Cs. Zone des « Schistes de Casanna »; M. Charnière en retour, due à l'encapuchonnement de la nappe IV (Massifs des Mischlabühner et de Valsaranche) par le pli frontal de la nappe V; Z. Position de Zermatt; An. Synclinal IV-V ou d'Antrona, substratum mésozoïque de la nappe du Mont-Rose; Fu. Digitation synclinale retournée (fenêtre) de Furuggen, dépendant du synclinal d'Antrona; Al. Synclinal V-VI ou d'Alagna). — 4. Zone du Canavese : granites et porphyres, avec sédiments mésozoïques. — 5. Zone interne Ivrea-Strona : Schistes cristallins précambriens (pc), avec intrusions granitiques (gr) et gabbro-dioritiques (d). — 6. Alpes calcaires méridionales. — 7. Plaine piémontaise. — Echelle de 1 : 500 000 environ (longueurs et hauteurs).

oblique : le gneiss plonge, en effet, d'abord vers l'Est, conformément à l'allure générale des nappes, mais ensuite, au Sud, il s'incline vers l'Ouest, en passant sous la bande houillère. Ce fait, établi par les géologues italiens, montre le commencement de la structure en éventail, qui s'accuse de plus en plus vers le Sud.

La nappe V (Mont-Rose) s'élève vers le N.E. et s'intercale au-dessous des nappes suivantes. La Dent Blanche (nappe VII) est un lambeau de recouvrement qui s'avance sur la large région mésozoïque de Zermatt-Châtillon. La longue bande du gneiss de la Sesia (nappe VI) est en même temps considérée comme la partie orientale enracinée de la nappe VII; nous verrons qu'elle se subdivise encore davantage.

Cette conception est, dans ses parties essentielles, celle de Lugeon et d'Argand (fig. 153)¹.

C'est le grand mouvement d'ensemble vers l'extérieur qui, par suite de la courbure des Alpes, passe ici de plus en plus de la direction S.-N. à la direction S.E.-N.W. Les plis couchés s'entassent les uns au-dessus des autres. Mais déjà, au Saint-Bernard, commence la structure en éventail. Un large segment se tourne maintenant vers la plaine piémontaise, c'est-à-dire vers l'Est, en subissant un plissement à rebours (*Rückfaltung*).

Zone d'Ivrée et Massif de la Dent Blanche. — Les sédiments mésozoïques des Dinarides occidentales entourent les lacs italiens. Avec le porphyre permien du Val Trompia et le terrain houiller d'eau douce de Manno, ils reposent, soit normalement, soit sous forme de lambeaux isolés par des failles, sur un substratum qui comprend des schistes argileux micacés, puis des micaschistes avec gneiss à muscovite, enfin le gneiss à biotite du Strona.

Près du bord occidental du gneiss de la Strona apparaît une bande discontinue de calcaire, longue de près de 100 kilomètres, qui croise la Toce près d'Ornavasso et présente dans cette localité des carrières de marbre. On ne connaît pas de bandes calcaires analogues dans les Dinarides. Celle dont nous parlons a tout à fait les caractères des bandes de marbres mésozoïques des Alpes. A l'Ouest de cette traînée, on atteint une large bande de roches basiques qui est désignée tantôt sous le nom de bande des amphibolites, tantôt sous celui de bande des diorites d'Ivrée. Sa largeur est variable; sur la carte de Gerlach, elle

de Géogr. annuelle, de Ch. Vélain, III, 1909, p. 381-391, esquisse tectonique, p. 383.]

[1. Sur la structure des régions frontières entre l'Italie et le Valais, voir surtout Em. Argand, *L'exploration géologique des Alpes Pennines Centrales. Note préliminaire* (Bull. Soc. Vaudoise Sc. Nat., XLV, n° 166, 1909, p. 217-276, pl. III : coupes; réimpr. Bull. Laborat. Géol. Univ. Lausanne, n° 14, 1909, 64 p., 1 pl.)]

atteint jusqu'à 9 kilomètres. Elle sort près de Pavone, au Sud d'Ivrée. de la plaine lombarde, et s'étend, en décrivant une vaste courbe, jusqu'à l'extrémité Nord du Lac Majeur et même au delà. Cette bande jalonne la limite dinarique; une disposition très régulière en arc de cercle règne dans cette région, aussi bien dans les Alpes que dans les Dinarides.

Gerlach, puis Artini et Melzi ont clairement décrit les traits principaux de la région¹. Les deux géologues italiens considéraient la bande d'Ivrée comme représentant une énorme fente de l'écorce terrestre. En partant d'une idée analogue, on l'a regardée comme un filon-couche intrusif; et l'on a cru y trouver une liaison avec les roches vertes des Alpes Piémontaises, liaison qui avait été déjà soupçonnée antérieurement. De même, on a cherché à établir une relation de cause à effet entre sa présence et les mouvements orogéniques. Des objections ont été élevées contre ces hypothèses par les savants italiens, en particulier par Franchi et Novarese².

Au témoignage de ces excellents observateurs, la succession des roches comprend, de l'Est à l'Ouest, le gneiss du Strona, puis la bande de diorite et, par-dessus, du Trias. Le gneiss du Strona (y compris les roches désignées sous le nom de *stronalites*) se relierait intimement à la diorite par l'intermédiaire de gneiss kinzigitiques, et il serait impossible de séparer les deux types l'un de l'autre, de sorte que leur âge serait, par conséquent, très ancien. Au Nord de Varallo, on pourrait même suivre une bande de gneiss kinzigitique à travers toute la bande de diorite. Par contre, à l'Ouest, une puissante dislocation séparerait la diorite du Trias.

Pour arriver à une conclusion ferme, nous devons ajouter tout d'abord les observations suivantes :

Une première bande calcaire, la bande d'Ornavasso, celle que nous venons de mentionner, apparaît déjà à l'Est de la bande dioritique.

1. H. Gerlach, *Die Penninischen Alpen* (réimpr., Beitr. zur Geol. Karte d. Schweiz, XXVII, 1883. In-4°, 159 p., 1 pl. coupes); et *Die Bergwerke des Kantons Wallis nebst einer kurzen Beschreibung seiner geologischen Verhältnisse in Rücksicht auf Erz- und Kohlenlagerstätten* (Ibid., 79 p.). A comparer avec la feuille XXII de la Carte géologique de la Suisse, due au même auteur. E. Artini et G. Melzi, *Ricerche petrografiche e geologiche sulla Valsesia* (Mem. Ist. Lombardo Sc. ed Art., XVIII, 1900, p. 219-392, pl. I-XX, 1 carte géol. et 1 pl. de coupes).

2. S. Franchi, *Appunti geologici sulla zona diorito-kinzigitica Ivrea-Verbanò e sulle formazioni adiacenti* (Boll. R. Comitato Geol. d'Italia, XXXVI, 1905, p. 270-298); V. Novarese, *A proposito di un Trattato di Petrografia di E. Weinschenk e sul preteso rapporto fra le rocce della zona d'Ivrea e le pietre verdi della zona dei calcescisti* (Ibid., p. 181-191); le même, *La zona d'Ivrea* (Boll. Soc. Geol. Ital., XXV, 1906, p. 176-180). Pour ce motif, l'on indique ici de plus nombreux détails. L'opinion combattue est exprimée dans E. Suess, *Sur la nature des charriages* (C. R. Acad. Sc. Paris, CXXXIX, 1904, 2^e sem., p. 714-716); les résultats obtenus par Argand concordent essentiellement avec elle : Ém. Argand, *Sur la tectonique du massif de la Dent-Blanche* (Ibid., CXLII, 1906, 1^{er} sem., p. 527-529); *Sur la tectonique de la zone d'Ivrée et de la zone du Strona* (Ibid., p. 666-668); *Contribution à l'histoire du géosynclinal piémontais* (Ibid., p. 809-811).

Le gneiss kinzigitique (gneiss à grenat, sillimanite, biotite et graphite, par endroits à cordiérite) est probablement, comme dans la vallée de la Kinzig, le résultat d'une transformation du gneiss par métamorphisme de contact. Ce métamorphisme ne peut avoir été provoqué que par la diorite; et la question reste ouverte de savoir si la diorite elle-même ne proviendrait pas d'un magma plus basique, par digestion du gneiss¹. Ces faits, de même que la direction transversale de la bande de kinzigite au Nord de Varallo, nous indiquent déjà que la bande d'Ivrée n'est pas le produit d'un épanchement, mais un filon-couche intrusif.

Des roches kinzigitiques ne sont point rares dans cette partie des Alpes; Hammer mentionne des faits analogues à Ulten, dans le Tyrol occidental². L'Adda supérieure coupe au Sud de Bormio le batholithe de la Serra di Morignone, dont Stache dit que les roches comprennent tous les types, de la tonalite jusqu'au gabbro, et dont la liaison avec l'Adamello avait été soupçonnée déjà par Theobald. Le Poschiavino traverse, en amont de Tirano, le batholithe analogue, quoique plus petit, de Brusio. Stella confirme que dans l'auréole de contact se rencontrent des roches qui ressemblent aux kinzigites et aux strolalites d'Ivrée³.

Ces localités sont situées au Nord des Dinarides. La limite des Dinarides suit la ligne giudicarienne jusqu'à Dimaro, au Sud de Malé; elle tourne ensuite vers l'W.S.W. et enfin vers l'W. Elle passe, d'après les indications de Salomon, au Nord du Col du Tonale et elle atteint l'Adda près de Stazzone, au-dessous de Tirano⁴. Au Monte Padrio,

1. H. Preiswerk, *Malchite und Vintlite im « Strona » und im « Sesia » Gneiss* (Festschrift H. Rosenbusch gewidmet. In-8°, Stuttgart, 1906, p. 322-334). Novarese (Boll. R. Comitato Geol. d'Italia, XXXVII, 1906, parte uffic., p. 30) signale un cas où le gneiss du Strona est affecté de structure cataclastique, tandis que les schistes à sillimanite appartenant à la kinzigite ne le sont pas. H. Fischer a donné le nom de *Kinzigite* au gneiss grenatifère de la vallée de la Kinzig (Neues Jahrb. f. Min., 1860, p. 796-797, et 1861, p. 641-654 : *Über den Kinzigit*). Hebenstreit montra la teneur en graphite (Inaug. Diss., Würzburg, 1877, in-8°, 74 p.); Sauer a introduit le nom de *Kinzigitgneiss* dans la Carte géologique détaillée du Grand-Duché de Bade (*Erläuterungen zu Blatt Oberwolfach-Schenkzell*, 1895, p. 18). Ce gneiss à graphite et à grenat s'est formé sous l'action de la granitite, aux dépens d'un paragneiss (H. Thürach, *Beziehungen der Granitit-Gänge zum Nordracher Turmalingranit und zu dem Kinzigitgneiss*; Mittheil. Badisch. Geol. Landesanst., III, 1899, p. 637 et suiv.).

2. W. Hammer, *Die Krystallinen Alpen des Ullenthal* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., LII, 1902, p. 114).

3. G. Stache, *Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst.*, 1876, p. 357; Linck, *Pegmatite des oberen Vellin* (Zeitschr. f. Naturwiss., Jena, XXXII, 1899, p. 345-360); O. Hecker, *Petrographische Untersuchung der Gabbrogesteine der oberen Vellin* (Neues Jahrb. f. Min., Beilage-Bd. XVII, 1902, p. 313-354, pl. XVIII-XXIII); Stella, *Boll. R. Comitato Geol. d'Italia*, XXXVIII, 1907, Parte ufficiale, p. 35; pour ces batholithes, voir surtout W. Salomon, *Ueber Alter, Lagerungsform und Entstehungsart der periadriatischen granitisch-körnigen Massen* (Tschermak, *Mineralog.-petrogr. Mittheil.*, XVII, 1897, p. 245 et suiv.).

4. W. Salomon, *Die alpino-dinarische Grenze* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1905, p. 341-343); la localité de Dimaro est visible sur la feuille de *Cles*, coloriée géologiquement par M. Vacek et W. Hammer (*Geologische Spezialkarte von Oesterreich*, Zone 20, Col. IV, 1903).

entre l'Oglio et l'Adda, une bande de marbre est indiquée comme le commencement probable d'une longue zone de Trias, qui s'étend le long de la Valteline; Theobald, Rolle et Melzi ont suivi ses traces; Rolle la mentionne encore au Col de Jorio ¹.

Cette longue bande de Trias, d'ailleurs discontinue, appartient aux Alpes. Au Col de Jorio commence le Val Morobbia, qui suit la même direction E.-W. et atteint le Tessin non loin de Bellinzona au Sud, et qui correspond à la limite dinarique.

Indépendamment des batholithes déjà signalés de la Serra et de Brusio, il s'en trouve encore un troisième sur la même ligne au Nord de Ponte, et un quatrième au Nord du Lac de Mezzola; et on rencontre encore une de ces intrusions récentes près de Bellinzona. Toutes sont situées dans les Alpes et elles se relient peut-être vers l'Est avec des filons de différente nature (ortlerite, suldenite, etc.), qui sont connus jusque bien au delà de l'Ortler et qui montrent quelle grande extension ont atteint par moments de tels phénomènes.

Près de Bellinzona, Klemm a rencontré, en venant du Nord, des granites récents, englobant des paquets de schistes, sur ceux-ci des sédiments fortement redressés, puis des amphibolites, des schistes et des cornes à silicate de chaux, des marbres à grenat, etc., avec quelques veines de pegmatite. Des serpentines et des péridotites accompagnent les amphibolites, et Klemm considère ces dernières roches comme appartenant à la zone d'Ivrée. Déjà près d'Arbedo, au Nord de Bellinzona, on rencontre dans cette série de nombreuses surfaces de glissement, qui se multiplient vers le Sud; et dans le Val Morobbia, que nous avons indiqué déjà comme formant la limite, les roches d'Ivrée se montrent dans un état d'écrasement complet. Au Sud vient le substratum normal des Dinarides ².

Là, par conséquent, la dislocation ne se trouverait pas à l'extérieur mais à l'intérieur (au Sud) de la zone d'Ivrée; et Novarese pense que ce serait une erreur de regarder les roches de Bellinzona, qui seraient

[Voir aussi la feuille *Bormio und Passo del Tonale* (Zone 20, Col. III) de la même carte, par W. Hammer et G. B. Trener, 1908; et W. Salomon, *Geologische Karte der Adamello-Gruppe*, 1 : 75 000 (Abhandl. k. k. Geol. Reichsanst., XXI, Heft 1, 1908).]

1. La localité la plus connue est Dubino, près de l'embouchure de l'Adda; F. Rolle, *Beitr. zur geol. Karte d. Schweiz*, XXIII, 1881, p. 18 et suiv.; G. Melzi, *Ricerche microscopiche sulle rocce del versante Valtellinese della Catena Orobica Occidentale* (Giornale di Mineralogia, II, 1891, p. 1-34); le même, *Ricerche geologiche e petrografiche sulla Valle de Masino* (Ibid., IV, 1893, p. 89-134, carte); W. Salomon, *Neue Beobachtungen aus den Gebieten des Adamello und des St. Gotthard* (Sitzungsber. k. Preuss. Akad. Wiss. Berlin, 1899, I. Halbbd., p. 27-41).

2. G. Klemm, *Bericht über Untersuchungen an den sogenannten « Gneissen » und den metamorphen Schiefergesteinen der Tessiner Alpen, III, IV* (Sitzungsber. k. Preuss. Akad. Wiss. Berlin, 1906, I. Halbbd., p. 429, et 1907, I. Halbbd., p. 251-258). Il n'y a pas lieu, d'ailleurs, en se fondant sur ces batholithes isolés, de conclure au caractère intrusif récent de l'ensemble des gneiss du Tessin.

en effet intrusives, comme la continuation de celles d'Ivrée¹. Ces dislocations sont cependant plus récentes que l'intrusion des roches qui ont été écrasées sous leur influence.

Vers l'Ouest fait suite maintenant, sur une distance de 12 kilomètres, jusqu'à l'extrémité septentrionale du Lac Majeur, la large vallée du Tessin, qui masque le sous-sol; mais quand, à 8 kilomètres plus loin, près d'Ascona, les rochers reparaissent, ce sont de nouveau des amphibolites avec intrusions granitiques; et celles-ci se continuent sans interruption jusqu'à la bande principale d'Ivrée.

C'est vers elle que nous nous tournons maintenant. Le nom de « bande dioritique » n'indique pas sa grande complexité. Dans le Sud, autour de Pavone et d'Ivrée, on a signalé comme roches dominantes la norite, le gabbro à hornblende et la diorite quartzifère à hypersthène². Près de Biella, Franchi énumère comme faisant partie de cette prétendue bande dioritique toute une série de roches, depuis le granite jusqu'à la tonalite, et depuis la diorite micacée jusqu'à des roches riches en amphibole et en pyroxène³. On a de plus remarqué que, surtout au Nord de la Sesia, les roches très basiques, comme les péridotites, se groupent vers l'Ouest, tandis qu'à l'Est les diorites prédominent⁴. Gerlach cite sur un parcours de 25 kilomètres sept localités où l'on a exploité, dans la péridotite, des pyrites magnétiques nickélifères⁵.

A l'Ouest, tout au moins dans la partie moyenne, la bande dioritique est suivie par une profonde dislocation; puis vient une bande de calcaire triasique. Celle-ci est également d'une grande longueur; et elle est suivie vers l'Ouest par les schistes de Rimella, considérés comme permo-carbonifères et connus vers le N.E. jusqu'à la frontière suisse,

1. Novarese, Boll. R. Comitato Geol. d'Italia, XXXVIII, 1907, parte uff., p. 29.

2. Frank R. van Horn, *Petrographische Untersuchungen über die noritische Gesteine der Umgegend von Ivrea in Oberitalien* Tschermak (Becke), Mineralog. Mittheil., XVII, 1897, p. 391-420, pl. VIII : carte).

3. S. Franchi, Boll. R. Comitato Geol. d'Italia, XXXII, 1901, parte uff., p. 39.

4. Les documents les plus importants sont : E. Artini e G. Melzi, *Sulla thezolite di Balmuccia in Val Sesia* (Rendic. R. Accad. Lincei, ser. 5^a, IV, sem. 2^a, 1895, p. 87-92); R. W. Schaefer, *Der basische Gesteinszug von Ivrea im Gebiete des Mastallone-Thales* (Tschermak (Becke), Mineralog. Mittheil., XVII, 1898, p. 495-517, pl. IX : carte); G. Porro, *Geognostische Skizze der Umgegend von Finero* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellschaft., XLVII, 1895, p. 377-422, pl. XV, XVI : carte et coupes); et les travaux déjà cités de Franchi, Stella et Novarese; Schaefer compare les schistes dioritiques aux schistes verts du Valais; il pense que toutes ces roches, de la péridotite à la diorite, proviennent d'un magma commun et signale l'impression d'une faille longitudinale alpine, comme Artini et Melzi. D'après Novarese (Boll. R. Comitato Geol. d'Italia, XXXVI, 1905, parte uff., p. 32), les minerais de nickel s'élevaient en gros flons. Des gisements plus petits de péridotite sont également signalés dans l'Est de la bande.

5. G. Tschermak, Mineralog. Mittheil., 1874, p. 285; Stelzner, Berg- und Hüttenm. Zeitschr., 1877, p. 86; Gerlach, mém. cité, p. 134; J. H. L. Vogt, Zeitschr. f. prakt. Geol., I, 1893, p. 257.

dans les Cento-Valli, comme accompagnant la trainée dioritique. Ensuite, vers l'Ouest, on atteint le gneiss¹.

Sur le trajet même de la dislocation, Franchi décrit de la prasinite à glaucophane, qui résulte de la transformation de la diorite sous l'influence de la compression². Au Sud, on arrive à une zone d'éclogite et de micaschistes; et, près de Traverselle, à l'Ouest d'Ivrée, apparaît dans cette bande une diorite pauvre en quartz, qui atteint la couche de calcaire triasique et la métamorphose au contact, en y faisant naître des filons métallifères³.

Le gneiss situé à l'Ouest des schistes de Rimella diminue de largeur au Nord de la Sesia et se termine au voisinage du haut Mastallone. Mais, vers le Sud-Ouest, il s'élargit et forme l'important massif gneissique Sesia-Val di Lanzo, dont la terminaison méridionale, en forme de coin, accompagnée de calcschistes mésozoïques, atteint la Stura près de Viù et disparaît entre deux puissants affleurements de roches vertes.

Dans le Nord, entre la Sesia et la Toce, surgit une *deuxième bande dioritique* (Ivrée II), qui reproduit les caractères de la zone principale (kinzigite, diorite, gabbro). Gerlach l'a figurée comme se dirigeant d'au delà de la Toce vers le S.W., sur plus de 30 kilomètres de longueur, avec une largeur pouvant aller jusqu'à 2 ou 3 kilomètres. A Franchi revient le mérite d'avoir montré que cette deuxième bande se prolonge encore plus loin vers le S.W., accompagnée de schistes de Rimella, qu'elle s'éloigne en même temps de plus en plus de la zone principale et qu'on peut encore la reconnaître sous forme d'affleurements isolés de diorite et de gneiss kinzigitique jusque dans la vallée de Loo, en amont de Gaby, dans le Gressoney⁴.

Dans la mesure où la zone d'Ivrée II s'éloigne de la zone principale, la largeur du massif Sesia-Val di Lanzo augmente, comme nous l'avons dit, entre l'une et l'autre. Plus au Sud-Ouest, la localité de Traverselle, déjà mentionnée, se trouve dans l'éclogite de la bande principale. Ces roches rejoignent alors la grande trainée de *pietre verdi* qui atteint elle-même, avec la direction S.W., le versant méridional du

1. Pour les détails de la bordure occidentale, voir S. Franchi, *Appunti geologici sulla zona diorito-kinzigitica Ivrea-Verbanò e sulle formazioni adiacenti* (Boll. R. Comitato Geol. d'Italia, XXXVI, 1905, p. 273 et suiv.).

2. Franchi, Boll. R. Comitato Geol. d'Italia, XXXV, 1904, p. 242-247.

3. V. Novarese est même disposé à attribuer à cette diorite un âge tertiaire moyen, parce qu'elle n'a pas subi de transformations dynamiques; *L'origine dei giacimenti metaliferi di Brosso e Traversella in Piemonte* (Boll. R. Comitato Geol. d'Italia, XXXII, 1901, p. 75-93); et *Die Erzlagerstätten von Brosso und Traversella in Piemont* (Zeitschr. f. prakt. Geol., X, 1902, p. 179-187).

4. Franchi, Boll. R. Comitato Geol. d'Italia, XXXVIII, 1907, parte uff., p. 30. C'est peut-être à ce gisement qu'appartient la vintlite de Gaby, dans le Val Gressoney, signalée par Preiswerk.

Grand Paradis, en passant par Chialamberto; l'analogie d'aspect des deux bandes est si complète qu'elles n'étaient pas distinguées sur les cartes, il y a seulement quelques années. Là, en effet, les roches d'Ivrée semblent se relier aux grands affleurements de roches basiques très variées qui s'étendent vers le Sud jusqu'au delà de la Stura et qui, vers l'Ouest, débordent la frontière française; celles-ci renferment, dans de la serpentine, des roches à grenat et de la magnétite

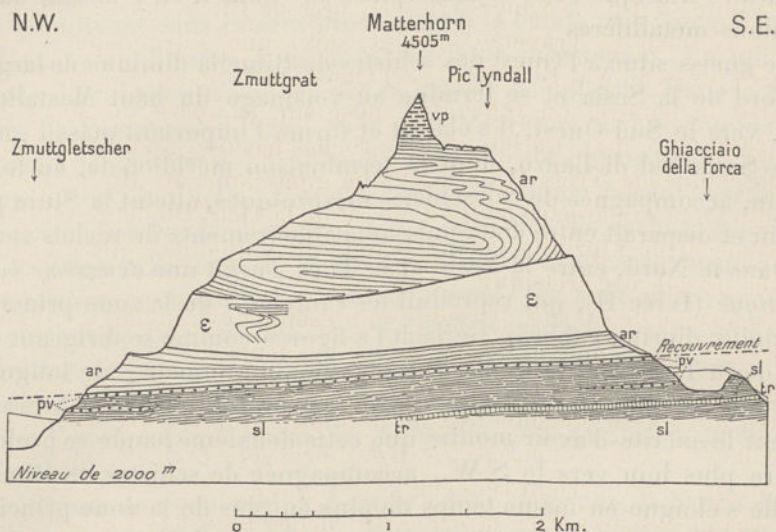


Fig. 154. — Coupe géologique du Mont Cervin, d'après Émile Argand (*Bull. Laboratoire de Géol. Université de Lausanne*, n° 14, 1909, p. 49, fig. 2).

Terrains pré-triasiques de la nappe de recouvrement : ar. Série d'Arolla ; ε. Groupe des Euphotides ; vp. Série de Valpelline. Terrains mésozoïques du substratum : sl. Schistes lustrés ; pv. « Roches vertes » ; tr. Trias. Les charnières sont construites d'après les données observées sur la paroi occidentale. — Échelle de 1 : 50 000 (longueurs et hauteurs).

et elles servent également de gangue aux gîtes minéraux bien connus d'Ala¹. Il est probable qu'on doit encore rattacher à la bande principale d'Ivrée elle-même les nombreux affleurements de roches vertes qui accompagnent au delà d'Ivrée, sur le bord de la plaine lombarde, le flanc Est du massif gneissique Sesia-Val di Lanzo, jusqu'aux montagnes de serpentine et de péridotite qui s'étendent au Sud de Lanzo.

Vers l'Ouest se trouve une vaste région de sédiments mésozoïques et de roches vertes, que Lugeon a appelée Fenêtre de Châtillon-Zermatt. Elle dépasse au Sud la Doire Baltée et comprend au Nord le Val Challant, le Val Tournanche et le Val de Saint-Barthélemy. Au Nord, ses

1. Voir E. Mattiolo, *Su di una carta geo-litologica delle Valli di Lanzo* (Boll. R. Comitato Geol. d'Italia, XXXVI, 1905, p. 191-211, carte géol. [extraite de : *Le Valli di Lanzo (Alpi Graje)*. Pubblicazione della Sezione di Torino del C. A. I.]

roches plongent sous le gneiss du Mont Rose. La question de savoir si ces hautes montagnes gneissiques se partagent en quatre ou six nappes de recouvrement, ou davantage, n'a qu'une importance secondaire, et le plissement local intervient seul pour déterminer le nombre plus ou moins grand des intercalations de roches vertes.

Une de ces intercalations dues au plissement (*Einfaltung*) s'étend vers l'Est depuis le haut du Val Gressoney, par Alagna, jusqu'au voisinage immédiat de la zone d'Ivrée II, près de Rima, sur la haute Sermenza. Gerlach et Traverso en ont suivi une autre depuis le Val Anzasca jusqu'au Val Bognanco, à l'Ouest de Domo d'Ossola¹. Si l'on traverse la fenêtre, on rencontre, posé sur le gneiss du Mont Mary (Mont-Chatalaizena), un lambeau de roches basiques; et au delà d'une longue bande de Trias et de la chaîne gneissique du Monte Faroma, dans un territoire appartenant au Massif de la Dent Blanche, une bande de diorite et de kinzigite s'étend le long du Valpelline; elle est accompagnée de calcaire triasique².

Ce cortège de calcaire triasique se présente de la même manière que dans les deux bandes d'Ivrée; et il n'y a aucun argument certain qui permette de distinguer, par exemple, la péridotite de la zone principale d'Ivrée du massif considérable de péridotite qui affleure en amont de Gressoney et qui s'étend par le Breithorn vers Zermatt, en séparant le Mont Rose de la Dent Blanche³.

Argand insiste sur ce fait que les roches basiques des synclinaux secondaires de la Dent Blanche sont identiques à celles d'Ivrée; d'après lui, la Dent Blanche elle-même fait partie d'un grand synclinal et la « queue » de ce synclinal n'est autre que la zone d'Ivrée elle-même. Au Nord-Ouest de la Dent Blanche, près d'Evolène (Val d'Hérens), Argand croit avoir trouvé le front du pli couché. Si l'on accepte cette manière de voir, on aurait du S.E. au N.W. la coupe suivante : (Trias) bande de marbre d'Ornavasso — Ivrée I — (Trias et permien?) bande de Rimella — gneiss de la Sesia — Ivrée II (probablement un synclinal) — gneiss — roches vertes de la fenêtre de Châtillon — sur celles-ci, le petit lambeau de recouvrement du Mont Pillonet (gneiss) — retour des roches vertes de Châtillon avec du Trias

1. S. Traverso, *Geologia dell' Ossola*. In-8°, 275 p., 11 pl. et 1 carte géol. Genova, 1895. La bande principale est décrite p. 148.

2. Mattiolo, *Boll. R. Comitato Geol. d'Italia*, XXXIII, 1902, parte uff., p. 26 et suiv.; Novarese, *Ibid.*, XXXII, 1901, p. 34; XXXIII, 1902, p. 32; XXXIV, 1903, p. 30; Franchi, *Ibid.*, XXXIV, 1903, p. 33; Franchi, *Appunti geologici sulla zona diorito-kinzigitica Ivrea-Verbano* (*Ibid.*, XXXVI, 1905, p. 293), et ailleurs. [Voir aussi S. Franchi, *I terreni secondari a « facies » piemontese ed i calcari cristallini a Crinoidi intercalati nei calcescisti presso Villeneuve, in Valle d'Aosta* (*Boll. R. Comitato Geol. d'Italia*, XL, 1909, p. 526-531, pl. XVI, XVII).]

3. E. Argand, *Sur la tectonique du massif de la Dent-Blanche* (*C. R. Acad. Sc.*, CXLII, 1906, 1^{er} sem., p. 527-529); et *Sur la tectonique de la zone d'Ivrée et de la zone du Strona* (*Ibid.*, p. 666-668).

— au-dessus, le grand lambeau de recouvrement de la Dent Blanche — et enfin, sur ce lambeau, second retour des roches vertes. Dans cette hypothèse, les retours successifs de roches vertes et de Trias représenteraient autant de répétitions de la zone d'Ivrée.

Ivrée II et le Pillonet serviraient d'intermédiaires.

Tandis qu'Argand déduit de ce qui précède la liaison des *pietre verdi* et de la zone d'Ivrée, C. Schmidt, quoique considérant également la Dent Blanche comme faisant partie de la zone d'Ivrée, regarde en revanche celle-ci, d'accord avec les géologues italiens, comme différente des *pietre verdi* et comme beaucoup plus ancienne : d'après sa manière de voir, la Dent Blanche serait une sorte d'apophyse (*Uebergreifen*) des Dinarides ¹.

Pour nous, la bande de marbre d'Ornavasso est un élément alpin authentique. De telles bandes de marbre se retrouvent ailleurs dans les Alpes, mais non dans les Dinarides. La zone d'Ivrée fait réellement partie de la cicatrice limite, écrasée et injectée (III, p. 447), et les roches vertes se continuent dans les Alpes, mais non dans les Dinarides.

L'ensemble formé par la Dent Blanche, réunie au Mont Mary et au Mont Emilius, près d'Aoste, et s'étendant de là jusqu'au Cervin (fig. 154) et au Weisshorn (au Nord-Ouest de Zermatt), devient, par suite, un lambeau de recouvrement provenant de la région limite la plus interne et la plus orientale des Alpes; c'est en même temps la région tectoniquement la plus élevée de toute cette partie de la chaîne ².

On rencontre également des intrusions basiques au Nord-Est du tunnel du Simplon. Dès qu'elles ont eu atteint la limite supérieure des gneiss, les intrusions basiques ont cherché, selon toute vraisemblance, les zones de moindre résistance dans les calcaires triasiques et les calcschistes jurassiques, en s'introduisant le plus souvent le long des joints de stratification. Cette interprétation s'applique également bien

1. C. Schmidt, *Ueber die Geologie des Simplongebietes und die Tektonik der Schweizeralpen* (Eclogæ Geol. Helv., IX, 1907, p. 484-584, pl. 7-14, dont 1 carte géol.); C. Schmidt und H. Preiswerk, *Geologische Karte des Simplon-Gruppe*, 1 : 50 000, 1907 (Beitr. zur Geol. Karte der Schweiz, Liefg. XXVI, Spezialkarte Nr. 48). C. Schmidt sépare, il est vrai, la zone d'Ivrée des *pietre verdi* mésozoïques, mais pense qu'elle se prolonge le long de l'Adda : il l'attribue aux Dinarides, mais reconnaît qu'une relation génétique paraît exister entre cette zone d'Ivrée et les ophiolites des schistes des Grisons : en effet, quand on trouve du gabbro dans les schistes des Grisons, des roches basiques se montrent aussi, d'ordinaire, dans les terrains primitifs du voisinage (*Ueber die Geologie der Simplongebietes*, p. 547, note 1). L. Milch (*Ueber den Granitgneiss vom Roc Noir, Massiv der Dent Blanche, Südwestliches Wallis*; Neues Jahrb. f. Min., 1901, I, p. 49-88) trouve que cette roche était à l'origine un granite à hornblende éruptif se rapprochant par endroits d'une diorite quartzifère, modifiée dynamiquement dans la suite, et d'âge probablement carbonifère.

[2. Voir la belle *Carte géologique du Massif de la Dent Blanche (moitié septentrionale)*. Levé géologique par Em. Argand, 1905-1907. 1 : 50 000. Publiée par la Commission Géologique Suisse, 1908 (Matériaux pour la Carte géol. de la Suisse, Nouv. sér., Livr. XXIII, Carte spéciale n° 52).]

aux coupes des schistes verts qui ont été décrites d'une façon si complète, dans la région du Simplon, par Preiswerk. C'est pour cela que ces intercalations se superposent si fréquemment les unes aux autres dans les schistes mésozoïques; c'est pour cela aussi que, dans le Binnen-Thal, le contact des lentilles de gabbro avec les calcschistes jurassiques est accompagné de roches qui contiennent du grenat, du titane et du zircon. Les schistes verts résultent de la transformation, par métamorphisme dynamique, d'une série de roches allant, d'après Preiswerk, du gabbro et de la diorite à la dunite et à la picrite¹.

Relativement aux roches vertes, on arrive en définitive aux résultats suivants :

On ne connaît pas, associés à ces roches, de cendres ou de tufs certains, si tant est que les tufs diabasiques qui se rencontrent sporadiquement dans le Flysch de Taveyannaz ne puissent passer pour des formations de ce genre. Des laves vacuolaires ou des scories sont également inconnues. On trouve pour la première fois des galets de roches vertes dans le Flysch oligocène. Les roches vertes forment des filons-couches; les filons ascendants, comme au Mont-Genèvre, sont rares². Il y a quelquefois des cornéennes à leur contact, mais rarement; on doit également regarder comme formation primaire de contact les grenats, principalement dans les calcschistes.

Franchi a distingué fort ingénieusement les plis empilés, du type du Simplon, des mouvements subhorizontaux des nappes les unes au-dessus des autres, comme on peut en voir des exemples dans l'Engadine. Mais la conception de l'« ultrapiega » ou du pli-faille ne suffit pas. Des mouvements du genre de celui de l'ensemble des Dinarides vers le Nord ne résultent pas d'un plissement, et Termier a séparé avec raison de tels mouvements en masse des plis couchés des nappes plongeantes³.

A une grande distance à l'Ouest, dans le Val Savaranche, à l'Ouest du Grand Paradis, Novarese a décrit une bande qui est formée à l'Est de diorite quartzifère et à l'Ouest de diorite normale, et que Rosenbusch

1. H. Preiswerk, *Die Grünschiefer in Jura und Trias des Simplongebietes* (Beitr. zur Geol. Karte d. Schweiz, XXVI, 1. Teil, xvii-42 p., 1907).

2. M. Bertrand, *Études dans les Alpes Françaises* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 3^e sér., XXII, 1894, p. 160); l'auteur y compare ces roches aux tufs des schistes de Wengen, dans les Dinarides. Preiswerk rappelle les mélaphyres du Tyrol méridional. De même Kilian et Termier, *Matériaux pour l'étude des gabbros et de leur cortège de roches cristallines dans le Queyras et dans le Briançonnais* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., I, 1901, p. 39); Grenville A. J. Cole et J. W. Gregory signalent également au Mont-Genèvre des filons de dolérite et d'andésite augitique : *The Variolitic Rocks of Mont Genèvre* (Quart. Journ. Geol. Soc. London, XLVI, 1890, p. 295-332, pl. XIII).

3. Voir notamment : *Sur la nécessité d'une nouvelle interprétation de la tectonique des Alpes Franco-Italiennes* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., VII, 1907, p. 188).

rapproche des tonalites¹. La zone d'Ivrée a évidemment des rapports très intimes avec la zone tonalitique des régions orientales. Des roches aussi diverses que le granite, la diorite quartzifère et la tonalite, les roches gabbroïdes jusqu'à la péridotite nickélique, y compris la serpentine et la prasinite, ne sont peut-être pas contemporaines; mais elles ont une origine commune et elles forment sur toute la longueur de la chaîne des Alpes ce que, dans l'Amérique du Nord, on réunit, par un terme commun, sous le nom de zone de grandobrite.

De la Doire Baltée au Gesso. — Cette région est limitée vers l'Ouest par la Chaîne de Belledonne, les Grandes Rousses et le Pelvoux, et vers le Sud par le Mercantour. Entre ces deux derniers massifs se trouve, au Sud-Ouest, la grande lacune, utilisée par le Guil, à travers laquelle la zone interne du Flysch a débordé, sous forme de nappes, sur les Alpes Helvétiques².

Le Grand Paradis est un large dôme; Lugeon le considère comme le dos recourbé d'une nappe (carapace)³. Ce sont probablement des bombements du même gneiss qui forment à l'Ouest le Mont Pourri, au Sud-Ouest le noyau de la Vanoise, et au Sud le Massif d'Ambin (Petit Mont-Cenis). Dans cette région, les Schistes lustrés et les formations de la zone du Briançonnais se touchent. Ces deux séries participent à des plis communs, empilés les uns sur les autres; et l'on a de plus signalé entre elles des passages latéraux. Une lame puissante de Schistes lustrés s'étend, en particulier, du Val Savaranche à la Grande Sassièrre (à l'Est du Mont Pourri); et les choses se présentent comme si ces plis

1. H. Rosenbusch, *Mikroskopische Physiographie der Mineralien und Gesteine*, 4. Aufl. In-8°, II, 1. Hälfte, 1907, p. 282.

2. Outre les travaux déjà mentionnés de M. Bertrand, Kilian, Termier et Haug, voir en particulier W. Kilian, *Nouvelles observations géologiques dans les Alpes Delphino-Provençales* (Bull. Service Carte Géol. de la Fr., XI, 1899-1900, n° 75, p. 259-277, 1 pl.), et *Notice explicative de la feuille de Larche de la Carte géologique détaillée de la France* (Annales de l'Univ. de Grenoble, XVII, 1905, p. 1-12 [reprod. Trav. Laborat. Géol. Fac. Sc. Grenoble, VII, 1904-1905, p. 370-381]); W. Kilian et P. Termier, *Nouveaux documents relatifs à la géologie des Alpes françaises* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4° sér., I, 1901, p. 385-420), et P. Termier, *Quatre coupes à travers les Alpes Franco-Italiennes* (Ibid., 4° sér., II, 1902, p. 411-433, pl. XII-XIII : coupes). Pour la région italienne des Schistes lustrés, voir D. Zaccagna, *Sulla geologia delle Alpi occidentale* (Boll. R. Comitato Geol. d'Italia, XVIII, 1887, p. 346-417, pl. IX-XI : coupes et carte géol.); le même, *Riassunto di osservazioni geologiche fatte sul versante occidentale delle Alpi Graje* (Ibid., XXIII, 1892, p. 175-244, 311-404, pl. V-VI : coupes et carte géol.); voir aussi D. Zaccagna, *Alcune osservazioni sugli ultimi lavori geologici intorno alle Alpi Occidentali* (Boll. R. Comit. Geol. d'Italia, XXXII, 1901, p. 4-74, 129-150; XXXIII, 1902, p. 149-160; XXXIV, 1903, p. 297-332, pl. V). Consulter enfin S. Franchi, *Ancora sull'età mesozoica della zona delle pietre verdi nelle Alpi Occidentali* (Ibid., XXXV, 1904, p. 125-179, pl. II-III, coupes), et surtout la note du même auteur : *Sulla tettonica della zona del Piemonte* (Ibid., XXXVII, 1906, p. 118-144, pl. III : coupes).

3. Ces diverses hypothèses sont soumises à un examen critique par G. Rovereto, *Geomorfologia del gruppo del Gran Paradiso*, Torino, 75 p., 24 fig., 1907 (extr. du Boll. Club Alp. Ital., XXXVIII, 1906). [Sur la structure du versant septentrional du Massif du Grand

Cette disparition de l'éventail, à l'endroit où une résistance vers l'Ouest fait défaut, prouve que cet éventail n'est pas autre chose qu'une zone de refoulement latéral (*Stauung*). La fig. 155, extraite d'un travail déjà ancien de Franchi, traduit d'une manière très nette l'inflexion et la disparition graduelle des zones successives. Du côté français, sur la feuille de Larche, levée par Kilian, le terrain houiller (laissé en blanc sur la fig. 155) ne se montre pas au delà de la Tête de Cialancion; mais sur cette ligne tombe d'ailleurs la limite principale entre la zone du Briançonnais et les Schistes lustrés. Ces derniers s'étendent jusqu'au Col de Longet.

Dans le Massif d'Ambin, en amont de Suse, se termine, à part quelques traces plus méridionales, toute la zone médiane de gneiss qui vient du Grand Paradis. A l'Est, le gneiss de la Sesia atteint, comme nous l'avons dit, la Stura, par le Val di Lanzo. Vers la plaine lui succède une sorte de liséré de roches vertes, qui sont probablement la continuation de la bande principale d'Ivrée. Entre le gneiss de la Sesia et le gneiss du massif Doire-Maira (partie orientale des Alpes Cottiennes), il existe une lacune. Par cette lacune, et aussi en franchissant le Massif Doire-Maira, les roches vertes pénètrent avec une largeur considérable dans la zone du Mont Viso, qui est lui-même une puissante pyramide de serpentine. Dans ses grandes lignes, la zone du Mont Viso est une zone de Trias, de Schistes lustrés et de roches vertes déversée vers l'E. Elle tourne, en direction, comme toute la chaîne et disparaît sous la plaine entre la Maira et le Gesso.

Jusqu'ici, Franchi nous a servi de guide; nous allons maintenant suivre Stella ¹.

Un éperon de gneiss du Massif Doire-Maira s'avance vers la plaine, au Nord du Pò, près de Revello (laissé en blanc sur la fig. 155). Une bande arquée de Permo-Carbonifère graphitique accompagne ici le bord méridional de la vallée du Pò; c'est probablement la continuation d'une bande analogue qui atteint une première fois la plaine, au Nord, près de Pignerol et sur le Pellice. Elle se relie à un deuxième éperon gneissique, qui s'élève entre le Pò et la Varaita (gneiss de Venasca). Un arc important de Trias, avec un peu de roches vertes, enveloppe son versant méridional, arrive à la plaine et atteint même, orienté N.N.E., le voisinage de Saluces. Un troisième éperon de gneiss (Monte San Bernardo, gneiss de Dronero) vient ensuite. Il disparaît le long de la Maira. Puis viennent les Schistes lustrés et les roches vertes de la zone du Mont Viso. Mais ce faisceau se subdivise. Une partie disparaît du côté

1. A. Stella, *Calcare fossilifere e scisti cristallini dei monti del Saluzzese, nel cosiddetto ellissoide gneissico Dora-Maira* (Boll. R. Comitato Geol. d'Italia, XXX, 1899, p. 129-160, pl. I : carte et coupes).

ALPES OCCIDENTALES.

de la plaine de Coni (Cuneo), une autre reste fidèle à la direction normale du Permo-Carbonifère et atteint avec ces terrains les Alpes Ligures, en passant le long du Mercantour. Toutes ces roches, depuis Revello jusque dans la zone du Mont Viso, sont affectées d'un plongement isoclinal vers l'W., le S.W. ou le S. et ne plongent au S.E. qu'à l'extrémité de la bande.

Kilian pense que le pendage général des Alpes Piémontaises, qui reste constant jusqu'à l'éventail houiller, doit provenir d'un plissement de retour (*Rückfaltung*). Dans ce cas, ces éperons de Revello, de Venasca et de Dronero seraient les extrémités libres du plissement de retour, dont les éléments se détacheraient à la manière de coulisses.

Termier a décrit la coupe de l'éventail, depuis le Pelvoux jusque vers la plaine (fig. 156)¹. Kilian en fait ressortir

1. En particulier dans sa note : *Quatre coupes à travers les Alpes Franco-Italiennes*. Voir aussi : *Sur la nécessité d'une nouvelle interprétation de la tectonique des Alpes Franco-Italiennes*.

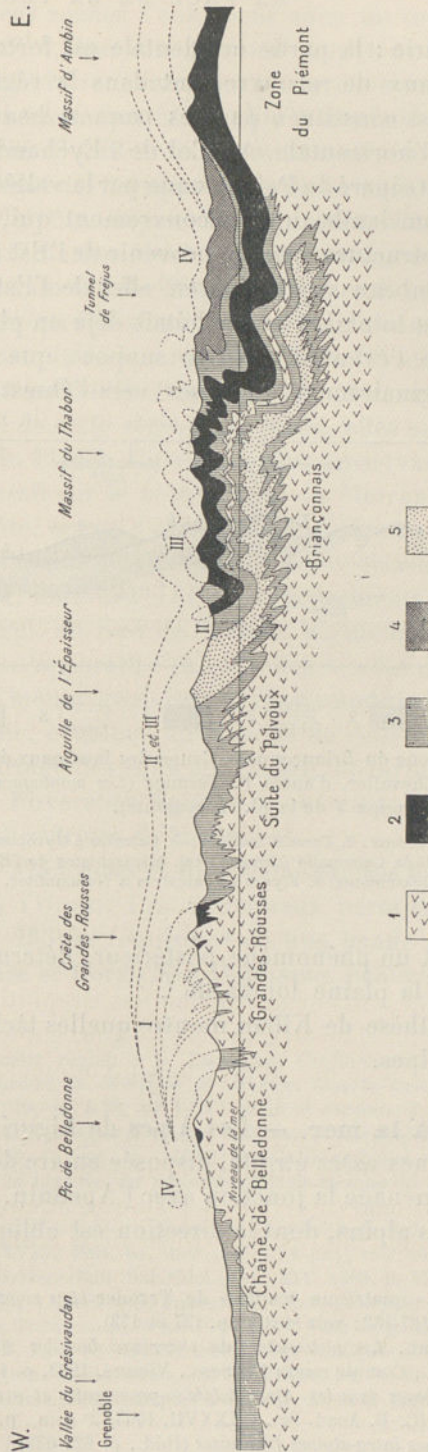


Fig. 156. — Coupe de Grenoble au Massif d'Ambin, d'après P. Termier (*Bull. Soc. Géol. de France*, 4^e sér., VII, 1907, pl. IV, fig. 2).

1. Massifs granitiques et séries métamorphiques antérieures au terrain houiller; 2. Permo-houiller; 3. Terrains secondaires, Schistes lustrés, avec roches vertes subordonnées; 5. Nummulitique et Flysch. — I. Nappes aujourd'hui détruites, provenant des plis de l'Oisans et du Pelvoux (faciès dauphinois); II. Nappes de terrains à faciès briançonnais; III. Nappes d'origine piémontaise; IV. Nappes supérieures à la nappe du Grand-Paradis, et dont l'avancée vers l'Ouest est inconnue. — Échelle de 1 : 500 000 (longueurs et hauteurs).

la dissymétrie : la partie occidentale est fortement redressée et envoie des lambeaux de recouvrement dans la région helvétique; la partie orientale est constituée par des paquets beaucoup plus larges et plus voisins de l'horizontale. Au Col de l'Eychauda, à l'Ouest de Briançon, col qui n'est séparé du Pelvoux que par la vallée du torrent de l'Eychauda, se trouve un lambeau de recouvrement qui, en opposition apparente avec cette structure, semble provenir de l'Est (fig. 157). Termier a établi que ce lambeau vient bien en effet de l'Est, mais qu'il n'a pas une origine très lointaine et qu'il était déjà en place avant le façonnement définitif de l'éventail¹. Kilian suppose que tous les plis piémontais étaient originairement déversés vers l'Ouest et que le plissement à

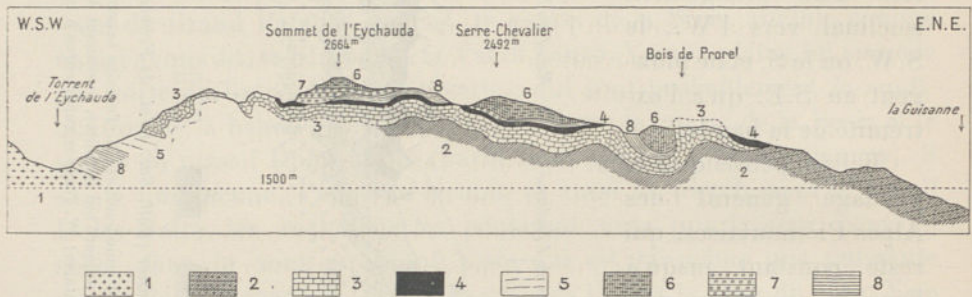


FIG. 157. — Zone du Briançonnais. Coupe des lambeaux de recouvrement de l'Eychauda et de Serre-Chevalier, d'après P. Termier (*Les montagnes entre Briançon et Vallouise*. In-4°, Paris, 1900, coupe V de la pl. en couleurs).

1. Granite du Pelvoux; 2. Terrain houiller; 3. Calcaire à Gyropores (Trias); 4. Malm; 5. Marbres en plaquettes de la Cucumelle (Crétacé?); 6. Micaschistes de l'Eychauda; 7. Conglomerats éogènes à galets de micaschistes; 8. Flysch et calcaires à Nummulites. — Échelle de 1 : 80 000 (longueurs et hauteurs).

rebours est un phénomène postérieur, déterminé peut-être par l'affaissement de la plaine lombarde².

L'hypothèse de Kilian montre quelles tâches difficiles se présentent dans les Alpes.

Jusqu'à la mer. — Les Alpes de Ligurie représentent une chaîne de montagnes assez étroite, disposée en arc de cercle, qui, entre le Var et Gênes, ménage la jonction avec l'Apennin. Elles sont constituées par des terrains alpins, dont la direction est oblique relativement à celle de

1. C'est la « quatrième écaille » de Termier (*Les montagnes entre Briançon et Vallouise*, p. 110-127 et 167-182; voir surtout p. 127 et 173).

2. W. Kilian, *Les phénomènes du charriage dans les Alpes delphino-provençales* (Congrès Géol. Internat., Compte rendu IX^e Sess., Vienne, 1903, p. 473). [Voir aussi W. Kilian, *Sur le rôle des charriages dans les Alpes delphino-provençales et sur la structure en éventail des Alpes briançonnaises* (C. R. Acad. Sc., CXXXVII, 1903, 2^e sem., p. 536-537); et *Sur les phases de plissement des zones intra-alpines françaises* (Ibid., p. 621-622).]

la chaîne. Vers le Nord, ces roches s'enfoncent sous un manteau tertiaire discordant; vers le Sud, leur direction est coupée par la mer.

Nous avons déjà signalé la rencontre des plis provençaux, des plis helvétiques et des plis piémontais sur la Vésubie et sur le Var inférieur. Dans les Alpes de Ligurie, il faut nous attendre à ne rencontrer que des plis piémontais, affectant des terrains de faciès Briançonnais ou de faciès piémontais. Toute la côte, depuis Nice jusqu'à Albenga, ainsi qu'un triangle situé dans l'intérieur des terres dont le sommet se place au voisinage de Limone ou du Col de Tende, correspond, comme nous l'avons déjà dit, à un large épanouissement des terrains venant du côté N.E. du Mercantour et surtout de la zone interne du Flysch. Les couches mésozoïques tournent autour de l'extrémité du Mercantour et forment le bord septentrional de cette région. En outre, elles apparaissent fréquemment au-dessous du Flysch. Puis leurs plis, conservant la direction S.E. qui les caractérisait sur le côté interne du Mercantour, courent presque en ligne droite, ou en s'infléchissant légèrement, jusqu'à la mer. En particulier, une bande puissante de calcaire triasique atteint la côte non loin d'Albenga, au Nord¹, et des affleurements analogues se répètent jusqu'à Bergeggi, au Sud de Savone. En même temps que la zone s'élargit, elle laisse apparaître çà et là des bandes de roches à demi cristallines, parfois même gneissiques (bésimaudites), qui font partie de la série permienne, et même, au-dessous de celles-ci, près de Viozene, sur la ligne de partage des eaux du Tanaro, du terrain houiller contenant de l'anhracite. Rovereto a figuré, sur une carte très instructive (fig. 158), les lignes directrices de la région².

Comme dans les Alpes Françaises et Piémontaises, une longue zone permo-carbonifère vient à l'Ouest. Les anticlinaux permienés séparés des Alpes Cottiennes (fig. 155) se réunissent en une bande de largeur variable qui, entre Demonte et Borgo San Dalmazzo, pénètre avec une

[1. Voir, sur la structure de cette région : D. Zaccagna, *Conformazione stratigrafica fra il torrente Neva ed il Pennavaia in territorio di Albenga, Liguria Occidentale* (Boll. R. Comitato Geol. d'Italia, XL, 1909, p. 4-38, pl. I-III : carte et coupes); J. Boussac, *Les grands phénomènes de recouvrement dans les Alpes Maritimes italiennes et la « fenêtre » de Castelvecchio* (C. R. Acad. Sc., CLI, 1910, 2^e sem., p. 1163-1165). Ce travail met en lumière le charriage partiel, dans l'Ouest de la Ligurie, du prolongement de la zone du Briançonnais sur la zone du Flysch.]

2. G. Rovereto, *Carta tettonica dei Monti Liguri* (dans sa *Geomorfologia delle Valli Liguri*, Atti d. R. Università di Genova, XVIII, 1904. Gr. in-8°, 226 p., 4 pl.); voir aussi du même auteur : *Arcaico e Paleozoico nel Savonese* (Boll. Soc. Geol. Ital., XIV, 1895, p. 37-75, pl. II-V : cartes et coupes; notamment pl. II); A. Issel e S. Squinabol, *Carta geologica della Liguria*, Genova, 1891, 2 feuilles; et Issel e Traverso, *Nota sul litorale fra Vado e Spotorno* (Atti Soc. Ligust. Sc. Nat. e Geogr., Genova, V, 1894, p. 302-320). Les fossiles triasiques et la succession des couches près de Noli, aux environs de Spotorno, ont été décrits par G. Rovereto : *Sulla stratigrafia della Valle del Neva* (Boll. Soc. Geol. Ital., XVI, 1897, p. 83) et A. Tornquist (Neues Jahrb. f. Min., 1900, I, p. 176).

direction E.S.E. dans les Alpes de Ligurie, près du bord de la plaine, au Sud-Ouest de Coni (Cuneo)¹. Des gîtes d'anthracite s'étendent, sur près de 30 kilomètres, perpendiculairement aux affluents supérieurs de la Bormida. Au Nord de Calizzano, sur la Bormida de Millesimo, Zaccagna indique un éventail, comme dans les Alpes Françaises². Ce fait est d'autant plus remarquable qu'au Sud de ce point, près de Calizzano même, Issel et Rovereto ont décrit un petit massif gneissique indépendant³. On pourrait, d'après cela, songer à une répétition complète des circonstances réalisées plus au Nord.

L'anthracite de la Bormida se termine, en tant que formant une bande continue, près de Mallare, à 14 kilomètres à l'Ouest de Savone; mais ses traces sont encore visibles sous les roches permienes près de Quiliano, à 5 kilomètres seulement de Savone. Ensuite, au Nord de Mallare et de Quiliano, apparaît un massif de gneiss beaucoup plus important. Si l'on tient compte d'un petit pointement granitique annexe, le contour de ce massif se présente en forme de coin. La pointe du coin se trouve à 16 kilomètres à l'W.N.W. de Savone; et, de part et d'autre de cette ville, ces roches anciennes, sur une largeur de 12 kilomètres, arrivent à la mer. Elles font partie, sans qu'il puisse y avoir de doute à ce sujet, d'un massif plus étendu, submergé par la mer. Leur direction est indiquée par Rovereto et Franchi, d'après des bancs intercalés d'amphibolites, comme étant N. 60° E.; la limite Sud est nettement tranchée, et résulte peut-être d'une fracture⁴.

Les deux massifs, celui de Calizzano et celui de Savone, sont constitués par des roches qui ne ressemblent pas à celles du massif Doire-Maira, pas plus qu'à celles des Alpes Piémontaises, mais bien à celles du Mercantour et du Mont-Blanc. On les qualifierait de varisques si la direction des plis n'était différente. Sur l'un et l'autre, le Carbonifère est discordant. Il y a toutefois cette différence que le massif gneissique de Savone ne se trouve pas à l'extérieur, mais bien à l'intérieur, c'est-à-dire non au S.W. mais au N.E. de la zone principale

1. F. Sacco, *I Monti di Cuneo, tra il gruppo della Besimauda e quello dell' Argentera* (Atti Accad. Sc. Torino, XLII, 1906-1907, p. 61-78, 1 pl. carte).

2. D. Zaccagna, *Studio geologico sul Carbonifero della Liguria Occidentale* (Memorie descritt. della Carta Geol. d'Ital., XII, 1903, p. 147-161, pl. X : carte); des cartes du tronçon de jonction au Nord du Vallone dell' Arma (voir la partie Sud-Ouest de la fig. 155, p. 747) sont données par Franchi et De Castro dans le même vol., pl. XII, et par Zaccagna, *Boll. R. Comitato Geol. d'Ital.*, XXXIV, 1903, pl. V.

3. A. Issel, *Note spiccate, II. Valle di Calizzano, con appunti e sezioni di G. Rovereto* (Atti Soc. Ligust. Sc. Nat. e Geogr., XV, 1904, p. 3-30).

4. S. Franchi, *Nota preliminare sulla formazione gneissica e sulle rocce granitiche del massiccio cristallino Ligure* (Boll. R. Comitato Geol. d'Italia, XXIV, 1893, p. 43-69); G. Rovereto, *Arcaico e Paleozoico nel Savonese* (Boll. Soc. Geol. Ital., XIV, 1895, p. 37-75, pl. II-V : cartes et coupes). [Voir aussi G. Rovereto, *La zona di ricoprimento del Savonese e la questione dei calcescisti* (Boll. Soc. Geol. Ital., XXVIII, 1909, p. 389-418, pl. XII, XIII : coupes et carte géol.; carte tectonique p. 403, fig. 8).]

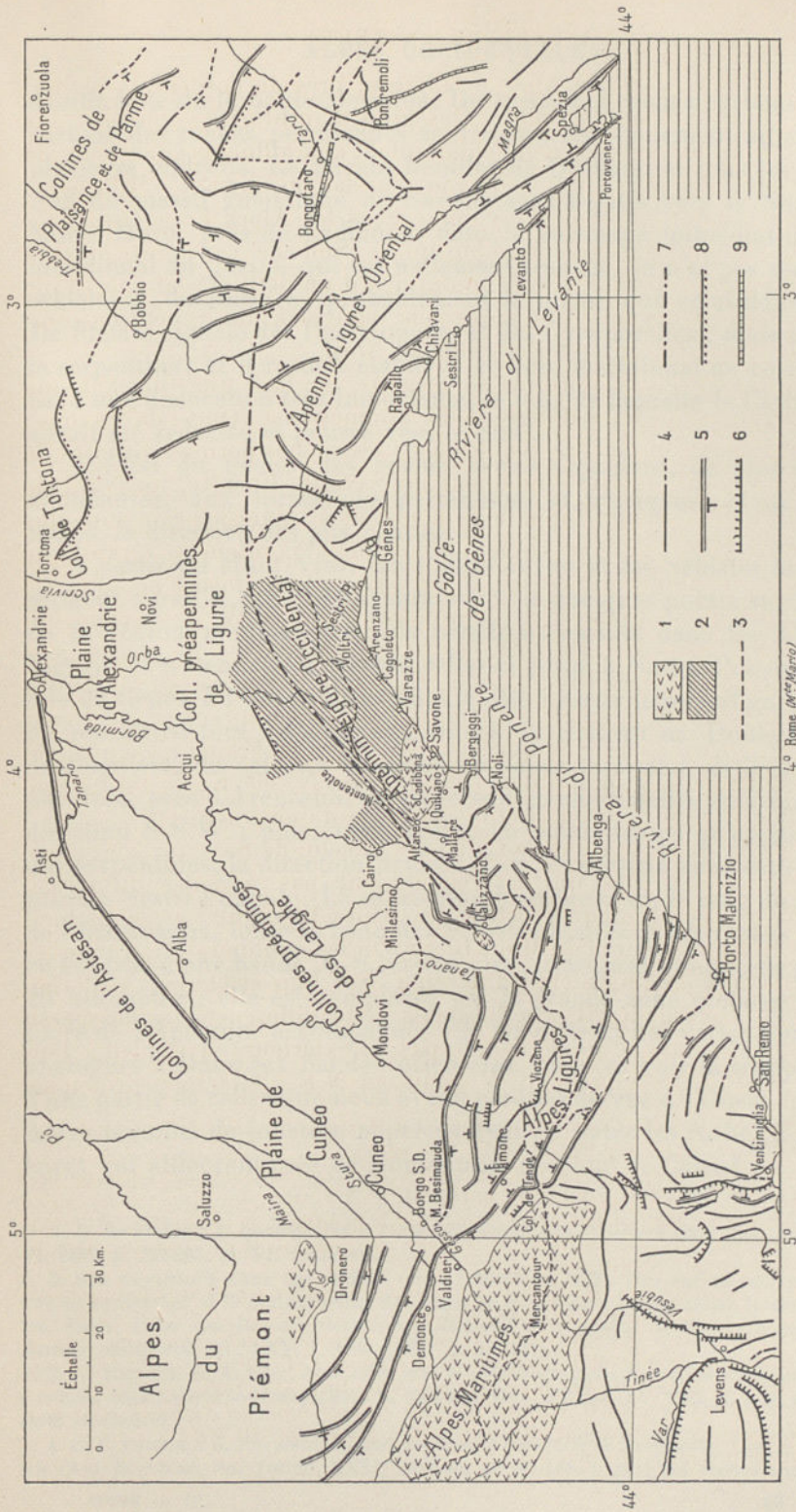


Fig. 158. — Croquis tectonique de la Ligurie, d'après G. Rovereto (*Geomorfologia delle Valli Liguri*, In-8°, Genova, 1904, pl. IV).

1. Massifs cristallins; 2. Zone des « Roches Vertes » de la Ligurie; 3. Ligne de partage des eaux; 4. Anticlinaux éocènes; 5. D° renversés; 6. Failles et plis-failles;
7. Géantoclinal post-oligocène; 8. Plis secondaires post-oligocènes; 9. Synclinaux pliocènes. — Échelle de 1 : 1.250.000.

d'anhracite de la haute Bormida. Du reste, des roches carbonifères et surtout des roches permienes se rencontrent également ailleurs, en plusieurs endroits. Le terrain houiller de Quiliano et tous les plis au Sud du massif gneissique de Savone sont déjetés vers le Sud¹. Au Monte Moro, près de Cadibona, dans le voisinage immédiat du bord méridional du gneiss, qui est nettement tranché, je n'ai pas rencontré seulement du calcaire (probablement le même que celui dans lequel De Stefani signale des Dactylopores et des Gyroporelles), mais aussi de la serpentine; et il reste à établir si ce bord méridional ne correspond pas à une dislocation très importante, le long de laquelle le Carbonifère aurait été redressé et poussé vers le Sud².

A l'Est du gneiss, les roches vertes s'ajoutent, de plus en plus abondantes, aux formations permienes et triasiques; et en même temps, la direction des plis change.

A partir du Mont Viso, les roches vertes et les Schistes lustrés se dirigent vers l'E.S.E.; ils apparaissent en quelques points sur le bord de la région montagneuse; ils pénètrent ensuite dans les Alpes de Ligurie et s'étendent à travers celles-ci jusqu'à Sestri Ponente, non loin de Gènes, à l'Ouest. En suivant la côte à partir du massif gneissique, on rencontre tout d'abord, aux ruines du château de Donegale près de Cogoleto, du calcaire triasique en bancs verticaux, dirigés S.W.; plus loin, près d'Arenzano, on traverse de grandes dalles de schistes, de direction S.S.W.; puis, vers Voltri, en même temps qu'apparaissent des serpentines, la direction devient N.-S. et persiste sous cette forme jusqu'à Sestri Ponente. Là se termine brusquement, le long du torrent de Chiaravagna, toute la zone des Schistes lustrés et des roches vertes, en bordure d'une bande N.-S. de calcaires triasiques, longue de plus de 20 kilomètres; elle est remplacée par la grande zone crétacée et tertiaire de l'Apennin, accompagnée elle aussi de roches vertes tout à fait analogues³. Dans ces bandes orientales, on peut voir la réapparition d'une partie de celles que nous avons perdues de vue à l'Ouest de Coni. A des témoins de jonction appartiennent en outre les roches à Radiolaires qui affleurent près de Montenotte, non loin de Cairo⁴.

1. C. De Stefani, *L'Apennino fra il Colle dell' Altare e la Polcevera* (Boll. Soc. Geol. Ital., VI, 1887, p. 222-263, pl. VII : coupes).

2. Mes excursions dans ces régions ont été faites en 1872; elles ont été entreprises en vue de rechercher si le prolongement des Alpes se trouve dans la dépression tyrrhénienne; Ed. Suess, *Ueber den Bau der italienischen Halbinsel* (Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien; Mathem.-naturwiss. Cl., LXV, 1. Abth., 1872, p. 217-221).

3. L. Mazzuoli ed A. Issel, *Nota sulla zona di coincidenza delle formazioni ofiolitiche eocene e triasica della Liguria occidentale* (Boll. R. Comitato Geol. d'Italia, XV, 1884, p. 2-23, pl. I, II : carte et coupes).

4. C. F. Parona e G. Rovereto, *Diaspri permiani a radiolarie di Montenotta, Liguria Occidentale* (Atti R. Accad. Sc. Torino, XXXI, 1895-96, p. 167-181, 1 pl.); ces roches sont méso-

Ainsi, la courbe de la côte ligure recoupe la direction des Alpes de la manière suivante : le Sud-Ouest appartient à la zone du Briançonnais et à la zone interne du Flysch (Aiguilles d'Arves). A partir de Port-Maurice, la direction est S.E., puis E.S.E. A 5-15 kilomètres environ au Sud-Ouest de Savone, les traces de la bande carbonifère principale semblent se rapprocher de la mer (par Quiliano). Ensuite vient, sur 12 kilomètres, le gneiss de Savone, avec la direction S. 60° W. Au delà de ce gneiss, on rencontre des schistes permien, du Trias, des roches vertes et des Schistes lustrés. Puis la direction dévie peu à peu de S.W. à S.-N. Cette zone se termine, ainsi orientée, près de Sestri Ponente.

Les Alpes en Corse. — La Sardaigne et la Corse doivent être considérées comme une unité. Les bases de la connaissance de la Sardaigne ¹ ont été fournies par La Marmora. Ce savant a montré qu'à partir de la Baie de Cagliari, une plaine allongée récente, le Campidano, s'étend vers le N.W. jusqu'au Golfe d'Oristano et sépare un groupe de hauteurs occupant le Sud-Ouest de l'île (Iglesias et Sulcis). Dans le prolongement tout à fait septentrional de cette plaine, au Nord du Golfe d'Oristano, s'élève le volcan du Monte Ferru, décrit par Doelter, et suivi près de la côte par une rangée de pointements éruptifs récents ². En s'avancant encore plus loin vers le Nord, on trouve une nouvelle plaine analogue à la précédente, mais moins large, qui s'étend jusqu'au Golfe de l'Asinara et isole de la même manière, vers l'Ouest, un groupe de hauteurs, la Nurra. A l'Est est située la région volcanique de l'Anglona. Tornquist pense qu'un fossé (*Graben*) traverse la Sardaigne occidentale, depuis le Golfe de Cagliari jusqu'au Golfe de l'Asinara ³.

zoïques et en relation avec les *pietre verdi*. Pour toute cette région, voir notamment S. Franchi, *Il Trias a facies mista con calcescisti e pietre verdi nel versante padano delle Alpi Ligure* (Boll. Soc. Geol. Ital., XXV, 1906, p. 128-132).

[1. Voir la *Carta geologica d'Italia*, nella scala di 1 : 1 000 000, pubblicata per cura del R. Ufficio Geologico. Roma, 1889, feuille méridionale.]

2. C. Doelter, *Der Vulkan Monte Ferru auf Sardinien* (Denkschr. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturwiss. Cl., XXXVIII, 1877, 2. Abth., p. 193-214, carte); et *Die Producte des Vulcans Monte Ferru* (Ibid., XXXIX, 1878, p. 41-96); A. Dannenberg, *Die Deckenbasalte Sardinien* (Centrabl. f. Min., 1902, p. 331-342); G. Deprat, *Les volcans du Logudoro et du Campo d'Ozieri* (C. R. Acad. Sc., CXLIV, 1907, 1^{er} sem., p. 1182-1185). [Voir aussi G. Deprat, *Les formations néovolcaniques antérieures au Miocène dans le Nord-Ouest de la Sardaigne* (Ibid., CXLV, 1907, 2^e sem., p. 208-210); *Les produits du Volcan Monte Ferru* (Ibid., p. 820-823); *Paramètres magmatiques des séries volcaniques de l'Anglona et du Logudoro* (Ibid., CXLVI, 1908, 1^{er} sem., p. 591-593); *Paramètres magmatiques des séries du Volcan Monte Ferru* (Ibid., p. 702-704); F. Millosevich, *Studi sulle rocce vulcaniche di Sardegna. I. Le rocce di Sassari e di Porto Torres* (Mem. R. Accad. Lincei, ser. 5^a, VI, 1906, p. 405-438, 1 pl.); A. Serra, *Su alcuni basalti della Sardegna settentrionale* (Rendic. R. Accad. Lincei, ser. 5^a, XVII, 1908, sem. 1^o, p. 129-137), et *Studio dei basalti delle piattaforme dei dintorni di Tiesi, Sardegna settentrionale* (Ibid., XVIII, 1909, sem. 1^o, p. 399-405).]

3. A. Tornquist, *Ergebnisse einer Bereisung der Insel Sardinien* (Sitzungsber. K. Preuss.

Bornemann a depuis longtemps remarqué que le Trias du Sud-Ouest ressemble au Trias germanique (I, p. 306); et Tornquist a fait la même constatation dans le Nord-Ouest, dans la Nurra. Or, comme on rencontre au delà de l'ancien massif sardo-corse, dans le Nord-Est de la Corse, un développement tout différent du Trias, l'opinion s'est fait jour que ce massif pourrait bien représenter un fragment de la barrière qui devait séparer, sur une grande longueur, le Trias germanique et le Trias alpin¹.

Cette manière de voir a été l'amorce d'une discussion pleine d'intérêt. Il est certain que le Jurassique moyen de la Sardaigne diffère de celui de l'Italie continentale et qu'il renferme des espèces du Bathonien français et anglais. C'est ce qu'ont établi Fucini et Dainelli; mais il ressort de leurs travaux que ces mêmes couches, au delà du Campidano, reposent également en transgression sur le massif ancien². En outre, Bassani a établi, grâce aux fossiles découverts par Lovisato, la présence de la faune ichthyologique de Glaris (*Palæorhynchus glarisianus*, etc.) dans la partie septentrionale du Campidano³.

Le Sud-Ouest et le Nord-Ouest de la Sardaigne présentent donc une succession de couches dans laquelle se combinent des caractères différents. La série repose au Sud-Ouest, dans l'Iglesiente, sur des roches précambriennes, cambriennes et siluriennes. La discordance commence avec le Carbonifère supérieur. Les deux groupes, le sub-

Akad. Wiss. Berlin, 1902, p. 808-829, en particulier p. 828), et J. Deprat, *Sur les rapports entre les terrains tertiaires et les roches volcaniques dans l'Anglona* (C. R. Acad. Sc., CXLIV, 1907, 1^{er} sem., p. 107-109).

1. A. Tornquist, *Die Gliederung und Fossilführung des ausseralpinen Trias auf Sardinien* (Sitzungsber. K. Preuss. Akad. Wiss. Berlin, 1904, p. 1098-1117); voir aussi E. Philippi, *Erweiterung* (Centralblatt f. Min., 1901, p. 551-557); Dom. Lovisato, *Appunti ad una Nota del Sig. Tornquist* (Rendic. R. Inst. Lombardo Sc., ser. 2^a, XXXVI, 1903, p. 216-228); C. De Stefani, *Atti R. Accad. Lincei*, ser. 4^a, VII, 1891, 1^o sem., p. 427-431; A. Tornquist, *Die carbonische Granitbarre zwischen dem oceanischen Triasmeer und dem europäischen Triasbinnenmeer. Die Entwicklung der Trias auf Corsica* (Neues Jahrb. f. Min., Beilage-Bd. XX, 1905, p. 466-507); K. Deninger, *Die mesozoischen Formationen auf Sardinien* (Id., Beilage-Bd. XXIII, 1907, p. 435-473, pl. XIII-XV : carte et coupes). Dans la basse vallée de l'Ebre, on trouve encore *Trachyceras*, *Pinacoceras*, etc. (E. v. Mojsisovics, *Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst.*, 1881, p. 105-107). [Voir aussi A. Tornquist, *Über die ausseralpine Trias auf den Balearen und in Katalonien* (Sitzungsber. K. Preuss. Akad. Wiss. Berlin, 1909, p. 902-918).] Il semble, d'ailleurs, que la Téthys ait été fermée pendant une partie de la période triasique du côté du domaine actuel de l'Atlantique. On ignore s'il a existé une communication temporaire avec le Mexique. — Sur les Baléares, voir ci-après, chap. XV.

2. A. Fucini, *Sopra alcuni Fossili oolitici del Monte Timoleone in Sardegna* (Boll. Soc. Malacol. Ital., XX, 1897, p. 150-160); G. Dainelli, *Fossili batoniani della Sardegna* (Boll. Soc. Geol. Ital., XXII, 1903, p. 253-347, pl. XI, XII); A. Tornquist, *Die Pflanzen der mitteljurassischen Sandsteins Ostsardiniens* (Neues Jahrb. f. Min., Beilage-Bd. XV, 1904, p. 149-158, pl. IV). On peut rappeler ici que cet étage reparait loin dans l'Est, dans les Carpathes sud-orientales, avec le faciès de la Normandie; Éd. Suess, *Der braune Jura in Siebenbürgen* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1867, p. 28-31).

3. Fr. Bassani, *Avanzi di Clupea (Meletta) er nata nelle marne di Ales in Sardegna* (Rendic. R. Accad. Sc. Napoli, VI, 1900, p. 156-158 et 191-194).

stratum ancien et sa couverture, ont été plus tard affectés par un plissement commun, datant probablement du début de l'ère tertiaire. La direction des plis concorde dans l'Iglesiente avec le tracé général de cette zone Ouest de la Sardaigne.

La région qui se trouve de l'autre côté du Campidano est considérée par Tornquist comme l'avant-pays (*Vorland*) de cette chaîne plissée. Toute la partie moyenne et tout l'Est de la Sardaigne sont constitués, en effet, par un massif montagneux dont la structure ressemble tout à fait à celle du soubassement de l'Iglesiente, mais où l'on n'observe pas de traces d'un plissement récent. Il y a dans cette région de la houille datant du Permien inférieur; on y constate également des transgressions correspondant à différents niveaux de la série mésozoïque; leurs dépôts, qui commencent avec le Bathonien, ne sont pas plissés, de telle sorte que, dans la partie méridionale de l'île, se montrent, sur le soubassement ancien, des montagnes tabulaires supra-jurassiques, analogues aux Causses du Midi de la France et dont l'aspect extérieur rappelle celui du Karst. Dans le Gerrei, au Nord du Sarrabus, il existe également un lambeau créacé transgressif, qui semble appartenir au type africain, comme en Sicile et en Calabre¹. Pampaloni a donné une bonne description des environs de Seui, au Sud du Genargentu (1793 m.), le point culminant de la Sardaigne. Sur les terrains anciens repose de l'anthracite à *Cyathocarpus arborescens* et *Walchia piniformis*. Par-dessus viennent les bancs calcaires jurassiques avec *Ceromya concentrica*, *Modiola imbricata* et autres formes, identiques, en particulier, aux espèces des couches à *Mytilus* des Alpes Suisses².

Plus au Nord, nous manquons de données sur les transgressions mésozoïques. Le soubassement ancien se prolonge en Corse³ avec toute sa largeur; il forme cette île tout entière jusqu'à une ligne très sensiblement droite qui, depuis l'embouchure de la Solenzara sur la côte orientale, s'étend vers le N.N.W. jusqu'au voisinage de l'île Rousse sur la côte septentrionale (fig. 159). Sur la côte occidentale, on a signalé par-dessus des dépôts carbonifères marins, et aussi des dépôts contenant de la houille⁴. Le Centre et l'Ouest de la Corse, réunis à la région

1. St. Traverso, *Calcare fossilifero nel Gerrei (Sardegna)*. Gr. in-8°, 21 p., 1 carte, Torino, 1891.

2. L. Pampaloni, *I terreni carboniferi di Seui e oolitici della Perdaliana in Sardegna* (Rendic. R. Accad. Lincei, ser. 5°, IX, 1900, 1° sem., p. 345-349).

[3. Sur la géologie de cette grande île, consulter le récent mémoire de J. Deprat, *Étude analytique du relief de la Corse* (Revue de Géogr. Annuelle, de Ch. Vélain, II, 1908, p. 1-200, pl. I-III : cartes et profils); ce travail renferme une bibliographie. Voir aussi la *Carte géologique détaillée de la France* à 1 : 80 000, feuilles d'Ajaccio (264) et Vico (262), par J. Deprat, 1906, 1908; Bastia (261) et Luri (259), par E. Maury, 1908, 1909.]

4. Par exemple la découverte du *Productus semireticulatus* par E. Maury, à Galeria (Bull. Service Carte géol. de la France, XVI, 1904-1905, n° 105, p. 185).

médiane et orientale de la Sardaigne, appartient ainsi à une branche puissante des Altaïdes se dirigeant vers le S.S.E., le *rameau corso-sarde*¹.

Le Nord-Est de la Corse jusqu'au Cap Corse est formé de roches alpines présentant les caractères de la zone du Briançonnais et des Alpes Piémontaises²; la direction des plis sur la côte ligure et l'orientation dominante en Corse, qui va du S. au S.S.E., de même que l'identité des terrains, montrent que ce sont bien les Alpes Piémontaises qui réapparaissent au Cap Corse.

A la base reposent des schistes anciens, probablement permien; quant à la série de couches qui fait suite aux quartzites du Trias inférieur, nous indiquerons seulement que Rovereto y a trouvé des traces de Gyroporelles³ et que des fossiles rhétiens y sont connus depuis longtemps (I, p. 305). A un niveau stratigraphique plus élevé viennent des Schistes lustrés, puis des couches nummulitiques transgressives et le Flysch. La carte donnée autrefois par Hollande montre déjà des lambeaux épars de ces transgressions⁴; et les levés plus récents de Nentien nous apprennent que la ligne limitative de la partie alpine de la Corse est jalonnée, depuis la côte Nord jusqu'à la côte Est, c'est-à-dire sur environ 100 kilomètres, par une zone de calcaire nummulitique interrompue sur quelques points et subissant ailleurs des élargissements notables⁵.

Nous sommes presque conduits à voir dans ces affleurements l'équivalent de la zone interne du Flysch, qui, en Corse, serait devenue une zone externe. Le Flysch, par endroits, se superpose directement au granite, de la même manière que sur le versant oriental du Pelvoux. Ses couches sont fortement redressées et s'étendent sur la côte orientale, au Sud du Port de Favone, jusqu'au delà de l'embouchure de la

[1. A. Tornquist, *Der Gebirgsbau Sardiniens und seine Beziehungen zu den jungen, circum-mediterranen Faltenzügen* (Sitzungsber. K. Preuss. Akad. Wiss. Berlin, 1903, p. 685-699; carte fig. 2, p. 693); et *Alpen und Apennin auf Sardinien und Korsika* (Geol. Rundschau, Zeitschr. f. allg. Geol., Leipzig, I, 1910, p. 1-12; carte p. 6).]

[2. Voir E. Maury, *Sur la présence de nappes de recouvrement au Nord et à l'Est de la Corse* (C. R. Acad. Sc., CXLVI, 1908, 1^{er} sem., p. 945-947); P. Termier et E. Maury, *Sur les nappes de la Corse Orientale* (Ibid., p. 1426-1428); P. Termier et J. Deprat, *Le granite alcalin des nappes de la Corse Orientale* (Ibid., CXLVII, 1908, 2^e sem., p. 206-208); E. Maury, *Nouvelles observations sur les nappes de la Corse Orientale* (Ibid., CXLVIII, 1909, 1^{er} sem., p. 1481-1482), et *Note préliminaire sur la stratigraphie et la tectonique de la Corse Orientale* (Bull. Soc. Géol. de France, 4^e sér., X, 1910, p. 272-293. 6 fig. coupes, carte dans le texte p. 288).]

3. G. Rovereto, *Sull' eta degli scisti cristallini della Corsica* (Atti R. Accad. Sc. Torino, XLI, 1905-1906, p. 72-86).

4. Hollande, *Géologie de la Corse* (Annales des Sc. géol., IX, n^o 2, 1877, p. 1-114, pl. 8-12, dont 1 carte géol.).

5. Nentien, *Étude sur la constitution géologique de la Corse* (Mém. pour servir à l'explic. de la Carte géol. de la Fr.). In-4^e, 224 p., 31 fig., carte à 1 : 320 000, 1897; en particulier p. 205. [Voir aussi J. Deprat, *Sur la persistance, à travers toute la Corse, d'une zone de contacts anormaux entre la région occidentale et la région orientale* (C. R. Acad. Sc., CXLVII, 1908, 2^e sem., p. 652-654).]

Solenzara. Quelques vagues données en indiqueraient encore des traces jusque vers le Golfe d'Orosei, au milieu de la côte sarde; mais on manque de documents précis à ce sujet¹.

Les roches vertes se présentent, comme dans les Alpes, et avec la même diversité, sous la forme de péridotites, de norites, de gabbros, de diabases et surtout de serpentines. D'après Maury, elles pénètrent jusque dans le Flysch oligocène et elles sont recouvertes par le premier étage méditerranéen².

L'île de *Gorgona* présente les mêmes caractères que le Nord-Ouest de la Corse; Ugolini y décrit du gneiss avec la direction N. 50° W.³. C'est la dernière trace corso-sarde. *Capraja* est, d'après Emmons, formée d'andésite⁴. *Pianosa* est un plateau pliocène. Toutes les autres îles se rapprochent par leurs caractères de l'île d'Elbe et sont par conséquent des fragments alpins.

Relations avec l'Apennin. — L'île d'Elbe a été souvent décrite. Nous ne mentionnerons ici que la monographie de Lotti, si riche en documents⁵. L'île se partage, comme le montrent nettement ses contours, en trois parties. La partie orientale et la partie médiane sont

1. Hollande, mém. cité, p. 80, note; C. De Stefani, *Cenni preliminari sui terreni cenozoici del Sardegna* (Atti R. Accad. Lincei, Rendic., ser. 4^e, VII, 1^o sem., 1891, p. 464-467).

2. E. Maury, *Feuille de Bastia* (Bull. Service Carte géol. de la Fr., XIII, 1901-1902, n° 91, p. 666-669); pour le Flysch de Saint-Florent, voir même recueil, XV, 1903-1904, n° 98, p. 273-276, et XVI, 1904-1905, n° 105, p. 181; pour l'âge de ces roches, voir XVII, 1905-1906, n° 115, p. 269.

3. R. Ugolini, *Appunti sulla costituzione geologica dell' Isola di Gorgona* (Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Pisa, XVIII, 1902, p. 197-213, pl. IV : carte).

4. H. Emmons, *The Petrography of the Island of Capraja* (Quart. Journ. Geol. Soc., XLIX, 1893, p. 129-144, carte de la p. 130).

5. B. Lotti, *Descrizione geologica dell' Isola d'Elba* (Mem. descritt. della Carta Geol. d'Italia, II, 1886. In-8°, xu-254 p., 6 pl.). [Voir aussi la *Carta geologica dell' Isola d'Elba*, 1 : 25 000, 2 feuilles, 1884, et sa réduction en 1 feuille à 1 : 50 000, par B. Lotti, P. Fossen et E. Mattiolo, 1885. — Étendant à l'île d'Elbe l'hypothèse à laquelle ont conduit les études faites en Corse, P. Termier a proposé récemment une interprétation nouvelle de la structure de cette île : de grands charriages, venant de l'Ouest, auraient amené tous les terrains, à partir du Silurien, à reposer sur l'Éocène; seuls, le massif granitique du Monte Capanne et la bande de micaschistes de la côte orientale seraient en place; P. Termier, *Sur les granites, les gneiss et les porphyres écrasés de l'île d'Elbe* (C. R. Acad. Sc., CXLVIII, 1909, 1^{er} sem., p. 1441-1445); *Sur les nappes de l'île d'Elbe* (Ibid., p. 1648-1652); *Sur la tectonique de l'île d'Elbe* (Bull. Soc. Géol. de France, 4^e sér., X, 1910, p. 134-160, pl. V : coupes). Cette conception est, toutefois, repoussée par B. Lotti : *La riunione della Società Geologica Italiana a Portoferraio e l'ipotesi del Termier sulla tettonica dell' Isola d'Elba* (Boll. R. Comit. Geol. d'Italia, XLI, 1910, p. 284-291), et V. Novarese (Ibid., p. 292-305).]

LÉGENDE DE LA FIGURE 159.

1. Gneiss et micaschistes; 2. Granites; 3. Granulites; 4. Granites et granulites dynamo-métamorphiques (Protogine); 5. Schistes métamorphiques; 6. Carbonifère et poudingues permien; 7. Porphyres (rhyolithes) carbonifères et permien; 8. Trias et Infraalias; 9. Éocène; 10. Diabases, gabbros, norites; Diorites d'Ajaccio; 11. Miocène et Pliocène (n); Alluvions anciennes (q) et récentes. — 12. Limite entre la Corse cristalline et la Corse sédimentaire; 13. Surface de charriage; 14. Direction générale des accidents tectoniques dans la Corse Occidentale; 15. Direction générale des accidents tectoniques dans la Corse Orientale. — Échelle de 1 : 1 000 000

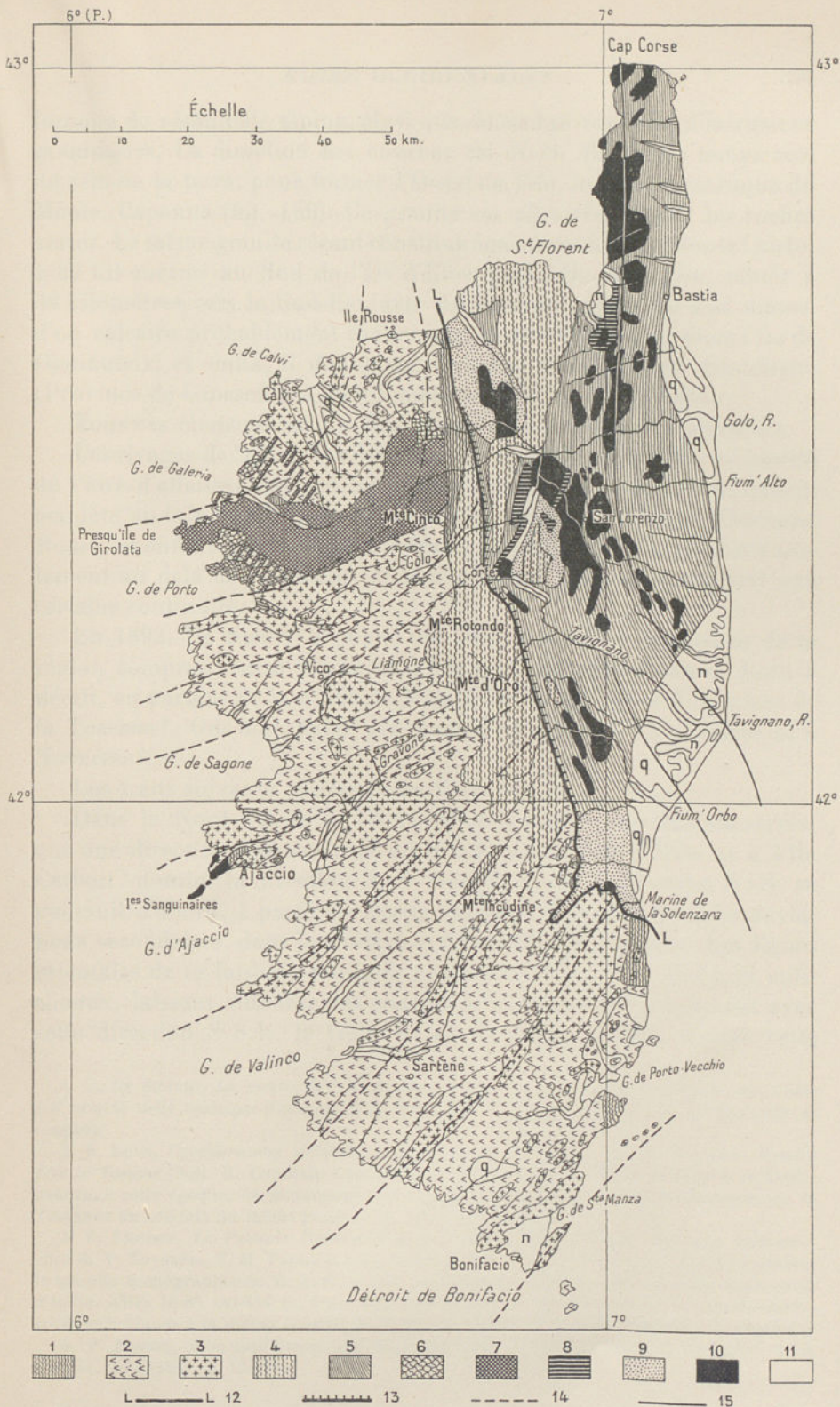


FIG. 159. — Carte géologique de la Corse, d'après J. Deprat
(in Vélain, *Revue de Géographie*, IV, 1907-1908, pl. II).

formées de sédiments alpins, ainsi que de roches vertes et d'intrusions granitiques. La direction des couches est N.-S. En même temps sort du sein de la terre, pour former l'Ouest de l'île, le dôme granitique du Monte Capanne (fig. 160). Ce granite est plus récent que les roches vertes. Le même granite récent constitue également l'île de Monte Cristo, à 20 kilomètres au Sud de l'île d'Elbe, puis l'île de Giglio, située à 50 kilomètres vers le Sud-Est (avec un lambeau, accroché à sa masse, d'un calcaire probablement rhétien qui se rencontre aussi dans l'île de Giannutri); et enfin, il donne un puissant filon près de Gavorrano (Province de Grosseto), à 36 kilomètres à l'Est de l'île d'Elbe.

Tous ces éléments sont autant de traces des Alpes Piémontaises.

Les rivages de la Mer Tyrrhénienne ne coïncident pas avec les limites de l'aire d'affaissement qui lui a donné naissance, car l'effondrement empiète au loin sur l'Apennin (I, p. 176, 356). Il embrasse Florence, Rome, et enfin toute la région volcanique jusqu'au Vésuve. C'est seulement au delà de ce champ de fractures que l'Apennin acquiert une certaine continuité.

En 1892, De Stefani a publié une carte des lignes directrices de la région comprise entre Gènes et Florence¹. La même année, Lotti a décrit, en partant de la « Chaîne Métallifère », les lignes directrices de la Toscane². On doit enfin des vues d'ensemble à Th. Fischer et à Novarese³.

Les traits suivants peuvent être discernés :

Dans le Nord-Est de la Corse, les plis alpins, étroitement serrés, ont une direction qui va du S. au S.S.E. Dans l'île d'Elbe et à l'île Cerboli⁴ domine la direction N.-S. Dans le Nord, la direction N.-S. se poursuit d'abord, à partir de Sestri Ponente, avec de multiples déviations secondaires, dans le Crétacé et l'Éocène de l'Apennin. Les lignes orientales de ce faisceau tournent ensuite au S.S.E.; et de longs anticlinaux, laissant affleurer des couches plus anciennes, atteignent avec cette direction S.S.E. le Golfe de La Spezia. Au delà domine cette

1. C. De Stefani, *Le pieghe dell' Appennino fra Genova e Firenze. Contribuzione allo studio sull' origine delle montagne* (Cosmos, di G. Cora, XI, 1892-93, p. 129-151, pl. IV-VI : carte et coupes).

2. B. Lotti, *Considerazioni sintetiche sulla orografia e sulla geologia della Catena Metallifera in Toscana* (Boll. R. Comitato Geol. d'Italia, XXIII, 1892, p. 55-71). M. Lotti a eu l'obligeance, à cette époque, de m'adresser une esquisse manuscrite des lignes directrices de la Toscane; un croquis du même genre a paru dans l'ouvrage de Th. Fischer.

3. T. Fischer, *La Penisola Italiana, Saggio di Corografia scientifica*. Edizione italiana a cura di V. Novarese, F. M. Pasanisi e F. Rodizza. In-8°, Torino, 1902, p. 211. [Voir surtout la grande monographie de B. Lotti, *Geologia della Toscana* (Mem. descritt. della Carta geol. d'Italia, XIII). In-8°, xvi-484 p., 4 pl. dont carte géol. à 1 : 500 000, pl. I, et carte des directrices tectoniques à la même échelle, pl. II, Roma, 1910 (p. 371-412 : Tettonica ed orogenia).]

4. P. Fossen, *Sulla costituzione geologica dell' isola di Cerboli* (Boll. R. Comitato Geol. d'Italia, XVI, 1885, p. 13-17).

direction S.S.E., presque S.E., jusqu'à Florence, puis S.E. au delà de Pistoja.

Dans l'île de Gorgona, on rencontre la direction S.E.; dans les Alpes Apuennes, puis près de Lucques et au delà de Volterra, S.S.E.; dans la Chaîne Métallifère, l'orientation se rapproche davantage du méridien; mais, au delà de Grosseto, elle passe au S.S.E., et au Monte Argentario, de même que dans l'intérieur des terres, jusqu'au cône de Bolsena, au S.E. De l'autre côté de la Chaîne Métallifère et par delà les volcans, la direction des plis, qui est constamment S.E., coïncide avec celle des reliefs montagneux.

On ne peut acquérir une vue d'ensemble de la structure qu'en envisageant toute la région qui s'étend depuis les Alpes de Ligurie jusqu'au massif corso-sarde et jusqu'au bord externe, si uniforme, que l'Apennin tourne vers la plaine du Pô et vers la Mer Adriatique. Ce territoire est étroit au Nord, entre Gênes et la plaine lombarde, mais il s'élargit rapidement vers le Sud et finit par occuper tout l'espace compris entre la Corse moyenne et le bord oriental externe de l'Apennin. Au dessin triangulaire de cet espace, s'ouvrant vers le Sud, répond la divergence des plis, dont la direction dominante est N.-S. dans l'Ouest et N.W.-S.E. dans la partie orientale.

Ainsi s'agencent les lignes directrices; mais il est permis de se demander si elles donnent bien la véritable clef de la structure. Déjà le premier éperon qui atteint la mer, près de La Spezzia, est, à son extrémité, couché vers l'intérieur du pays; et Steinmann suppose que tous les terrains qui suivent plus à l'Est ont une structure en nappes. Deux nappes ont été distinguées: une première nappe, la plus élevée, contenant des roches intrusives basiques, assimilées, comme celles de l'île d'Elbe, aux roches vertes des Alpes, et une autre nappe, plus profonde (chaîne calcaire de La Spezzia, Alpes Apuennes, Chaîne Métallifère de Toscane, etc.), qui n'est jamais traversée par ces roches vertes¹.

Les Alpes de Ligurie sont un tronçon des Alpes Piémontaises semblable à un horst, limité au Sud par l'effondrement tyrrhénien et s'enfonçant au Nord sous les couches tertiaires; celles-ci comprennent une

1. G. Steinmann, *Alpen und Apennin* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch., LIX, 1907, Monatsber., p. 177-183). [Voir aussi P. Termier, *Rapports tectoniques de l'Apennin, des Alpes et des Dinarides* (Bull. Soc. Géol. de France, 4^e sér., VII, 1907, p. 421-423).]

LÉGENDE DE LA FIGURE 160.

1. Micaschistes antésiluriens; 2. Schistes ardoisiers siluriens; 3. Poudingues, quartzites et schistes permien (Verrucano); 4. Infralias et Lias; 5. Roches métamorphiques d'âge indéterminé du Monte Capanne; 6. Éocène (Alberese, calcaires à Nummulites, jaspes, schistes à Fucoïdes, Macigno); 7. Quaternaire (alluvions et plages soulevées); 8. Serpentes anté-siluriennes; 9. Diabases, Euphotides et Serpentes éocènes; 10. Granite du Monte Capanne (post-éocène); 11. Granite porphyroïde et porphyre quartzifère. — Échelle de 1 : 200 000.

série continue, depuis l'Oligocène jusqu'à l'époque la plus récente, et forment une partie du remplissage de la dépression lombarde. Ce manteau tertiaire s'étend au Nord jusqu'au delà de Turin et de Casale. Vers l'Ouest, il est séparé des Alpes par la plaine de Coni (Cuneo) et de Mondovi; vers l'Est, il atteint la plaine d'Alexandrie et de Tortona.

Entre Alexandrie et Valenza émerge de la plaine un anticlinal, ou plutôt, d'après la description détaillée donnée par Sacco, une zone de surélévation d'axes de direction W.N.W. Elle forme ensuite trois anticlinaux parallèles, et le mieux marqué d'entre eux atteint son point le plus septentrional près de Chivasso. De là, la direction tourne au S.W., de telle façon qu'il en résulte un arc convexe vers le N.; le plissement se termine près de Turin (fig. 161). Mais Sacco a également montré que ce même faisceau anticlinal qui émerge entre Alexandrie et Valenza est déjà visible plus à l'Est, au delà de la plaine de Tortona, laquelle n'a guère ici que 15 kilomètres de largeur; en d'autres termes, *les plissements récents de Turin sont la continuation déviée des plis du bord externe de l'Apennin lui-même*¹.

Ce n'a pas été un mouvement local, mais ce furent les mouvements d'ensemble les plus récents de l'Apennin qui ont permis à ce plissement tardif de pénétrer dans la région de l'affaissement. C'est ainsi que se produisent les extrémités libres rebroussées.

Dans l'Apennin se répètent les roches vertes des Alpes, et en particulier, comme en Corse, dans des couches crétacées, éocènes et oligocènes (ou éocènes supérieures). Au Nord, elles sont plus abondantes; au Sud, leur importance diminue de plus en plus².

Sur la Trebbia moyenne, où les roches vertes ne sont pas antérieures

1. F. Sacco. *La géo-tectonique de la Haute Italie Occidentale* (Bull. Soc. Belge de Géol., Bruxelles, IV, 1890, Mém., p. 3-28, pl. I : carte, notamment p. 18 et suiv.); le même, *Les rapports géo-tectoniques entre les Alpes et les Apennins* (Ibid., IX, 1895; Mém., p. 33-49, pl. II : carte), et ailleurs. Voir surtout la carte à 1 : 100 000 jointe à son ouvrage : *Il Bacino terziario e quaternario del Piemonte*. In-8°, 634 p., 1889-1890. [Consulter en outre la *Carte géologique des Collines de Turin* à 1 : 100 000 (pl. XXXI) jointe à la note de F. Sacco, *Les étages et les faunes du bassin tertiaire du Piémont* (Bull. Soc. Géol. de France, 4^e sér., V, 1905, p. 893-916, pl. XXX, XXXI); et P.-L. Prever, *Aperçu géologique sur la Colline de Turin* (Mém. Soc. Géol. de France, 4^e sér., I, Mém. n° 2, 1907). In-4°, p. 1-48, 1 pl. carte géol. à 1 : 100 000 et 5 coupes générales dans le texte (fig. 6, p. 39); avec bibliographie.] G. Rovereto reconnaît également la liaison avec les Apennins (*Geomorfologia delle Valli Liguri*, p. 44). Virgilio a essayé d'expliquer ces plis par l'hypothèse du glissement due à Reyer, à l'exemple de Bombicci, qui, antérieurement, avait cru pouvoir interpréter d'une manière analogue la structure de l'Apennin tout entier; F. Virgilio, *La collina di Torino in rapporto alle Alpi, all'Appennino ed alla pianura del Po*. In-8°, vii-159 p., 1 carte. Torino, 1895; *Argomenti in appoggio della nuova ipotesi sulla origine della Collina di Torino* (Atti R. Accad. Sc. Torino, XXX, 1894-95, p. 589-606), et *Sulla origine della Collina di Torino* (Boll. Soc. Geol. Ital., XV, 1896, p. 36-70). Voir aussi L. Bombicci-Porta, *Rivendicazione di priorita*, ecc. (Rendic. Accad. Sc. Bologna, 30 avril 1893).

[2. L. de Launay, I. *La Métallogénie de l'Italie et des régions avoisinantes*. II. *Notes sur la Toscane minière et l'Île d'Elbe* (Congrès Géol. Internat., C. R. X^e Session, Mexico, 1906, p. 555-699, carte en couleurs faisant face à la p. 560).]

à l'Oligocène, Traverso distingue une série résultant de la différenciation d'un magma commun. De la lherzolithe et de la serpentine en constituent le premier terme; le second est formé par du gabbro et de la diabase; le plus récent, par du granite. Le granite n'apparaît que sur des étendues restreintes, le plus souvent en filons¹.

Dans l'Apennin de Bologne, Vinassa de Regny a décrit des pointements abrupts et dénudés de lherzolithe, de norite et de serpentine; on a également signalé dans cette région de la magnésite nickélique².

A l'île d'Elbe, le granite se montre, comme nous l'avons indiqué, sur de plus grandes étendues; mais, là encore, il représente le terme le plus récent. Les roches vertes sont transformées au contact de ce granite en une alternance de schistes amphiboliques et de serpentine à enstatite. Ce granite est plus jeune que le plissement de l'Apennin³.

On reconnaît là, comme dans les Alpes Occidentales, des roches consolidées souterrainement. Aucun doute n'existe sur l'âge de la plupart d'entre elles.

D'anciens observateurs, comme Gastaldi, ont considéré les *pietre verdi* de l'Apennin comme absolument identiques à celles des Alpes⁴. Mais même à une époque plus récente, lorsque l'âge ancien des gisements alpins passait déjà pour incontestable, la possibilité d'un parallélisme a encore préoccupé quelques savants, Traverso par exemple⁵.

L'inflexion oblique des Alpes doit commencer déjà au Grand Saint-Bernard. Sur le trajet de l'arc alpin, quelques-unes des coulisses se détachent, en devenant autonomes, et se recourbent à l'intérieur, vers Saluces. Les autres atteignent la mer à travers les Alpes Ligures. La dislocation méridienne près de Sestri Ponente (Chiaravagna) n'est qu'une limite de coulisses. Les Alpes Piémontaises réapparaissent dans le Nord-Est de la Corse. L'île d'Elbe indique la liaison entre les Alpes et l'Apennin⁶.

1. St. Traverso, *Le rocce della Valle di Trebbia, con appendice su alcuni graniti recenti*. In-8°, 83 p., Genova, 1896 (Atti Soc. Ligustica Sc. Nat. e Geogr., VII, 1896, Supplemento); Sacco admet un âge crétacé, avec peut-être des affinités tertiaires (*Les formations ophitiformes du Crétacé*, Bull. Soc. Belge de Géol., XIX, 1895; Mém., p. 247-265, pl. VIII).

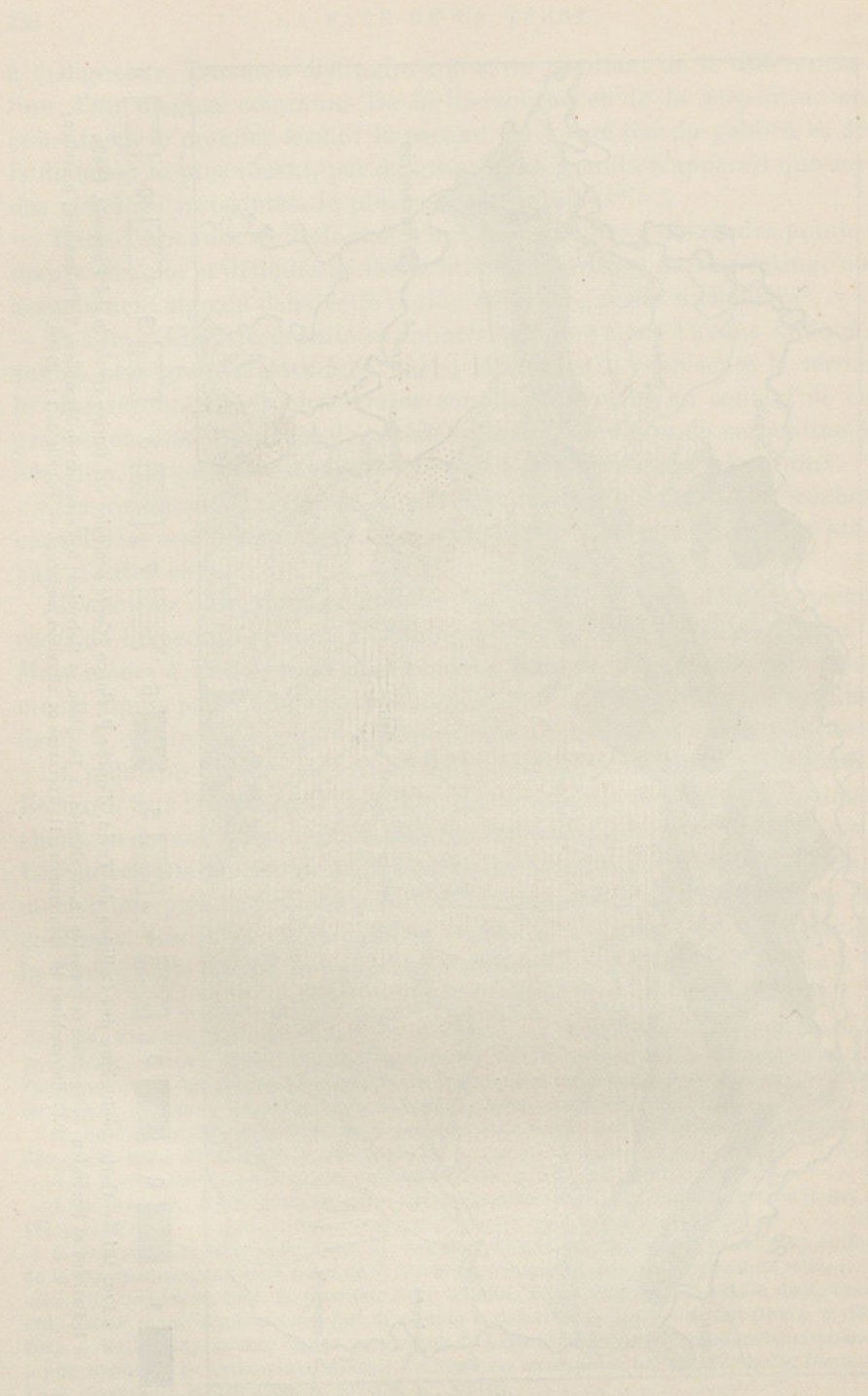
2. E. P. Vinassa de Regny, *Studi geologici sulle rocce dell' Appennino Bolognese* (Boll. Soc. Geol. Ital., XVIII, 1899, p. 15-32, pl. I).

3. B. Lotti, *Descrizione geologica dell' Isola d'Elba*, p. 110, 119, 179.

4. B. Gastaldi, *Studi geologici sulle Alpi Occidentali* (Mem. R. Comitato Geol. d'Italia, I, 1871, p. 32).

5. Traverso, *Le rocce della Valle di Trebbia*, p. 65. Cette difficulté ressort tout entière de la comparaison des deux notes de V. Novarese (*Nomenclatura e sistematica delle rocce verdi nelle Alpi Occidentali*, Boll. R. Comitato Geol. d'Italia, XXVI, 1895, p. 164-181) et de S. Franchi, *Notizie sopra alcune metamorfosi di eufotidi e diabasi nelle Alpi Occidentali* (Ibid., p. 181-204). — Kalkowsky montre que la serpentine de Ligurie passe par dynamo-métamorphisme à une néphrite; E. Kalkowsky, *Geologie des Nephrites im südlichen Ligurien* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch., LVIII, 1906, p. 307-378, pl. XVIII).

[6. P. Termier, *Sur les relations tectoniques de l'île d'Elbe avec la Corse et sur la situation de celle-ci dans la chaîne alpine* (C. R. Acad. Sc., CXLIX, 1909, 2^e sem., p. 11-14).]



CHAPITRE XIV

LES ALPES

II. — Partie orientale¹.

Limite Sud des Alpes Orientales. — Nappes lépontiennes. — Silvretta. — Alpes de la Mur. — Oetzthal, Ortler. — Disgrazia et Bernina. — Laas. — Les Tauern. — Les Alpes Calcaires Orientales. — Le Flysch et la bordure lépontienne.

Limite Sud des Alpes Orientales. — A beaucoup d'égards, les tâches qui, dans les Alpes, s'offrent au géologue à l'Est du Rhin, se présentent autrement qu'à l'Ouest de ce fleuve. L'étendue du territoire est très considérable. La jonction avec les Carpathes se produit d'une manière tout autre que le raccord avec l'Apennin, et sans la grande poussée à rebours (*Rückstau*). Les filons-couches basiques, comme ceux d'Ivrée au Sud-Ouest, font place à des intrusions tonalitiques et granitiques; et la ressemblance avec les granodiorites d'Amérique conduit à se demander si les andésites de l'extrémité orientale de la bande tonali-

[1. Traduit par Ch. Jacob. — Sur les nombreux problèmes que soulève l'étude de la chaîne des Alpes en général, et des Alpes Orientales en particulier, consulter: G. Steinmann, *Geologische Probleme des Alpengebirges. Eine Einführung in das Verständnis des Gebirgsbaues der Alpen* (Zeitschr. Deutsch. u. Oesterr. Alpenver., XXXVII, 1906, p. 1-44, 30 fig. dans le texte); Fr. Frech, *Über den Gebirgsbau der Alpen: I. Bildungsgeschichte der Alpen; II. Der Gebirgsbau der Ostalpen; III. Der Gebirgsbau der Westalpen, einschliesslich der Grenzgebiete* (Petermanns Mitteil., LIV, 1908, p. 219-229, 243-258, 267-283, pl. 17-26: carte, phot. et coupes); A. Penck, *Die Entstehung der Alpen* (Zeitschr. d. Gesellsch. f. Erdkunde, Berlin, 1908, p. 5-17); Ém. Haug, *Sur les nappes des Alpes Orientales et leurs racines* (C. R. Acad. Sc., CXLVIII, 1909, 1^{er} sem., p. 1476-1478), et *Les géosynclinaux de la chaîne des Alpes pendant les temps secondaires* (Ibid., p. 1637-1639); V. Uhlig, *Der Deckenbau in den Ostalpen* (Mitteil. Geol. Gesellsch. Wien, II, 1909, p. 462-491, pl. XVIII: coupe), et *Tektonisches Gut aus dem Schlussbande des « Antlitz der Erde » von E. Suess, II. Die Alpen, posthume Altiden und Analysen* (Ibid., III, 1910, p. 316-330); O. Wilckens, *Die Alpen in Schlussbande von Suess' Antlitz der Erde* (Geol. Rundschau, Zeitschr. f. allg. Geol., I, Leipzig, 1910, p. 29-34); P. Termier, *Le dernier volume de l'« Antlitz der Erde » d'Eduard Suess* (Annales de Géogr., XIX, 1910, p. 101-103 et 110-112.)]

tique (III, p. 468, fig. 76) ne feraient pas également partie de la ceinture intrusive, et si elles n'auraient pas avec celle-ci des rapports analogues à ceux qui existent, dans des proportions beaucoup plus grandioses, entre les andésites de la Chaîne des Cascades et les derniers affleurements méridionaux de la granodiorite colombienne. Leurs tufs et leurs brèches se trouvent dans le Miocène inférieur; et peut-être les sources voisines sont-elles un héritage que nous ont laissé ces phénomènes du temps passé¹.

L'ancienne subdivision des Alpes Orientales en Alpes Centrales, zone des grauwackes, zone calcaire et zone des grès (ou du Flysch), qui frappe les yeux sur la carte, indique une structure assez simple; mais le fait déjà cité plus haut que les lambeaux de recouvrement du Chablais atteignent le Rhätikon, en passant par-dessus les plis glaronnais, et même, comme nous pouvons tout de suite l'ajouter, qu'ils pénètrent sous le Rhätikon pour prendre part à la constitution du soubassement des Alpes Orientales, montre que la simplicité du tableau est trompeuse.

Les Dinarides s'avancent beaucoup plus loin vers le Nord que dans la partie occidentale. Il est certain qu'il n'existe aucune limite naturelle entre les Dinarides de la Grèce, de l'Albanie, de la Dalmatie, du Tyrol méridional et de la Lombardie. Des lignes directrices continues arrivent de très loin au Sud. Les plis se succèdent sans interruption ou se relayent. Au voisinage de la courbure concave, au Sud d'Idria, ils donnent lieu aux recouvrements décrits par Kossmat, lesquels ressemblent tout à fait à ceux que nous étudierons dans la concavité du coude des Appalaches². Dans la vallée de Vellach (Carinthie), tout le Trias

1. Fr. Teller, *Erläuterung zu Blatt Prassberg* (Geol. Karte der OEsterr.-ungar. Monarchie, Zone 20, Col. XII). In-8°, Wien, 1898, p. 101, 158-164.

2. Fr. Kossmat, *Ueberschiebungen im Randgebiete des Leibacher Moores* (C. R. IX^e Congrès Géol. Internat., Vienne, 1903, p. 507-520, pl. I, II : carte et coupes); le même, *Das Gebiet zwischen dem Karst und dem Zuge der Julischen Alpen* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., LV1, 1906, p. 259-276), et ailleurs. Dans son mémoire : *Die palaeozoischen Schichten der Umgebung von Eisern und Pölland, Krain* (Verhandl., 1904, p. 96), on remarque la discordance du Carbonifère supérieur des Altaïdes et le maintien du plan primitif, qui est un trait caractéristique des montagnes de l'Asie et qui se répète en Carinthie. [Sur la structure de cette partie des Dinarides, voir en outre les travaux suivants de Fr. Kossmat : *Beobachtungen über den Gebirgsbau des mittleren Isonzogebietes* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1908, p. 69-84, carte dans le t.); *Der küstenländische Hochkarst und seine tektonische Stellung* (Ibid., 1909, p. 85-124, carte géol. dans le t.); *Über das tektonische Verhältnis zwischen Alpen und Karst* (Mitteil. Geol. Gesellsch. Wien, II, 1909, p. 245-249). Pour des exemples de recouvrements venant de l'Est ou du Nord, dans les régions plus occidentales (Tyrol), consulter : L. Kober, *Das Dachsteinkalkgebirge zwischen Gader, Rienz und Boita* (Mitteil. Geol. Gesellsch. Wien, I, 1908, p. 203-244, pl. VIII-X : carte et coupes); M. Furlani, *Zur Tektonik der Sellagruppe in Gröden* (Ibid., II, 1909, p. 445-461, pl. XVI, XVII : phot. et coupes); M. Ogilvie Gordon, *Die Überschiebungsmassen am Langkofel und im oberen Grödner Tal* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1909, p. 297-300), et *The Thrust-Masses in the Western District of the Dolomites* (Trans. Edinburgh Geol. Soc., IX, Special part, 1910, VIII-91 p., 13 pl. dont 2 cartes, coupes et phot.).]

alpin est renversé vers le Nord, sous l'influence des Dinarides, et à 18 kilomètres plus à l'Ouest, au Sud de Waidisch, les Dinarides, d'après Teller, sur une certaine étendue, empiètent sur les Alpes. Du Carbonifère supérieur dinarique repose sur le Trias alpin¹. En ce point se réalise visiblement, sur une petite échelle, l'hypothèse de Termier du débordement des Alpes par les Dinarides. On doit admettre que les Alpes s'enfoncent sous les Dinarides, mais il n'est nullement prouvé que la limite dinarique se soit jamais trouvée beaucoup plus au Nord qu'à l'heure actuelle.

Plus à l'W.N.W., on arrive dans la région des longues fractures de la Drave et du Gail (I, p. 338). Jusqu'aux montagnes de Lienz domine dans les Alpes, près de la limite, le mouvement vers le Nord. A partir de là, le mouvement tourne au Sud; Geyer attribue ce fait à une poussée à rebours². La compression et l'érosion acquièrent alors une telle importance qu'il ne subsiste plus du Trias alpin que des racines très étroites, dont l'une atteint la ligne du Brenner près de Mauts (I, p. 340; III, p. 452). La même bande entoure le front des Dinarides et, toujours déversée vers le Sud, se prolonge encore sur 20 kilomètres plus au S.W., dans la direction de Meran (I, p. 320, fig. 54; p. 321, fig. 55).

Le front même, c'est-à-dire la partie extrême des Dinarides s'avancant vers le Nord, escorte la bande granitique de Brixen, dont la partie moyenne, plus large, traverse la route du Brenner au Nord de Franzensfeste.

Le granite se trouve compris entre les phyllades quartzifères dinariques et le gneiss phylliteux des Alpes. Il résulte des observations de Sander que ce granite traverse obliquement à leur direction les terrains dinariques, et qu'il les métamorphose latéralement et vers le toit, à la manière des batholithes. Par contre, il suit la direction des terrains alpins et se montre accompagné de ce côté par un liséré de gneiss tonalitique³. Par sa situation et surtout par son influence sur le toit, ce granite rappelle la zone d'Ivrée. Une fois solidifié, il a lui-même participé aux mouvements postérieurs; et ceux-ci ont produit, suivant des plans inclinés, un broyage de la roche.

1. Fr. Teller, *Erläuterung zu Blatt Eisenkappel und Kanker* (Geol. Karte der Oesterr.-ungar. Monarchie, Zone 20, Col. XI). In-8°, Wien, 1898, p. 18, 19; la diabase et les schistes verts qui se présentent sur plusieurs points de la limite sont considérés comme paléozoïques. La question n'est pas complètement élucidée; H. V. Graber, *Die Aufbruchzone von Eruptiv- und Schiefergesteinen in Süd-Kärnten* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XLVII, 1897, p. 231). — Teller a trouvé au Sud de Villach une intrusion tonalitique longue de 1 km., intermédiaire entre la tonalite d'Eisenkappel et celle de l'Iselthal.

2. G. Geyer, *Zur Geologie der Lienzen Dolomiten* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1903, p. 195).

3. B. Sander, *Geologische Beschreibung des Brixner Granits* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., LVI, 1906, p. 707-744, pl. XXI : carte).

La limite tourne alors pour prendre la direction N.N.E.-S.S.W.; elle est désormais parallèle aux Dinarides, mais non plus tout à fait aux Alpes, et il se produit des phénomènes instructifs, qu'ont fait connaître Stache, Lepsius, Salomon et surtout Hammer pour la partie alpine.

La direction des Alpes est troublée dans le voisinage de la limite (représentée ici par la ligne giudicarienne), en même temps qu'elle est déviée vers le N.N.E. De plus, la limite se montre par endroits presque verticale; sur quelques points où les affleurements sont particulièrement nets, les Alpes se penchent sur les Dinarides. Le gneiss alpin renferme de curieuses intercalations lenticulaires et concordantes d'olivine en plaquettes. Elles doivent leur forme, ainsi que le dit Hammer, à un étirement, qui a également donné sa structure au gneiss¹.

Les Dinarides englobent un long synclinal de terrains sédimentaires,

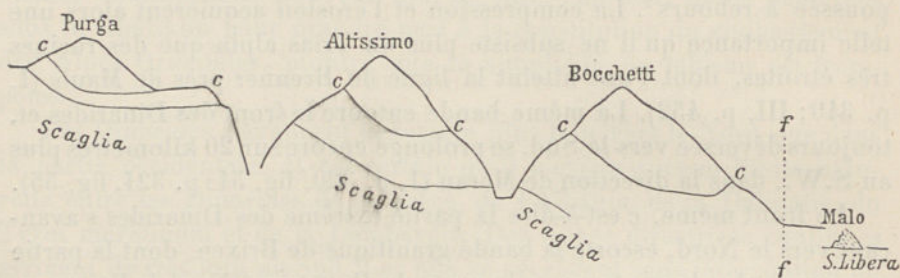


FIG. 162. — Coupe Est-Ouest à travers la région tertiaire du Vicentin, d'après un croquis de l'auteur.

Plissements perpendiculaires à la direction dinarique. Plongement général vers la fracture de Schio (f, f). c, c. Couche carbonneuse dans l'Éocène; près de Santa Libera, lambeau affaissé des Couches de Schio.

qui s'étend, parallèlement à la ligne giudicarienne, jusqu'à 14 kilomètres au Sud de Meran, et qui a été transporté en avant, sans aucune transformation dynamique notable. La série stratigraphique comprend, d'après les recherches de Vacek, tous les termes du Permien jusqu'à l'Oligocène; plus au Sud, elle embrasse également les couches de Schio². En même temps, les lignes divergentes de la Save et de l'Adige (III, p. 451) témoignent de la persistance du puissant mouvement d'ensemble jusqu'à une époque très tardive. Ces dernières font naître entre la ligne giudicarienne et la fracture de Schio un plissement subméridien.

1. W. Hammer, *Olivingesteine am Nonsberg, Sulzberg und Ultenal* (Zeitschr. f. Naturwis., LXXII, Stuttgart, 1899, p. 1-48, carte); et *Die krystallinischen Alpen des Ultenales*, I. *Das Gebirge südlich der Faltschauer* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., LII, 1902, p. 105-134); un tableau instructif d'une partie de la limite se dirigeant vers le Col du Tonale est donné par G. B. Trener: *Geologische Kartenskizze des nördlichen Abhanges der Presanellagruppe*, 1 : 100 000 (Ibid., LVI, 1906, p. 410).

2. M. Vacek, *Ueber die geologischen Verhältnisse des Nonsberges* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1894, p. 443); et les feuilles de Rovereto, Trient, Cles (Geol. Karte der Oesterr.-ungar. Monarchie, Zonen 20, 21, 22, Col. IV), dressées par le même géologue.

qui croise la direction normale des Dinarides (fig. 162). En dedans de ces lignes se trouve la partie Nord du Lac de Garde.

Les filons de porphyrite, de diorite, de kersantite et d'autres roches abondent dans une grande partie de la région méridionale des Alpes. Leur liaison avec les intrusions de la limite n'est pas démontrée avec une absolue certitude, quoique probable dans un grand nombre de cas. Ce ne sont généralement pas des filons-couches comme les roches vertes, mais des filons proprement dits, s'élevant de bas en haut dans des fractures; peut-être convient-il de les considérer comme des avant-coureurs des batholithes de l'Adda, au voisinage desquels nous arrivons maintenant¹.

Nappes lépontiennes. — Lorsque Gressly distingua, dans le terrain jurassique, un faciès marneux riche en Bivalves, il voulut caractériser ainsi une formation à laquelle correspondait, sur d'autres points, un sédiment synchronique d'une nature différente, très calcaire, par exemple, avec une faune distincte de la précédente. Ce seraient là, dans la nomenclature adoptée par Mojsisovics, deux faciès à la fois *hétéropiques* et *hétérotopiques*². L'apparition inattendue de formations hétéropiques a, tout l'abord, conduit à l'opinion que les Carpathes avaient été transportées sur une grande distance par-dessus les Sudètes; et une méthode analogue a permis d'interpréter les lambeaux de recouvrement du Dauphiné.

Une véritable hétérotopie hétéropique, c'est-à-dire la diversité de sédiments contemporains déposés sur des points éloignés, suppose toujours des transitions. A proprement parler, on ne devrait appliquer ces termes qu'à des formations dans lesquelles il n'y a pas de phénomènes accessoires. Et cependant, quoique Mojsisovics se soit refusé à ce que des « mélanges occasionnels » (*zufällige Beimengungen*), tels que des cendres volcaniques, puissent être considérés comme rentrant dans l'hétéropie, on ne peut guère, dans l'étude des Alpes, négliger d'utiliser de telles particularités, dont la présence des roches vertes constitue un exemple. Dans ce cas, les mêmes hypothèses ne peuvent naturellement pas servir pour les transitions latérales, les limites d'assises, etc.

La succession des couches dans le faciès helvétique et dans le faciès austro-alpin constituent deux séries différentes, qui semblent franchement hétéropiques. Elles ne sont d'ailleurs pas homogènes en

1. W. Hammer, *Vorläufige Mitteilung über die Neuaufnahme der Orblergruppe* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1906, p. 175). Riva décrit des roches analogues provenant du voisinage de l'Adamello, par exemple, une suldénite du Passo della Rossola : *Nuove osservazioni sulle Rocce filoniane del Gruppo dell' Adamello*. In-8°, Milano, 1897, p. 11.

2. Edm. Mojsisovics von Mojsvár, *Die Dolomit-Riffe von Südtirol und Venetien*. In-8°, Wien, 1879, p. 7.

elles-mêmes : une hétéropie secondaire très marquée apparaît, par exemple, dans le Trias et le Lias du Salzkammergut. En gros et provisoirement, on peut cependant les considérer comme des unités.

Entre les deux se présentent des nappes qui se distinguent en partie par des caractères accessoires, et qui ont été profondément modifiées sous des influences dynamiques ou autres. Leur faune, et peut-être même leur composition minérale originelle, sont souvent difficiles à reconnaître, tandis que la partie de la série helvétique qui affleure au Nord des grands mouvements, de même que la série austro-alpine, située bien au-dessus des surfaces de charriage, sont restées indemnes de telles transformations. Dans cet ouvrage, nous désignerons provisoirement sous le nom de *lépontien* tout ce groupe intermédiaire. Ce nom est destiné à disparaître avec le progrès des connaissances. Le faciès piémontais et celui du Briançonnais ont ici leur place, et l'on peut supposer que l'hétéropie du faciès helvétique et du faciès austro-alpin est compensée par des transitions insensibles à l'intérieur du groupe lépontien.

En Suisse, les lambeaux de recouvrement lépontiens, flottant sur les nappes helvétiques, sont, de l'Ouest à l'Est : Sulens, les Annes, les grands massifs du Chablais et des Alpes Fribourgeoises, puis les massifs plus petits de Giswyl, de Stanz, des Mythen, d'Iberg et enfin le Berglittenstein, près de Buchs, dans la vallée du Rhin. De l'autre côté du Rhin, les terrains qui les constituent se retrouvent dans le Falknis. Ils sont ensuite visibles le long du bord occidental du Rhätikon, et plus loin encore vers le Sud.

Dans cette région, les études sont assez avancées pour permettre de distinguer trois nappes à l'intérieur de la série lépontienne. Ce sont :

1° La nappe inférieure ou *nappe des Préalpes médianes*, Lugeon (Klippendecke, Steinmann). Elle est connue depuis le Chablais jusqu'au Rhätikon. Ses caractères les plus frappants sont fournis par des calcaires blancs tithoniques, associés à du Sénonien rouge (Couches rouges). Dans les coupes les plus complètes, à l'Ouest du Lac des Quatre-Cantons, par exemple, elle embrasse, d'après Buxtorf et Tobler, les formations suivantes : gypse du Trias, calcaire dolomitique des Spielgarten, couches rhétiennes et plusieurs niveaux du Jurassique, Sénonien et Flysch¹.

1. A. Tobler und A. Buxtorf, *Exkursions-Programm der Schweiz. geolog. Gesellschaft in der Klippenregion am Vierwaldstättersee* (Eclogæ Geol. Helv., IX, 1905, p. 1-53). [Sur les faciès et les faunes des couches jurassiques dans les Klippes voisines du Lac des Quatre-Cantons, voir Fr. Trauth, *Ueber den Lias der exotischen Klippen am Vierwaldstätter See* (Mitteil. Geol. Gesellsch. Wien, I, 1908, p. 413-485, pl. XV, XVI); J. Oppenheimer, *Ueber den Dogger und Malm der exotischen Klippen*, etc. (Ibid., p. 486-503); W. Schmidt, *Einige Rhätfaunen aus den exotischen Klippen*, etc. (Ibid., II, 1909, p. 203-212).]

2° La *nappe de la Brèche*, Lugeon, qui comprend de même la série des terrains depuis le Trias jusqu'au Sénonien rouge et au Flysch. Dans celle-ci, le Lias offre ce curieux développement des brèches qui réapparaît dans les racines situées entre la zone du Mont-Blanc et l'éventail houiller¹. Il convient en outre d'y signaler, dans la brèche du Lias, à cause de leur analogie avec les affleurements situés à l'Est, des bancs à *Pentacrinus tuberculatus*.

Il n'est guère douteux, d'après les recherches de Steinmann et de ses collaborateurs, que cette nappe ne s'enfonce, dans le Rhätikon, sous la nappe suivante, la nappe des roches vertes. Lorenz a observé cette superposition dans le Falknis², et Seidlitz l'a confirmée sur une grande étendue (fig. 163)³. Plus au Sud, dans les montagnes de la Plessur, la nappe de la Brèche, d'après Hoek, disparaît peu à peu⁴.

3° La *nappe des roches vertes* (ophiolithische, rhätische, vindelicische Decke, Steinmann). Elle ne fait pas tout à fait défaut à l'Ouest⁵, mais elle acquiert dans l'Est une importance beaucoup plus considérable. Steinmann l'a beaucoup étudiée. Les roches vertes (gabbro, serpentine, diabase) sont fréquemment accompagnées de roches à Radiolaires, de mer profonde et d'âge jurassique moyen ou supérieur; puis viennent des calcaires à *Aptychus*, des brèches crétacées, ainsi que le Sénonien

1. Pour la succession des couches, voir surtout, outre les travaux déjà signalés, F. Jaccard, *La région de la Brèche de la Hornfluh, Préalpes Bernoises* (Bull. Laborat. Géol. Univ. Lausanne, V, 1904, 205 p., 5 pl. : coupes et carte); [et *La Région Rubli-Gummfluh (Préalpes médianes) Suisse* (Bull. Soc. Vaudoise Sc. Nat., 5^e sér., XLIII, 1907, p. 407-548, pl. XXXIII-XXXIX : panoramas, coupes et carte géol.).] Pour les racines sur de longues distances jusque dans la Maurienne et la Tarentaise, voir Kilian et P. Lory, C. R. Acad. Sc., CXLII, 1906, 1^{er} sem., p. 359-360, et ailleurs : c'est la « Brèche du Télégraphe », dont Kilian a démontré l'âge liasique.

2. Lorenz, in G. Steinmann, *Geologische Beobachtungen in den Alpen, II* (Berichte Naturforsch. Gesellsch. Freiburg i. B., XVI, 1906, note de la p. 37).

3. W. von Seidlitz, *Geologische Untersuchungen im östlichen Rhätikon* (Berichte Naturforsch. Gesellsch. Freiburg i. B., XVI, 1906, p. 232-367, pl. VII-X).

4. H. Hoek, *Das zentrale Plessurgebirge. Geologische Untersuchungen* (Berichte Naturforsch. Gesellsch. Freiburg i. B., XVI, 1906, p. 367-448, pl. XII, XIII : cartes et coupes). On y trouve : la nappe des Klippes; la nappe de la Brèche, seulement indiquée; la nappe des roches vertes; puis un « Parpaner Zwischenstück », constitué par des couches de la série austro-alpine à partir de l'étage de Raibl, couronné par des Radiolarites (quoique avec des roches vertes, au sommet) et, au-dessus, la série austro-alpine normale. F. Jaccard signale le fait que dans les Alpes Fribourgeoises les blocs verts se trouvent au-dessous de la nappe de la Brèche; *La théorie de Marcel Bertrand, ou quelques réflexions sur la note de M. Steinmann...* (Bull. Laborat. Géol. Univ. Lausanne, VII, 1906, 15 p.). Il semble qu'il en soit de même, d'après Hoek, aux environs d'Iberg (Centralblatt f. Min., 1906, p. 461-465). On ne peut reconnaître s'il y a là, par exemple, des plis étirés.

[5. A. Jeannet, *La nappe rhétique dans les Préalpes vaudoises* (C. R. Acad. Sc., CXLVIII, 1909, 1^{er} sem., p. 246-248); F. Rabowski, *Sur l'extension de la nappe rhétique dans les Préalpes bernoises et fribourgeoises* (Ibid., p. 244-246). C'est dans la zone du Canavese, au Nord de Turin, entre la zone d'Ivrée et la zone du Piémont, qu'il convient de placer la racine de la nappe rhétique, comme le montre notamment la présence de radiolarites typiques; Em. Argand, *Sur la racine de la nappe rhétique* (Beitr. zur Geol. Karte der Schweiz, N. F. 4 XXIV, 1910, p. 17-19).]

rouge et un Flysch spécial. Les roches vertes ont été souvent fractionnées en blocs lors du charriage, ou transformées en schistes verts. Les calcaires à *Aptychus* peuvent, eux aussi, être considérés comme indiquant d'assez grandes profondeurs ¹.

Les nappes lépontiennes sont parfois accompagnées de très grands

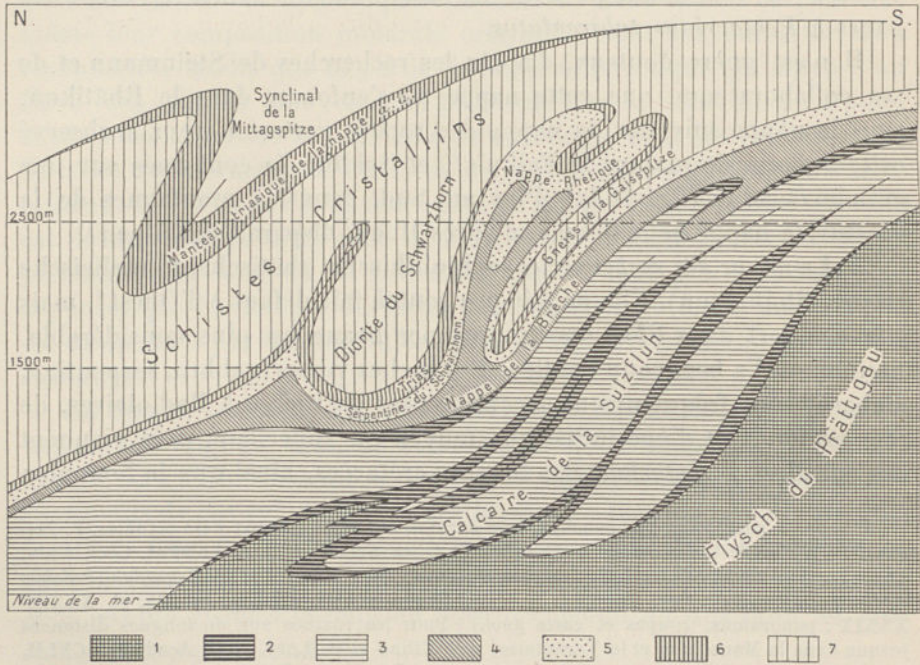


Fig. 163. — Schéma montrant la succession des nappes de recouvrement dans le Rhätikon, d'après W. von Seidlitz (*Berichte der Naturforsch. Gesellschaft zu Freiburg i. B.*, XVI, 1906, p. 350, fig. 20).

1. Schistes des Grisons (Nappe de Glaris?); 2. Couches rouges (Crétacé supérieur) et 3. Calcaires de la Sulzfluh (Tithonique) = nappe des Klippes; 4. Nappe de la Brèche; 5. Nappe rhétique; 6. Trias et 7. Schistes cristallins = nappe austro-alpine. — Échelle 1 : 50 000 (longueurs et hauteurs). La partie de la coupe comprise entre les lignes de 1 500 et 2 500 m. résulte d'observations directes (voir la fig. 1, pl. VII du même travail).

lambeaux de gneiss ou de granite arrachés à leur base, comme le montrent, en particulier, les recherches de Kilian et de P. Lory ².

L'accord semble établi pour admettre que la nappe de la Brèche

1. G. Steinmann, *Die geologische Bedeutung der Tiefseebildungen und der ophiolithischen Eruptiva* (*Berichte Naturforsch. Gesellsch. Freiburg i. B.*, XVI, 1905, p. 44-65). L'objection que les Ammonites auraient été des animaux vivant sur le fond de la mer ne me paraît pas décisive (*Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst.*, X, 1859, Verhandl., p. 5); pour la présence fréquente de Radiolaires dans les calcaires à *Aptychus*, voir Rüst, *Beiträge zur Kenntniss der fossilen Radiolarien aus Gesteinen des Jura* (*Paläontographica*, XXXI, 1885, p. 274).

2. W. Kilian et P. Lory, *Feuille du Grand Saint-Bernard au 320 000^e* (*Bull. Service Carte Géol. de la Fr.*, XVI, 1904-1905, n° 110, p. 452-456). [Voir aussi W. von Seidlitz, *Über Granit-Myonite und ihre tektonische Bedeutung* (*Geol. Rundschau, Zeitschr. f. allg. Geol.*, I, 1910,

provient de la zone du Briançonnais, à l'Est de la zone du Mont-Blanc, et qu'en général, l'origine des nappes est d'autant plus lointaine qu'elles sont plus élevées dans la série. Ceci est confirmé, pour la troisième nappe, par le fait qu'elle renferme des roches vertes originaires de la zone du Piémont. L'opinion souvent émise, en particulier par Lugeon et Argand, que cette nappe doit être considérée comme se reliant à l'extrême limite dinarique, c'est-à-dire à la bande calcaire qui longe la zone d'Ivrée, est à rapprocher de ce que nous avons dit précédemment sur la provenance de la Dent Blanche, dont l'origine serait analogue. Cette question ne sera peut-être jamais tranchée par l'observation directe. La continuité avec le Sud est détruite; mais, dans tous les cas, il faut bien qu'il y ait eu liaison autrefois entre les roches vertes. Comme les restes des nappes forment une traînée qui s'étend depuis le Léman jusqu'au Rhätikon, ce manteau continu a sans doute recouvert une grande partie de la Suisse, bien qu'une portion ait pu être entraînée encore plus loin vers l'extérieur, sous l'influence des derniers mouvements des Hautes-Chaînes.

Ainsi, tout l'espace qui s'étend depuis les Alpes Piémontaises jusqu'aux nappes et jusqu'au Rhätikon devient une fenêtre, déformée par les mouvements postérieurs.

Pénétrons maintenant dans les Alpes Orientales.

Silvretta. — Le Prättigau est un pays de montagnes et de collines verdoyantes, limité vers le Nord par les parois abruptes du Rhätikon et vers l'Est par le bord antérieur de la Silvretta. Nous avons déjà brièvement décrit cette région (I, p. 179, fig. 28). Les considérations qui suivent montreront à quel point, grâce au travail de nos collègues, les connaissances et les idées se sont étendues depuis le moment où a été écrit le chapitre auquel nous faisons allusion.

De la vallée du Rhône, depuis Sion et Viège, s'étend, par le Col des Nufenen, le Val Bedretto, Airolo et le Scopi, l'importante ligne directrice qui est marquée à l'Ouest par la zone interne du Flysch. Elle atteint, sous la forme d'un synclinal qui s'ouvre ou, si l'on veut, d'une racine située entre le Saint-Gothard et l'Adula, la région montagneuse qui sépare le Rhin antérieur du Rhin postérieur. Cette région montagneuse se relie par Coire au Prättigau.

C'est une vaste étendue de schistes des Grisons, formation très variée, tout à fait analogue au Flysch; ce terrain, d'après les fossiles qu'on y a rencontrés dans le Prättigau, doit être rapporté pour la plus grande partie au Crétacé inférieur.

p. 188-197), et *Sur les granites écrasés (mylonites) des Grisons, du Vorarlberg et de l'Allgäu* (C. R. Acad. Sc., CL, 1910, 1^{er} sem., p. 944-947).]

En approchant du pied du Rhätikon ou de la Silvretta, on atteint immédiatement les nappes lépontiennes. Près de Partnun, dans l'angle rentrant compris entre les pentes se dirigeant vers l'Ouest et celles qui vont vers le Sud, on aperçoit déjà de loin les blanches parois du Tithonique, qui plongent sous les roches cristallines des Alpes Orientales ¹. Plus loin, vers Arosa, dans l'Oberhalbstein, sur le versant occidental du Col du Julier, puis au-dessous de Gravesalvas sur le Lac de Sils et jusqu'au-dessus de Silvaplana, on peut suivre des portions plus ou moins considérables de la série lépontienne, ou du moins une bande de serpentine qui en représente le terme le plus élevé; et l'on peut

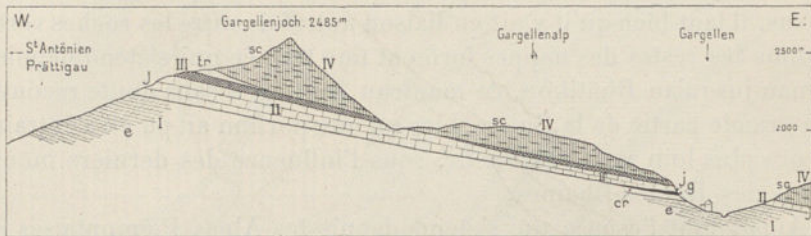


FIG. 164. — Coupe du Prättigau à la Fenêtre de Gargellen (Rhätikon), d'après W. von Seidlitz (*Berichte der Naturforsch. Gesellschaft zu Freiburg i. B.*, XVI, 1906, p. 324, fig. 13).

e. Flysch (Éocène); cr. Schistes à Globigérines (Crétacé); j. Calcaires de la Sulzfluh (Jurassique); tr. Trias (Synclinal de la Mittagspitze); sc. Schistes cristallins; g. Granite. — I. Substratum des nappes; II. Nappe des Klippes; III. Nappe de la Brèche et nappe rhétique; IV. Nappe austro-alpine. — Échelle de 1 : 40 000 (longueurs et hauteurs).

observer en même temps le plongement de cette série sous les Alpes Orientales.

Continuons, en partant de Partnun, notre trajet vers l'Est, vers l'intérieur de la Silvretta. Les altitudes augmentent; beaucoup de cimes dépassent 3 000 mètres; les champs de glace prennent plus d'étendue; nous sommes entourés de schistes à hornblende et de gneiss, dont la direction est à peu près E.-W. Enfin, après avoir traversé, sur 20 à 25 kilomètres, la partie la plus étroite et en même temps la plus haute de la Silvretta, nous voyons s'ouvrir la haute vallée de l'Inn et, à l'Est de la Silvretta, comme à l'Ouest près de Partnun, les nappes lépontiennes reparaissent sous le gneiss.

1. Il existe de ce territoire deux descriptions qui ne sont pas concordantes, le mémoire déjà cité de W. von Seidlitz et une note d'O. Ampferer, *Zur neuesten geologischen Erforschung des Rätikongebirges* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1907, p. 192-200). Malgré ces divergences, la coupe d'Ampferer n'en indique pas moins l'enfoncement du Tithonique, du Verucano, du Flysch à Fucoides et d'autres couches sous les roches cristallines des Alpes Orientales. Le Tithonique et les Couches rouges du Sénonien apparaissent d'ailleurs à Gargellen, dans une fenêtre, au-dessous du gneiss (fig. 164). [Voir aussi le panorama colorié géologiquement joint au mémoire de W. von Seidlitz, *Der Aufbau des Gebirges in der Umgebung der Strassburger Hütte an der Scesaplana* (Festschrift zum 25 jährigen Bestehen der Sektion Strass-

D'Ardez jusqu'en aval de Prutz, sur une longueur de 54 kilomètres, l'Inn coule dans les schistes des Grisons. Au-dessus reposent, dans la moitié méridionale de ce parcours, les nappes lépontiennes plus élevées.

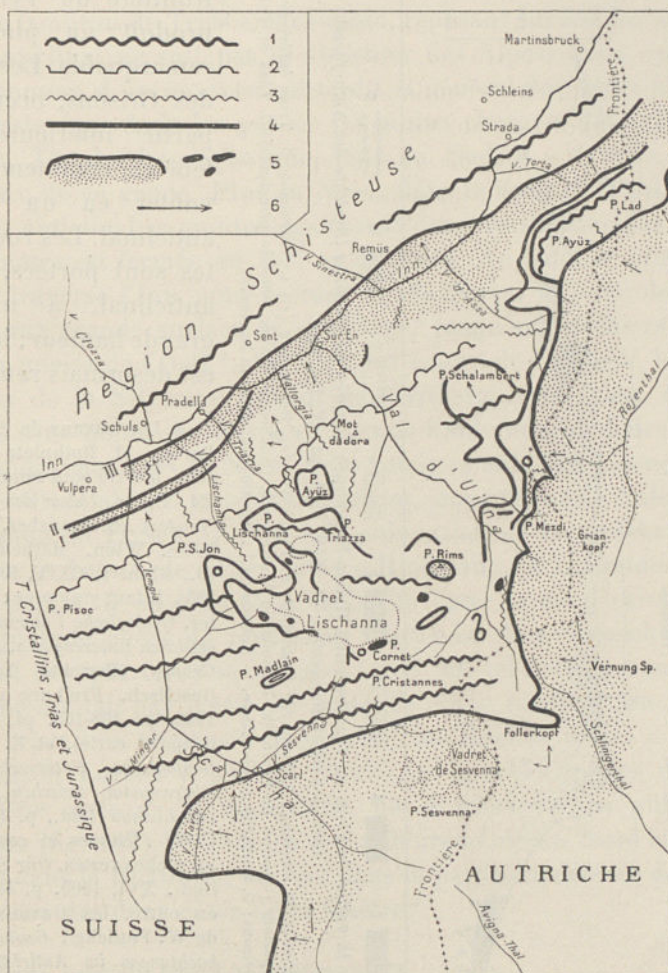


FIG. 165. — Croquis tectonique d'une partie de la Basse-Engadine, d'après W. Schiller (*Berichte der Naturforsch. Gesellschaft zu Freiburg i. B.*, XIV, 1904, p. 148, fig. 6).

1. Plis principaux; 2. Axe du synclinal triasique septentrional; 3. Plis secondaires; 4. Affleurement des surfaces de charriage; 5. Nappes et lambeaux de gneiss charriés; 6. Direction des poussées. — Échelle de 1 : 200 000.

On en trouve des traces jusqu'à Prutz. Et sur celles-ci vient, à l'Est, le gneiss des Alpes de l'Oetzthal, qui correspond au gneiss de la Silvretta à l'Ouest. Ces deux massifs encadrent une grande fenêtre (fig. 165). En

burg i. E. des Deutschen u. Oesterreichischen Alpenvereines. Strassburg, 1910. In-8°, p. 45-68, 7 pl. phot., 1 carte, 1 panorama.)]

outré, les roches vertes donnent à tout cet ensemble une analogie très frappante avec les roches vertes de la fenêtre du Paring (Aσ, p. 562) ¹.

Au voisinage de la frontière du Tyrol, il se produit un phénomène remarquable. Les schistes des Grisons, occupant la partie inférieure de la fenêtre, commencent à se voûter en un puissant anticlinal. Les roches vertes sont portées, sur cet anticlinal, à une très grande hauteur; la fenêtre est désormais remplie par

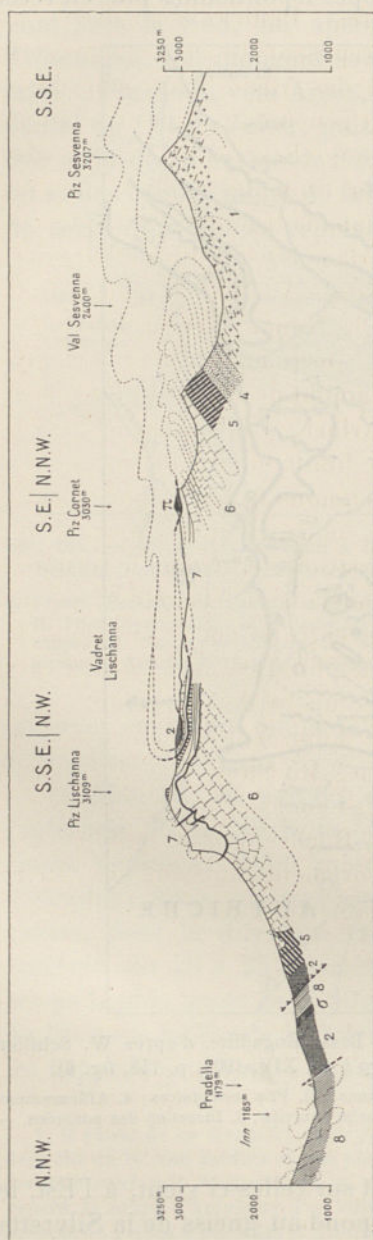


Fig. 166. — Coupe de la vallée de l'Inn au Piz Sesvenna (Basse-Engadine), d'après W. Schiller (*Berichte der Naturforsch. Gesellschaft zu Freiburg i. B.*, XIV, 1904, pl. IV, fig. 4).

1. Granite; 2. Gneiss et Schistes de Casanna; 3. Porphyre quartzifère et Porphyrite (σ); 4. Verrucano; 5. Trias inférieur et Muschelkalk; 6. Trias supérieur (Conches de Parmach, Dolomie du Wetterstein, Conches de Raibl, Dolomie principale); 7. Lias et Tithonique; 8. Schistes des Grisons; 9. Surfaces de charriage. — Échelle de 1 : 100 000 (longueurs et hauteurs).

blatt f. Mineralogie, 1910, p. 540-548). La découverte d'*Orthophragma* dans les schistes de la Basse-Engadine a définitivement confirmé leur assimilation au Flysch tertiaire des Grisons, en même temps que les vues de l'auteur sur la structure de cette « fenêtre ».]

un épais massif de montagnes formées en grande partie de schistes des Grisons, massif traversé par le cañon de Finstermünz et couronné de roches vertes; et, à une grande altitude au-dessus du bord de la fenêtre, au sommet de la Stammer Spitz (3 256 mètres), Paulcke a pu découvrir encore un lambeau de Trias austro-alpin, reposant sur les roches vertes.

Cet anticlinal ne suit pas la direction des Alpes, mais celle de la fenêtre, comme si un mouvement tardif et général des Alpes n'avait pu se manifester que dans les parties les moins chargées des schistes des Grisons ¹. Theobald indique que, plus au Sud, il y a deux ou trois anticlinaux de ce genre. Plus au Nord, dans le Kaunser Thal, près de Prutz, un anticlinal se montre également dans les schistes des Grisons.

La fenêtre est fermée au Sud et au Nord. Au Sud, le gneiss de la Silvretta traverse l'Inn pour former le Piz Nuna, et se prolonge, au-dessus d'une grande surface de charriage, jusqu'aux derniers affleurements du gneiss de l'Oetz ². Au Nord, en amont de Landeck, les roches anciennes de la Silvretta, venant de l'Arlberg, rejoignent celles de l'Oetzthal sans qu'on puisse tracer aucune limite intermédiaire ³.

En continuant vers le Nord, nous atteignons la large zone calcaire des Alpes Orientales; si nous la traversons, nous voyons s'étaler devant nous la zone du Flysch, qui est la continuation de la zone helvétique. Mais dans le bassin de l'Iller, près d'Hindelang, à Oberstdorf et sur d'autres points, il se produit, à la limite entre la zone calcaire et le Flysch, quelque chose de tout à fait inattendu. Des micaschistes, des diorites et des quartzites se montrent avec un tel développement, que Gümbel ne doutait pas d'être en présence d'une réapparition des vrais schistes cristallins anciens ⁴. D'ailleurs, les Roches vertes y existent également, et Lorenz y a aussi trouvé les couches rouges du Sénonien ⁵. Une carte de la répartition des Roches vertes, publiée par Steinmann (fig. 167), en indique des affleurements au Nord sur l'Iller, à l'Ouest dans le Rhätikon, au Sud dans la partie supérieure de l'Engadine et aussi des deux côtés de la fenêtre ⁶.

1. Ed. Suess, *Ueber das Innthal bei Nauders*, p. 725.

2. W. Schiller, *Geologische Untersuchungen im östlichen Unterengadin, I. Lischannagruppe* (Berichte Naturforsch. Gesellsch. Freiburg i. B., XIV, 1904, p. 107-180, pl. IV-VIII: carte, coupes et phot.), et II. *Piz Lad-Gruppe* (Ibid., XVI, 1906, p. 108-163, pl. III et VI: coupes et cartes); A. Spitz und G. Dyrenfurth, *Anzeiger d. k. Akad. Wiss. Wien*, 7 nov. 1907, p. 424-427.

[3. Le renversement de la série cristalline vers le Nord est général dans cette bande de jonction: J. Blaas, *Ein Profil im vordern Pitztale* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1909, p. 197-199).]

4. W. Gümbel, *Das Auftreten kristallinischer Schiefer im Rettenschwanger Thale bei Hindelang* (Geogn. Jahreshfte, I, 1888, p. 170-172); pour une description pétrographique, voir K. A. Reiser, *Ueber die Eruptivgesteine des Algäu* (in Tschermak, *Mineralog. Petrogr. Mittheil.*, X, 1889, p. 500-548, pl. X).

5. Th. Lorenz, *mém. cité*, p. 71.

6. G. Steinmann, *Geologische Beobachtungen in den Alpen, I* (Berichte Naturforsch. Gesellsch. Freiburg i. B., X, 1900, p. 258, pl. I).

Tout l'espace comprenant les groupes de Davos, de la Silvretta, de l'Arberg et les Alpes Calcaires flotte sur les nappes lépontiennes. C'est un fragment occidental de la nappe austro-alpine. La distance du Lac

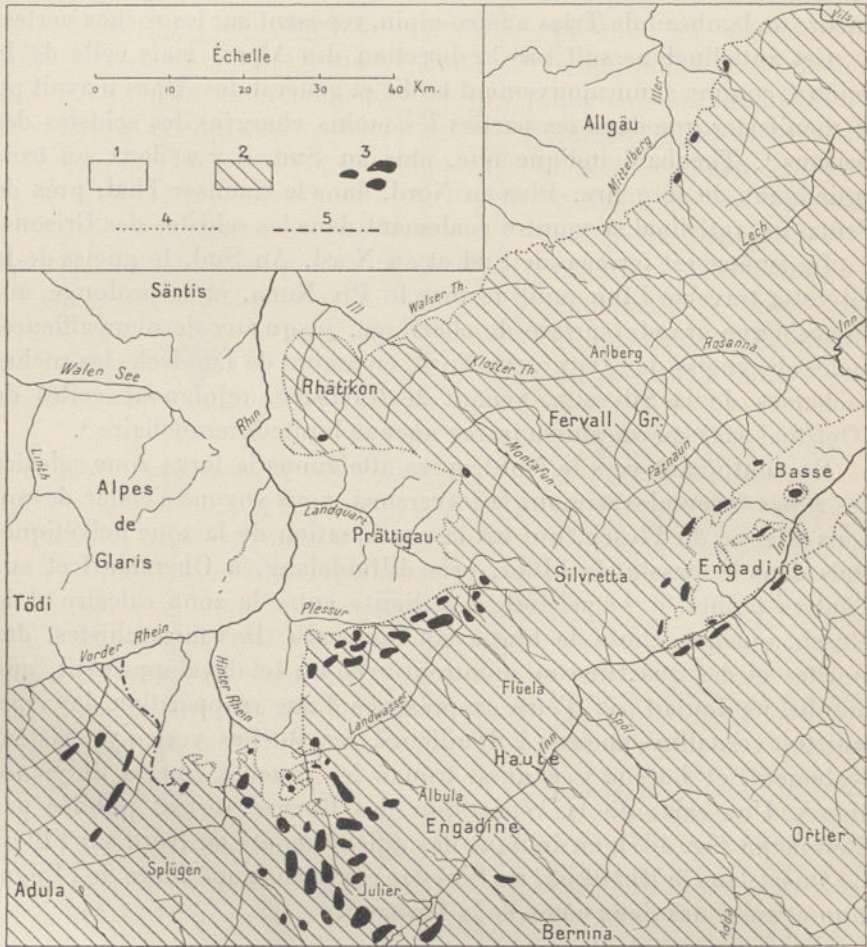


FIG. 167. — Répartition des Roches vertes dans la Suisse Orientale et les régions voisines, d'après G. Steinmann (*Berichte der Naturforsch. Gesellschaft zu Freiburg i. B.*, X, 1900, Taf. I, p. 21).

1. Terrains autochtones et Nappes Helvétiques (Mollasse, Flysch, Crétacé, etc.); 2. Nappes Lépontiennes et Austro-Alpines; 3. Principaux affleurements de roches éruptives basiques récentes (Ophiolites); 4. Ligne de contact anormal (charriage) entre les Nappes Lépontiennes ou Austro-Alpines et le Flysch; 5. Limite probable du Flysch tertiaire et des schistes mésozoïques. — Échelle de 1 : 1 000 000.

de Sils, dans l'Engadine, jusqu'à Oberstdorf en Bavière mesure plus de 120 kilomètres. Là, près d'Oberstdorf, se trouve, sous la nappe austro-alpine, un liséré lépontien; et, au-dessous de ce liséré, le Flysch représente la série helvétique.

Rothpletz, à qui revient le mérite d'avoir visé à une synthèse de plus en plus vaste, en a conclu que tout le bord Nord des Alpes Orientales doit s'être déplacé en masse (*verlagert*) lors du chevauchement¹.

Tandis que dans le Chablais, dans les Alpes Fribourgeoises et dans toutes les régions de nappes lépontiennes dont nous avons eu à nous occuper jusqu'à présent, il n'y avait à considérer que des séries sédimentaires d'une faible puissance, accompagnées tout au plus de lambeaux de poussée (*Grundsollen*) de terrains cristallins anciens, — la surface de charriage intéresse désormais des parties beaucoup plus profondes : de grandes masses de gneiss et de granite ont été entraînées vers le Nord avec la zone calcaire des Alpes Orientales qui les recouvre et qui, elle-même, avait été déjà plissée antérieurement. Au Nord cependant, le gneiss manque dans le substratum, probablement parce que le plan de charriage se relevait de bas en haut dans cette direction.

Alpes de la Mur. — La fenêtre de l'Inn est une des grandes interruptions qui morcèlent l'immense nappe des Alpes Orientales. Les Tauern constituent une seconde fenêtre, encore plus étendue. Déjà, lors des premiers essais systématiques, entrepris il y a plus de cinquante ans, et longtemps avant que la conception de la structure symétrique des Alpes eût été ébranlée, on avait remarqué que la chaîne désignée sous le nom de chaîne centrale (*Central-Kette*) comprenait deux parties, à savoir : d'une part, la haute chaîne saillante des Tauern, constituée par un noyau de gneiss central (*Central-Gneiss*) avec une enveloppe de schistes (*Schieferhülle*), et, d'autre part, en contraste avec celle-ci, une vaste région, très étendue en Styrie, notamment, ne contenant pas de gneiss central et ne possédant point une structure aussi simple, concentrique en quelque sorte.

Les roches des Tauern se retrouvent cependant vers l'Est; elles sont encore très nettes au Semmering; et, au Sud-Ouest des Tauern, se pose la question connexe de l'âge de la bande des marbres de Laas, dont la solution permettrait en même temps de décider si la grande nappe austro-alpine, jusqu'à l'Adda, est plus ou moins distinctement *partagée en deux moitiés* sur toute sa longueur, suivant une direction oblique allant du S.W au N.E.

En tous cas, la vue d'ensemble nous sera facilitée par la mention que nous faisons de cette circonstance, en énumérant les détails. Toutes les parties dont il a été question jusqu'ici, Selvretta, Arlberg, Alpes Calcaires et Oetzthal, appartiennent à la moitié septentrionale; elle est

1. A. Rothpletz, *Geologische Alpenforschungen*, I. *Das Grenzgebiet zwischen den Ost- und West-Alpen und die Rhaetische Ueberschiebung*. In-8°, München, 1900, p. 163.

plus étendue à l'Ouest. En revanche, la moitié méridionale atteint à l'Est sa plus grande largeur; nous l'aborderons en partant de la plaine hongroise. —

Jusqu'à une grande distance en dehors des montagnes, des ilots de terrains anciens surgissent du milieu de la plaine. Ils commencent déjà, vers le Sud, à l'Est de Gleichenberg, et se poursuivent vers le N.N.E. jusqu'aux montagnes de Güns, puis vers le N. jusque sur la rive occidentale du Lac de Neusiedl¹. Ils sont associés à des roches éruptives récentes et à une ligne de sources carbonatées, qui s'étend également jusqu'au bord occidental du lac.

Les roches de ces ilots sont des micaschistes avec peu de gneiss. Une longue bande de schistes argileux micacés, de micaschistes calcaires, de chloritoschistes et de serpentine, qui s'oriente du S. au N., pénètre près de Bernstein dans les Alpes, et reste discernable jusque dans le Rosalien-Gebirge. Enfin K. Hoffmann a trouvé près de Khofidis, à l'Ouest de Steinamanger, des fossiles que Toula a déterminés comme dévoniens².

Le contour de la région montagneuse ne correspond pas à la direction des plis, mais provient d'effondrements, affectant la forme de golfes (I, p. 174, 403, 449).

Examinons la région montagneuse, par exemple près de Gratz.

Des montagnes de hauteur médiocre, recouvertes de forêts, nous entourent. De larges vallées, bien peuplées et de pente moyenne, les séparent; et l'on se croirait plutôt dans une contrée varisque que dans les Alpes. Des montagnes d'un aspect analogue s'étendent loin vers l'Ouest. Elles forment le bassin de la Mur; c'est pourquoi le nom d'Alpes de la Mur (*Muralpen*) leur a été attribué.

Hoernes, Penecke et Heritsch montrent qu'il existe aux environs de Gratz un Silurien peu différencié, et, sur celui-ci, un riche développement, presque sans lacunes, du Dévonien, jusqu'aux calcaires à Clyménies inclusivement. La série repose en discordance sur les roches plus anciennes; le terme le plus profond (*Grenzphyllit*) a fourni des Crinoïdes. La série est affectée de quelques larges plis, de direction N.E., et est traversée par des failles³. La ressemblance de ce Dévo-

1. F. Stoliczka, Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., XII, 1861-1862, p. 114; *Bericht über die im Sommer 1861 durchgeführte Uebersichtsaufnahme des südwestlichen Theiles von Ungarn* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XIII, 1863, p. 1-25); la *Geologische Uebersichts-Karte der österreichisch-ungarischen Monarchie* de F. von Hauer (1 : 576 000) représente la plus grande partie du territoire dont il est question dans ce chapitre. Diener a réuni, dans un excellent tableau d'ensemble, les données que l'on possède sur les Alpes de la Mur (*Bau und Bild von Oesterreich*, Wien, 1903, p. 410-474).

2. Polypiers et articles de Crinoïdes; K. Hoffmann, Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1877, p. 16; Fr. Toula, *Ueber Devon-Fossilien aus dem Eisenburger Comitete* (Ibid., 1878, p. 47-52). J'ai trouvé à l'Est de Rechnitz un petit pointement de calcaire à Crinoïdes foncé.

3. K. A. Penecke, *Das Grazer Devon* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XLIII, 1893, p. 567-

nien avec celui des régions extra-alpines est si prononcée que Stur a supposé qu'il se rattachait au Dévonien des Sudètes ¹.

Une transgression supracrétacée s'observe en outre sur les bords de la Kainach, à l'Ouest de Gratz. Cette transgression revêt le faciès méridional (faciès de Gosau), et ses couches sont également affectées de légères ondulations de direction N.E. ².

Plus à l'Ouest apparaissent, en même temps que les montagnes s'élèvent, des micaschistes et des gneiss; les plis se serrent davantage, et les roches à sérécité, de même que les calcaires marmorisés, deviennent plus abondants; néanmoins, on se trouve toujours dans le même élément tectonique des Alpes. Quelques roches caractéristiques de la région de Gratz, comme les schistes verts de Semriach, qui appartiennent à un niveau du Silurien plus ancien que l'horizon à *Pentamerus pelagicus* Barr., sont connues très loin à l'Ouest. Toula a été assez heureux pour trouver des traces du Dévonien moyen encore déterminable sur la Grebenze, entre Murau et Neumarkt, dans la haute vallée de la Mur; et l'on peut déduire des travaux de Geyer que les mêmes formations se présentent au Nord jusqu'à Ober-Wölz, à l'Ouest jusqu'au delà de Murau, au Sud jusqu'à proximité de Friesach ³. Ces données permettent d'attribuer au Dévonien une étendue de 100 kilomètres environ à l'Ouest de Gratz.

Sur la Stangalpe, au Sud-Ouest du territoire dévonien qui vient d'être mentionné, on voit apparaître un autre témoin de la série paléozoïque, annonçant un élément tectonique différent. Au-dessus d'une série comprenant des micaschistes, avec un peu de gneiss et un calcaire d'âge indéterminé, repose de l'anthracite, associé à la flore du Carbonifère moyen ou supérieur ⁴.

Tournons-nous maintenant vers le Sud.

Nous sommes tout d'abord frappés par le fait que des couches marines, fossilifères, du deuxième étage méditerranéen s'étendent dans

616, pl. VII-XII); F. Heritsch, *Studien über die Tektonik der palaeozoischen Ablagerungen des Grazer Beckens* (Mittheil. Naturwis. Ver. für Steiermark, 1905, p. 170-224), et *Bemerkungen zur Geologie des Grazer Beckens* (Id., 1906, p. 96-184). M. Vacek arrive à des résultats différents : *Bemerkungen zur Geologie des Grazer Beckens* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1906, p. 203-238).

1. D. Stur, *Geologie der Steiermark*. In-8°, Gratz, 1871, p. 122, et ailleurs.

[2. W. Schmidt, *Die Kreidebildungen der Kainach* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., LVIII, 1908, p. 223-246, pl. IV-VI, dont carte et coupes).]

3. Fr. Toula, *Die Kalke der Grebenze im Westen des Neumarkter Sattels in Steiermark* (Neues Jahrb. f. Min., 1893, II, p. 169-173). Geyer considère ces calcaires comme siluriens, parce qu'ils sont recouverts par les schistes de Semriach; G. Geyer, *Ueber die Stellung der altpalaeozoischen Kalke der Grebenze in Steiermark* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1893, p. 406-415); les raisons paléontologiques données par Toula me paraissent décisives.

4. V. Pichler, *Die Umgebung von Turrach in Ober-Steiermark in geognostischer Beziehung, mit besonderer Berücksichtigung der Stangalpner Anthracitformation* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst.

le Lavantthal jusque sur le versant occidental de la Koralpe, de telle sorte que cette large vallée doit être d'âge ancien¹.

A l'Ouest de ce point, c'est-à-dire au Nord de Völkermarkt et de Klagenfurt, on atteint des lambeaux de Trias nord-alpin qui sont enfoncés dans les terrains anciens; ce sont des fragments de la bande triasique de la Drave². Sur ce Trias reposent les couches de Gosau; et sur celles-ci vient l'Éocène, débordant encore vers le Nord sur les formations antérieures. Cet Éocène se compose d'argiles bariolées et de lignites associés à *Ostrea Roncana*, *Natica Vulcani*, etc., et parallélisés par Oppenheim avec celui d'Al Pulli près de Valdagno, enfin de bancs à Nummulites. Toutes ces couches sont médiocrement plissées.

La présence de ces dépôts transgressifs, variés et riches en fossiles, rend très improbable l'hypothèse qu'un élément montagneux important, tel que les Dinarides, ait jamais été charrié par-dessus la région moyenne des Alpes de la Mur, qui ont ici plus de 100 kilomètres de largeur. Elle prouve en même temps que la longue zone de Trias nord-alpin qui accompagne au Nord la limite dinarique et qui, dans la vallée de la Gurk, se rencontre encore à 47 kilomètres au Nord de cette limite, appartient également aux Alpes de la Mur. On voit en outre apparaître entre le Trias et les Dinarides, dans la vallée du Gail, une longue voûte de micaschistes et de gneiss qui fait, elle aussi, partie des Alpes de la Mur. De plus, les hautes montagnes qui s'élèvent au Nord du Trias de la vallée du Gail, comme le Kreuzeck au Sud des Tauern, diffèrent des Tauern par leurs terrains, ainsi qu'on l'a reconnu depuis longtemps, et elles forment un prolongement occidental des Alpes de la Mur. Les lambeaux affaissés de Trias des environs de Lienz reproduisent, avec de plus grandes proportions, ceux que l'on rencontre sur la Gurk.

Cette partie méridionale de la nappe austro-alpine comprend donc : le massif dévonien de Gratz et tout l'espace qui s'étend depuis le Bacher-Gebirge jusqu'au Semmering, les Alpes de la Mur, le Kreuzeck, le Trias des bords de la Drave jusqu'au delà de Lienz, puis la bande étroite de roches anciennes qui sépare ce Trias des Dinarides.

On pourrait croire dès lors que les couches paléozoïques des Alpes

IX, 1858, p. 185-228); Stur, *Funde von untercarbonischen Pflanzen der Schatzlauer Schichten am Nordrande der Centralkette in den nordöstlichen Alpen* (Ibid., XXXIII, 1883, p. 194); F. v. Kerner (Verhandl., id., 1895, p. 324); W. A. Humphrey, *Ueber einige Erzlagerstätten in der Umgebung der Stangalpe* (Jahrb., id., LV, 1905, p. 349-368, pl. VIII, IX : carte et coupes).

1. H. Höfer donne des exemples de cette faune très riche : *Das Miocän von Mühldorf in Kärnten* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XLIII, 1892, p. 311-324).

2. H. Höfer, *Die geologischen Verhältnisse der St. Pauler Berge in Kärnten* (Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturw. Cl., CIII, Abth. I, 1894, p. 467-487); K. A. Redlich, *Die Geologie des Gurk- und Görtschitztales* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., LV, 1905, p. 329-348, pl. VI, VII : coupe et carte). Pour les ressemblances avec le Nord, voir surtout A. Bittner, *Die Trias von Eberstein und Pölling in Kärnten* (Ibid., XXXIX, 1889, p. 483-488).

de la Mur se relie directement à celles que surmontent les Alpes Calcaires Septentrionales et que les lambeaux de Trias du Sud, avec leur faciès septentrional, se continuent directement dans les Alpes Calcaires Septentrionales. *Il n'en est cependant pas ainsi.*

Recommençons notre examen par l'Est.

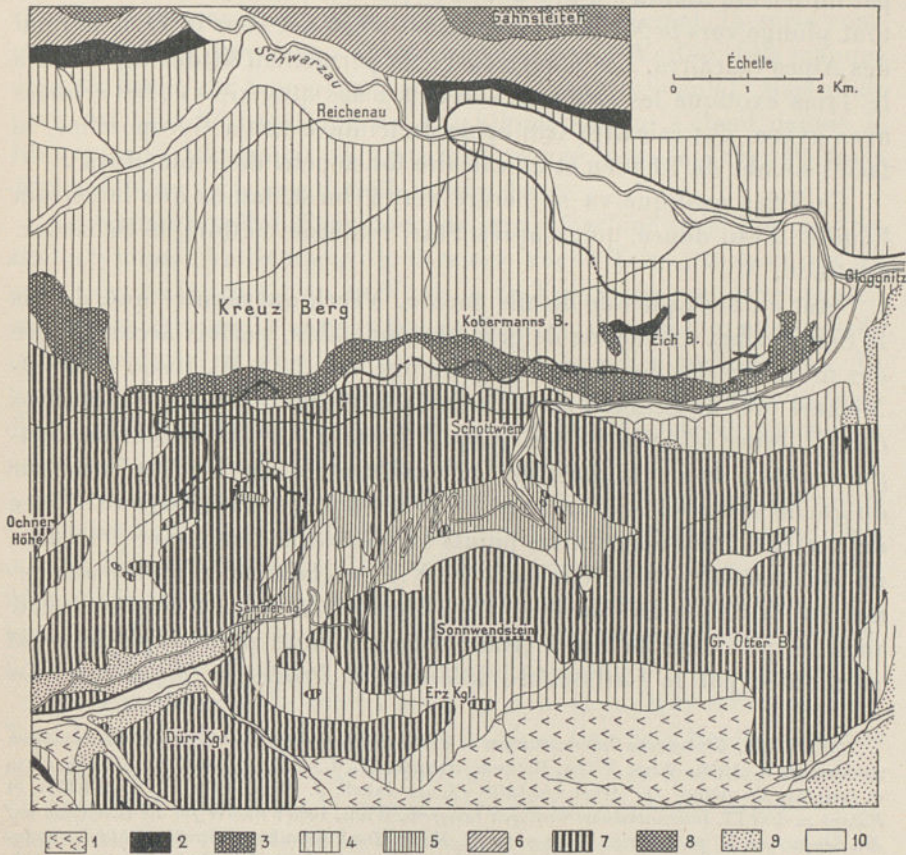


Fig. 168. — Carte géologique des Environs du Semmering, d'après Fr. Toula (*IX. Internationaler Geologen-Congress, Führer für die Exkursion auf den Semmering*. In-8°, Wien, 1903).

1. Gneiss et quartzophyllades; 2. Horizon des minerais de fer; 3. Terrain houiller; 4. Schistes gris et verts, phyllades et grauwackes; 5. Schistes à séricite du Semmering; 6. Schistes de Werfen; 7. Calcaires du Semmering; 8. Trias de la zone calcaire septentrionale; 9. Néogène; 10. Alluvions.
- Échelle de 1 : 100 000.

Déjà au *Semmering* se produisent des circonstances inattendues (fig. 168). Dans la zone rocheuse traversée par le chemin de fer domine un pendage général vers le N. En partant du Sud, on rencontre d'abord des roches cristallines; puis vient une zone de Trias, dont le développement diffère de celui des Alpes Calcaires Septentrionales voisines; ce Trias plonge vers le N. sous une zone de schistes graphitiques et de

quartzites, dans laquelle Toula a découvert une flore carbonifère; celle-ci s'enfonce à son tour sous une zone de schistes d'âge indéterminé, qui forme elle-même le soubassement du Trias des Alpes Calcaires Septentrionales. Il y a par conséquent deux zones de Trias : le Trias du Semmering et le Trias typique des Alpes Orientales, séparées l'une de l'autre par du terrain houiller d'eau douce et par des schistes divers. Comme tout plonge vers le N., le Trias exotique s'enfonce sous le Trias normal des Alpes Calcaires. Les études de Toula permettent de distinguer dans le Trias exotique les éléments suivants : des quartzites et des schistes avec gypse, des calcaires très épais de teinte claire à Gyroporelles, le faciès souabe du Rhétien et un calcaire foncé pétri de Pentacrines¹.

Ce Trias exotique va se perdre vers l'Ouest, tandis que le terrain houiller d'eau douce, qui, d'après Stur, renferme la flore de Schatzlar, continue.

Stur et, avec plus de détails encore, Vacek ont montré que, depuis le Semmering, une bande de graphite semblable, parfois accompagnée des mêmes restes de plantes, se prolonge vers le S.W. jusqu'à Sankt-Michael près de Leoben, et se dirige de là vers le N.W., par les vallées de la Liesing et de la Palten, jusqu'à Irdning sur l'Enns, sur une longueur totale de 150 kilomètres². Son substratum, au Sud, est formé par du gneiss et des schistes anciens. On avait bien constaté aussi que l'allure des couches indiquait, sur les points où elle était connue avec précision, un plongement vers le N.E. ou le N.W., sous la zone de roches anciennes qui fait suite au Nord³; mais à Heritsch revient le mérite d'avoir montré que, dans la Sunk (Haute-Styrie), cette zone graphitique est surmontée par le Carbonifère inférieur à *Productus giganteus*⁴. La

1. Fr. Toula, *Geologische Untersuchungen in der « Grauwackenzone » der Nordöstlichen Alpen* (Denkschr. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturw. Cl., L., 1885, II. Abth., p. 121-184, carte et coupes); le même, *Die Semmeringkalke* (Neues Jahrb. f. Min., 1899, II, p. 153-163), et *Führer zu dem IX. Internationalen Geologen Congress*, Wien, 1903 : *Führer für die Exkursion auf den Semmering*, 50 p., 1 carte. [Voir aussi H. Mohr, *Zur Tektonik und Stratigraphie der Grauwackenzone zwischen Schneeberg und Wechsel, N.-Oe.* (Mitteil. Geol. Gesellsch. Wien, III, 1910, p. 104-213, pl. VI-X : coupes et carte géol.)]

2. D. Stur, *Funde von untercarbonischen Pflanzen der Schatzlarer Schichten am Nordrande der Centralkette in den nordöstlichen Alpen* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XXXIII, 1883, p. 189-206); H. Baron von Foullon, *Ueber die petrographische Beschaffenheit der krystallinischen Schiefer der untercarbonischen Schichten... in Obersteiermark* (Ibid., p. 207-252); M. Vacek, nombreuses publications, en particulier *Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst.*, 1884, p. 390; 1886, p. 71; 1893, p. 483; voir aussi C. v. John, *Ueber Steirische Graphite* (Ibid., 1892, p. 413-418), et R. Hoernes, *Metamorphismus der obersteirischen Graphitlager* (Mittheil. Naturw. Ver. Steiermark für 1905, p. 90-131). Le gneiss de Blasseneck, souvent mentionné, est, d'après de récentes recherches, un quartzite à séricite avec un peu de feldspath. [Voir K. A. Redlich, *Über die wahre Natur der Blasseneckgneiss am Steirischen Erzberg* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1908, p. 339-341).]

3. Voir, par exemple, la carte de M. Vacek, *Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst.*, 1895, p. 299; gîtes minéraux de Kallwang; K. A. Redlich, *Berg- u. Hüttenm. Jahrb. d. Montanlehranst. Leoben u. Przibram*, 1903, pl. I : carte et coupe des mines de cuivre de Radmer.

4. F. Heritsch, *Anzeiger d. k. Akad. Wiss. Wien*, 21 März 1907. [Voir aussi Fr. Heritsch,

série austro-alpine : Silurien-Dévonien-Carbonifère inférieur-Trias, repose sur du Carbonifère moyen ou supérieur d'eau douce. Ce résultat nous permet de faire un pas important dans l'analyse des Alpes Orientales.

La série paléozoïque ancienne s'avance jusque dans le Tyrol Oriental, sur le bord Sud des Alpes Calcaires Septentrionales. Elle forme le soubassement des Alpes Calcaires, qui surmontent elles-mêmes ce substratum en discordance, mais suivant un lien original, la série commençant par le Verrucano ou par les schistes de Werfen. Elle manque dans la coupe du Semmering et dans le Tyrol Occidental. Mais nulle part, sur tout l'espace long de 480 kilomètres qui s'étend depuis le Rhin jusqu'à Gloggnitz, on n'a jamais trouvé, sous le Trias, de trace de graphite ou de terrain houiller d'eau douce.

Le terrain houiller d'eau douce se sépare partout de la série austro-alpine typique. Au Semmering, il repose sur le Trias exotique, ou du moins on ne le trouve qu'au Nord de ce Trias exotique; nous le rencontrerons avec du Trias exotique au Brenner; dans la longue bande de la Haute-Styrie, il n'est pas associé à des couches mésozoïques. Au Sud, sous le Trias de la bande de la Drave, on ne voit aucune trace des terrains paléozoïques, quoique ceux-ci soient si développées tout près de là, dans la Chaîne Carnique (Dinarides).

De cette manière se séparent deux formations, qui comprennent respectivement : la première, un substratum cristallin, une série marine Silurien-Dévonien-Carbonifère inférieur, puis tout le Trias des Alpes Orientales; la seconde, un substratum cristallin et du terrain houiller d'eau douce appartenant à l'étage de Schatzlar (niveau de la flore d'Ottweiler d'après d'autres déterminations).

La répartition de la série I et de la série II est très remarquable : Tout le Nord est occupé par la série I (Alpes Calcaires Septentrionales et leur bordure méridionale formée de terrains paléozoïques anciens, cet ensemble constituant la moitié Nord de la nappe des Alpes Orientales). Au Sud vient la série II (Semmering, bande graphitique de la Haute-Styrie, Turrach, Brenner). Plus au Sud encore, on retrouve des représentants de la série I (Silurien et Dévonien de Gratz, s'avancant jusqu'à la Grebenze), puis le Trias nord-alpin de la chaîne de la Drave, depuis le Bachergebirge jusqu'au Brenner (moitié Sud de la nappe des Alpes Orientales).

Geologische Studien in der « Grauwackenzone » der nordöstlichen Alpen, I. Die geologischen Verhältnisse der Umgebung von Hohentauern (Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturwiss. Cl., CXVI, Abt. I, 1907, p. 1717-1738, pl. I-IV : coupes); II. Versuch einer stratigraphischen Gliederung der « Grauwackenzone » im Paltental, nebst Bemerkungen über einige Gesteine (Blaseneckgneis, Serpentine) und über die Lagerungsverhältnisse (Ibid., CXVIII, Abt. I, 1909, p. 115-135); E. Ascher, Ueber ein neues Vorkommen von Werfener Schiefer in der Grauwackenzone der Ostalpen (Reiting, Obersteiermark) (Mitteil. Geol. Gesellsch. Wien, I, 1908, p. 402-407).]

Oetzthal. Ortler. — Sur l'Enns, en amont d'Irdning, la bordure de terrains paléozoïques anciens est peu développée; puis, en amont de Schladming, s'introduit, avec une direction déviée vers l'E.N.E., une bande étroite de calcaire triasique qui part des Alpes Calcaires et qui semble être enfoncée dans les schistes anciens. Elle traverse presque toute la zone des schistes; Mojsisovics l'a appelée bande de Mandling.

Sur cette bande triasique, Gümbel a trouvé des grès quartzeux à Nummulites. Elle est recoupée par l'Enns. Au Sud de Radstadt se montrent des argiles contenant des éclats de houille lamelleuse et aussi de petites veines de charbon qui, vers le N.W., plongent sous les hautes montagnes; et un lambeau très réduit de ces couches à lits de charbon s'est conservé dans le prolongement de la direction E.N.E., à 900 mètres plus haut, sur la Stoder-Alpe (1700 m.), contrefort du groupe voisin du Dachstein. Les choses se présentent comme si le bord Sud de la zone calcaire, généralement si uniforme, était coupé là par une dislocation oblique¹.

Ces affleurements tertiaires sont tout à fait isolés. L'Éocène du bord Nord des Alpes est éloigné de 55 à 60 kilomètres; celui de la vallée de la Gurk, de près de 100 kilomètres; et ce n'est que sur la Gurk que les couches comportent des lits de combustible. Sur la Gurk de même que sur les bords de l'Enns, elles reposent sur du Trias du type des Alpes Orientales, et non sur du Trias exotique.

Tout près du pied méridional de la Steinernes Meer (Trias), on rencontre des fossiles du Silurien supérieur dans des schistes; puis viennent des calcaires et des dolomies puissantes, dans lesquels Ohnesorge a trouvé, près de Kitzbühel, des fossiles du Silurien supérieur et du Dévonien. C'est un prolongement de la bande silurienne et dévonienne du Nord de la Styrie. Elle se rétrécit, ses couches se redressent fortement et elle disparaît près de Schwaz, sur l'Inn, à 24 kilomètres en aval d'Innsbruck².

Cette bande repose, sans intermédiaire, sur les phyllades anciens

1. W. v. Gümbel, *Sitzungsberichte d. k. b. Akad. der Wiss. München*, XIX, 1889, p. 383; E. von Mojsisovics, *Ueber das Auftreten von Nummulitenschichten bei Radstadt im Pongau* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1897, p. 215; voir aussi 1898, p. 14, et 1900, p. 8); F. Trauth in F. Becke und V. Uhlig, *Erster Bericht über petrographische und geotektonische Untersuchungen im Hochalpmassiv und in der Radstädter Tauern* (Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturw. Cl., CXV, Abt. I, 1906, p. 1730).

2. Th. Ohnesorge, *Über Silur und Devon in den Kitzbühler Alpen* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1905, p. 373-377); pour Schwaz, voir un travail du même, *Der Schwazer Augengneiss* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., LIII, 1903, p. 377); pour la partie orientale près de Dienten, A. Till, *Das geologische Profil von Berg Dienten nach Hofgastein* (Verhandl., 1906, p. 323-335). Un bon aperçu d'ensemble, avec une petite carte, se trouve dans Diener, *Bau und Bild von OÖsterreich*, p. 433 et suiv. [Voir aussi Th. Ohnesorge, *Über Gneise des Kellerjochgebietes und der westlichen Hälfte der Kitzbühler Alpen und über Tektonik dieser Gebiete* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1908, p. 119-136, carte dans le t.)]

qui l'accompagnent au Sud. Perpendiculairement à la route du Brenner passe, à travers ces phyllades, une langue de gneiss et de micaschistes, longue de 14 kilomètres, qui est un prolongement oriental des terrains anciens du Stubai. C'est ainsi qu'au Sud d'Innsbruck les roches anciennes des Alpes de la Mur, situées à l'Est des Tauern, rejoignent celles du Stubai, situées à l'Ouest.

Le grand massif ancien du Stubai et de l'Oetzthal est donc, lui aussi, d'un âge antérieur au Silurien. Il entoure l'Ouest des Tauern; et de même qu'il se relie à l'Est, au Sud d'Innsbruck, aux Alpes de la Mur, il rejoint également à l'Ouest, au Sud de Landeck, la Silvretta, pour encadrer la fenêtre de l'Inn.

De même qu'au Nord la zone calcaire, au Sud, un vaste pâtre de calcaire mésozoïque à faciès austro-alpin, le Braulio-Gebirge, repose sur les roches anciennes de l'Oetzthal. Son extrémité méridionale est formée par l'Ortler (3 902 m.).

Ce nouveau massif s'étend jusqu'au bord Sud-Est de la fenêtre de l'Inn, et est traversé par des dislocations qui permettent souvent aux phyllades du substratum d'affleurer au-dessous du Trias (fig. 169). Un lambeau de Trias supérieur et de Lias, plongeant vers le Nord, a été suivi par Schlagintweit, avec une direction E.S.E., depuis les sources de l'Adda jusque dans les masses calcaires de l'Ortler¹.

1. Spitz und Dyrenfurth, note citée; K. Zoeppritz, *Geologische Untersuchungen im Ober-*

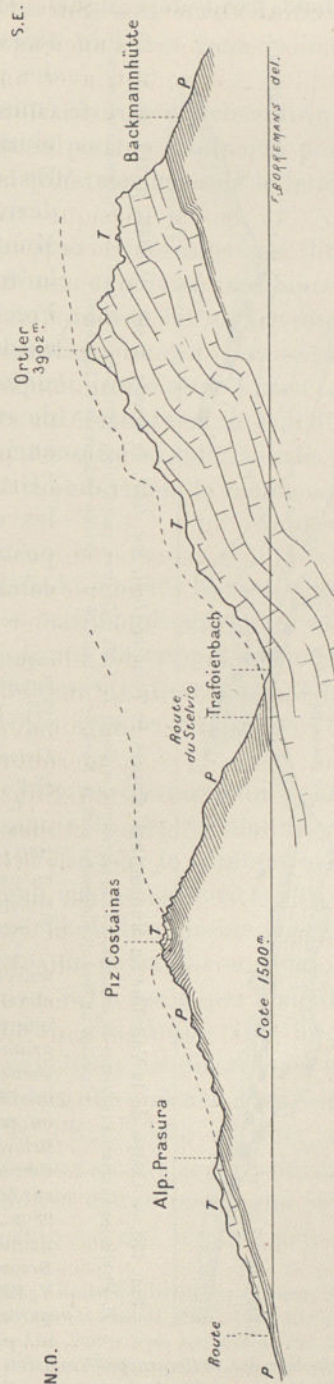


FIG. 169. — Coupe à travers le Massif de l'Ortler, d'après P. Termier (*Bull. Soc. Géol. de France*, 4^e sér., V, 1905, p. 249, fig. 10). P. Phyllades quartzeux (schistes de Casanna); T. Trias (calcaires, cargneules et quartzites). — La coupe traverse une série de plis couchés superposés, s'enracinant au Sud-Est. — Échelle de 1 : 100 000 (longueurs et hauteurs).

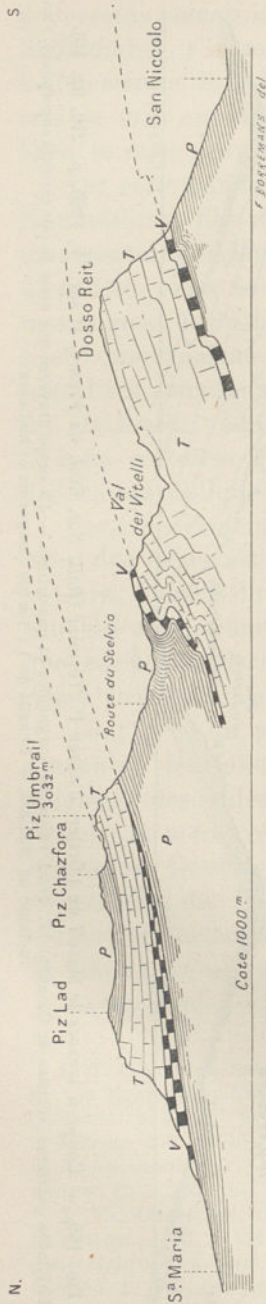


Fig. 170. — Coupe de la Valteline au Münsterthal, d'après P. Termier (Bull. Soc. Géol. de France, 4^e sér., V, 1905, p. 243, fig. 8). P. Phyllades quartzeux (schistes de Casanna); T. Trias (calcaires, cargoneules, quartzites et gypses). — Plis couchés s'inclinant au Sud et plongeant vers le Nord. — Échelle de 1 : 100 000 (longueurs et hauteurs).

die Neuaufnahme der Ortlergruppe (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1906, p. 174-188). [Voir surtout W. Hammer, *Die Ortlergruppe und der Ciavaltatschkamm* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., LVIII, 1908, p. 79-196, pl. II, III : cartes).]

Theobald avait déjà signalé en plusieurs points, sur le territoire suisse, au voisinage immédiat de l'Ortler, des phyllades sur le Trias, et Termier a émis l'opinion que l'Ortler se compose de plusieurs nappes, poussées vers le Nord les unes par-dessus les autres, et qui dériveraient de plis couchés¹ (fig. 174). Au Monte Scorluzzo (3 094 m.), autour duquel la route du Stelvio décrit une courbe, Frech a même rencontré dans une fenêtre, au-dessous des phyllades, du calcaire triasique. Plus au Nord, les intercalations de calcaires se répètent dans les schistes anciens². Dans les formidables parois de l'Ortler, on ne connaît pas de phyllades; les voyageurs admirent depuis la route postale les plissements de leurs couches calcaires. A la Königswand (3 875 m.),

engadin zwischen Albulapass und Livigno (Berichte Naturforsch. Gesellsch. Freiburg i. B., XVI, 1906, p. 164-231, pl. IV-VI : coupes et carte); O. Schlagintweit, *Die tektonischen Verhältnisse in den Bergen zwischen Livigno, Bormio und Münsterthal*, Inaug. Diss. In-8°, 29 p., München, 1907.

1. P. Termier, *Les nappes des Alpes Orientales et la synthèse des Alpes* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., III, 1903, p. 711-765, pl. XXII, XXIII : coupes et carte; en particulier p. 750); le même, *Sur les nappes de la région de l'Ortler* (C. R. Acad. Sc., CXXXIX, 1904, 2^e sem., p. 617-618).

2. Le repli que Hammer a décrit à la Hochleitenstspitz doit sans doute être considéré comme un synclinal s'ouvrant vers le Nord. Hammer a lui-même interprété de cette façon l'accident Kleinbrod-Uebergrimm. Pour ces gisements, voir A. Rothpletz, *Geologische Alpenforschungen*, II. *Ausdehnung und Herkunft der Rhaetischen Schabmasse*. In-8°, viii-261 p., carte, 1905, en particulier p. 142 et suiv.; Fr. Frech, *Ueber den Gebirgsbau der Tiroler Zentralalpen mit besonderer Rücksicht auf den Brenner* (Wissenschaftl. Ergänzung-Hefte zur Zeitschr. Deutsch. u. Oesterr. Alpenver., II, I. Heft, 98 p., 25 pl. et 1 carte géol. du Brenner, 1905; en particulier p. 70 et suiv.); P. Termier, *Les Alpes entre le Brenner et la Valteline* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., V, 1905, p. 209-289, pl. VII, VIII : carte et coupes, en particulier p. 236 et suiv.; et Compte rendu somm. id., p. 159-161); W. Hammer, *Vorläufige Mitteilung über*

Frech a trouvé que les mêmes couches se répètent cinq fois de suite; cette répétition recommence jusqu'à sept à huit fois dans la Trafoier Eiswand¹.

A l'Est, notamment sous la Königsspitz, Hammer a constaté que les couches sont presque verticales, aussi bien pour le Trias que pour les phyllades qui lui succèdent vers le Sud. Hammer regarde le bord Sud comme une fracture².

Peut-être considérera-t-on quelque jour l'ensemble de l'Ortler comme un synclinal s'ouvrant vers le Nord, subdivisé intérieurement par des plissements secondaires ou par des surfaces de contact anormal.

Nous attribuons tous les éléments montagneux qui viennent d'être énumérés, depuis les phyllades de Radstadt jusqu'au Silurien et au Dévonien de Kitzbühel, et des phyllades qui s'étendent au Sud d'Innsbruck jusqu'au Stubai et à l'Ortler, à la moitié septentrionale de la nappe des Alpes Orientales. Nous avons déjà formulé la même conclusion pour l'Oetzthal.

Disgrazia et Bernina. — Dans le Rhätikon et sur le bord Ouest de la Selvetta se voit clairement la limite occidentale du faciès austro-alpin. Elle est mise en évidence par le liséré de nappes lépontiennes qui plonge sous le gneiss des Alpes Orientales, et surtout par une bande de roches vertes dont la largeur augmente vers le Sud, dans l'Oberhalbstein.

Près de la limite se dressent les montagnes calcaires du Splügen; elles ont été considérées par Diener comme le représentant le plus occidental du faciès austro-alpin³. Le Piz Curvér, le sommet oriental du groupe, forme la partie terminale d'une chaîne calcaire se dirigeant vers l'E.S.E. (Weissberg, etc.), dans laquelle de la dolomie, des traces du Rhétien, la présence de Bélemnites dans un calcaire rougeâtre, etc., sont autant de caractères qui rappellent, en effet, les Alpes Orientales. Mais ce massif calcaire montre vers l'Ouest, c'est-à-dire vers l'Avers, des bancs très redressés; le pendage des couches y est dirigé vers l'Est; il se relie aux roches vertes de l'Oberhalbstein et s'enfonce avec celles-ci sous la nappe des Alpes Orientales (Piz d'Err, Cima da Flix, etc.). Theobald dit à propos du Weissberg que « le calcaire se transforme en marbre vers l'Est, tandis qu'à l'Ouest, dans la même montagne et dans les couches en question, le métamorphisme est nul ou très peu mar-

[1. Voir les photographies reproduites par F. Frech., *Zeitschr. Deutsch. Oesterr. Alpenver. Wiss.*, Erg.-Heft II, 1903, pl. XXI, XXV; et Petermanns *Mitteil.*, LIV, 1908, pl. 22, 23.]

[2. W. Hammer, *Mittheilung über Studien in der Val Furva und Val Zebra bei Bormio* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1902, p. 320-330; 1907, p. 234).

[3. O. A. Welter, *Stratigraphie und Bau der Alpen zwischen Hinterrhein und Safiental* (Ecloge Geol. Helv., X, 1909, p. 804-851, pl. 21, 22 : carte et coupes).]

qué¹ ». Plus loin, en allant vers le Col du Septimer, on ne rencontre en effet que des esquilles ou des bancs de marbre blanc intercalés dans les roches vertes.

Les chaînons gneissiques du Tessin sont, comme nous l'avons dit, disposés de telle manière que chacun d'entre eux s'enfonce sous celui qui lui fait suite vers l'Est et est séparé du suivant par une intercalation mésozoïque. Nous avons indiqué le chaînon Suretta-Stella comme la plus orientale de ces écailles et la bande mésozoïque Avers-Col du Septimer comme la recouvrant à l'Est². Mais cette bande plonge à son tour vers l'Est sous la nappe austro-alpine, qui, par suite, prend elle-même *une situation analogue à celle des chaînons gneissiques du Tessin*.

Le Weissberg, par conséquent, ne peut pas appartenir à la nappe austro-alpine typique (Braulio). Il plonge sous celle-ci avec les roches vertes et appartient à la série lépontienne. Peut-être ses sédiments sont-ils à rapprocher de ceux de la zone du Briançonnais, qui ont eux-mêmes tant de rapports avec ceux des Alpes Orientales.

Au delà du Septimer, les limites deviennent irrégulières. Des roches vertes et une zone sédimentaire se dirigent ensuite nettement vers le Sud, vers le Piz Tremoggia, en même temps qu'elles supportent, dans le Val di Fex, les gneiss et les granites de la Bernina et qu'elles les séparent à l'Ouest des terrains anciens. Diener a fait connaître cette disposition en détail. Au Sud, dans le Val Malenco, les roches vertes s'étaient largement. Le sommet du Monte della Disgrazia lui-même (3 676 m.) n'est pas formé de granite, d'après Melzi, mais bien de serpentine³; et en même temps que ces *pietre verdi* rappellent d'une manière si frappante les Alpes Piémontaises, le gneiss de la Disgrazia montre également une ressemblance toute spéciale avec celui du Grand Paradis⁴.

La bande du Val di Fex n'est pas unique; les roches vertes, en particulier, pénètrent vers le Val Bregaglia; là, sur le versant Sud

1. G. Theobald, *Die südöstlichen Gebirge von Graubünden und dem angrenzenden Veltlin* (Beiträge zur Geol. Karte der Schweiz, III, 1866, p. 157). Theobald écrit Weisshorn; la région dont nous allons nous occuper ici est représentée sur la feuille XX de la *Carte géologique de la Suisse* à 1 : 100 000, levée par ce géologue. Theobald, observateur excellent, a complété, sous l'influence des idées alors régnantes, presque toutes les bandes de Trias encadrées dans les terrains antérieurs, de façon à obtenir des synclinaux concentriques. Le texte indique les faits observés.

[2. Voir Herm. Meyer, *Geologische Untersuchungen am Nordostrande des Surettamassives im südlichen Graubünden* (Berichte Naturforsch. Gesellsch. Freiburg i. B., XVII, 1909, p. 130-177, pl. IV-VI : coupes, carte dans le t. p. 134); Herm. L. F. Meyer und O. A. Welter, *Zur Geologie des südlichen Graubündens* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch., LXII, 1910, Monatsberichte, p. 65-71).]

3. Melzi, Mém. cité (Giornale di Mineralogia, IV, 1893, p. 103).

4. A. Bolla, *Il gneiss centrale nella Valtellina* (Atti R. Accad. Lincei, ser. 4^a, Rendic., VII, 2^o sem., 1891, p. 101-105).

du Marcio, elles sont également accompagnées de gypse, comme preuve certaine de la présence du Trias. Mais tournons-nous vers l'Est.

A partir de Pontresina, on rencontre sur le côté oriental de la Bernina une série de synclinaux de Lias et de Trias, pincés dans les terrains antérieurs. L'un de ces synclinaux passe sur le flanc Sud du Piz Languard; un second, celui du Piz Alv, affecte un tracé arqué et quelque peu sinueux à travers la route, au Nord du col; un troisième, de direction N.-S., se trouve à l'Est de Poschiavo. Dans les intervalles, on rencontre quelques lambeaux plus petits, principalement formés de gypse. Tout cela représente les restes profondément érodés d'un système de plis. Diener a distingué au Piz Alv des quartzites, du Trias inférieur(?), de la dolomie principale (Haupt-Dolomit), des couches rhétiennes et du Lias¹. Sur d'autres points, on voit apparaître en outre au-dessous des quartzites, du porphyre. Quelques bancs montrent un commencement de marmorisation. On ne connaît pas de roches vertes dans cette série.

Diener a remarqué, dès 1884, la ressemblance particulière de bancs foncés à Pentacrines avec les bancs analogues du Semmering. Nous laissons non résolue la question de savoir si ce groupe doit être assimilé aux terrains du Splügen et de la zone du Briançonnais, ou s'il convient de le ranger déjà dans la nappe austro-alpine.

Au Sud de Poschiavo, un changement se produit. On voit apparaître de la serpentine, ainsi que plusieurs bandes de Trias, au nombre de cinq, d'après Brockmann. La direction des plis, jusque là N.-S. dans l'ensemble, devient N.W. et E.-W.; le pendage est N.E., plongeant par conséquent sous la Bernina. Une bande méridionale s'étend vers l'Ouest jusqu'à la Disgrazia par le Piz Canciano²; une autre, septentrionale, va vers le N.W.; et, d'après d'anciennes observations, des roches vertes s'étendent de là vers le Piz Tremoggia, en passant sous les glaciers méridionaux de la Bernina. D'après ces données, la ligne Lac de Silvaplana — Val di Fex — Piz Tremoggia — Poschiavo formerait la limite Sud-Ouest de la nappe des Alpes Orientales du côté de la région des roches vertes. La question de savoir à laquelle des deux séries appartient le Piz Alv reste ouverte.

Au Sud de cette ligne, jusqu'à la limite dinarique, c'est-à-dire jusqu'à

1. C. Diener, *Die Kalkfalte des Piz Alv in Graubünden* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XXXIV, 1884, p. 313-320).

2. Chr. Tarnuzzer, *Die Asbestlager der Alp Quadrata bei Poschiavo* (Jahresber. Naturforsch. Gesellsch. Graubündens, XLV, 1901-1902, p. 133-147, carte); H. Brockmann-Jerosch, *Die Flora des Puschlav*. In-8°, Leipzig, 1907, p. 9-13. Les recherches de Brockmann prolongent sous forme de traces aussi bien le Piz Alv que le Sassalba vers le Sud, et la direction E.-W. qui règne à l'Ouest de Poschiavo n'en contraste que davantage. Je dois d'obligeantes indications à M. Tarnuzzer.

l'Adda, on trouve la direction E.-W. ; près de Sondrio, il existe encore des roches vertes. Cette région montagneuse méridionale est un prolongement du massif de la Disgrazia,

A partir du Piz Languard, le plongement vers le N.E. et le N. domine dans tout le groupe de la Bernina, et il en va de même, au Sud de ce massif, dans le prolongement de la Disgrazia dont nous venons de parler; il n'est guère possible de reconnaître avec certitude si ce pendage persiste jusqu'à la limite dinarique.

De l'autre côté de l'Adige, dans le Texel-Gebirge, on rencontre à une grande hauteur de semblables bandes de marbre; mais le gneiss domine près du fleuve. Stache a admis l'existence d'une faille; nous manquons malheureusement d'études récentes sur cette région. Mais à l'Est, les observations de Hammer rétablissent la continuité. Les gneiss qui, ainsi que nous l'avons dit, traversent l'Adige au coude du fleuve pour se continuer dans le Passeier, atteignent la route du Brenner; là, sur leur bord septentrional, se trouve la ruine de Sprechenstein. A l'Est de la route, ils acquièrent une largeur de plus en plus grande. Becke et Löwl les désignent dans cette région sous le nom de micaschistes anciens et de gneiss schisteux.

Cette zone de roches anciennes suit la ceinture de tonalite et la limite dinarique; au Nord, elle est accompagnée à partir de la Plattenspitz, au Nord-Est de Meran, par la bande de calcaire triasique qui croise la route du Brenner près de Mauls, bande que nous avons déjà citée comme le prolongement occidental du Trias de Lienz, de la Drave et aussi de la Gurk. On peut la suivre avec certitude depuis le Bachergebirge jusqu'à la Plattenspitz, c'est-à-dire sur 335 kilomètres (III, p. 452).

Il résulte de là que, depuis le Kreuzeck, les roches anciennes se continuent vers le Sud-Ouest par le Brenner (Sprechenstein), Passeyr, le coude de l'Adige, Ulten et Hasenohr, en accompagnant toujours la limite dinarique, et que c'est le Trias de la zone de la Drave qui arrive sous la forme d'une longue bande serrée jusque dans les environs de Meran. Ces éléments appartiennent à la moitié Sud des Alpes Orientales; entre celle-ci et la moitié Nord (Ortler, Oetzthal, etc.) passe le marbre de Laas.

Au Kreuzeck, nous atteignons de nouveau les Alpes de la Mur. Tout plonge maintenant vers le Sud, en particulier le massif très épais qui s'étend à l'Est du Kreuzeck.

Près du Millstätter See, des micaschistes grenatifères et des gneiss tournent vers le Nord; leur pendage est vers l'Est¹. Les relations avec

1. G. Geyer, *Reisebericht über die geologischen Aufnahmen im Lungau* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1892, p. 319-327); *Vorlage des Blattes « St. Michael »* (1893, p. 49-60)

le terrain houiller d'eau douce du Königsstuhl n'ont pas été éclaircies; et au Nord-Est, c'est-à-dire en s'approchant du massif gneissique de Schladming, on observe en même temps des particularités très complexes, qui ne sont pas encore complètement élucidées¹. Une zone de Trias et de Jurassique entoure le Nord-Est des Tauern. Depuis Tweng jusque sous la Seekar-Spitz (Radstädter Tauern), sur une distance de 41 kilomètres, on peut suivre pas à pas le plongement et la disparition de ce Trias vers l'Est sous les roches anciennes; et le sommet de la Seekar-Spitz elle-même est formé par du gneiss reposant sur du Trias².

L'allure du Trias se montre, dans cette région, des plus compliquées. Uhlig a trouvé au Nord, vers Radstadt, une nappe de quartzite à séricite appartenant au Permien ou au Trias inférieur, sous laquelle se montrent par endroits, dans des fenêtres, du calcaire triasique et du Jurassique, tandis qu'en d'autres points ces mêmes terrains reposent sur cette nappe. Ces affleurements arrivent, au Sud de Radstadt, jusqu'à 3 kilomètres seulement du substratum normal de la bande de Mandling (série austro-alpine avec lambeaux éocènes); et, comme ils plongent vers l'E. sous les roches anciennes, on les voit de même s'enfoncer vers le N. sous le Trias des Alpes Orientales³.

On peut conclure de ces faits, comme résultat provisoire, que les Tauern sont entourées à l'Ouest (Stubai) et au Nord (Pinzgau, Radstadt) par la moitié septentrionale des Alpes Orientales, au Sud (Sprechenstein, Kreuzeck) et à l'Est (Alpes de la Mur) par leur moitié méridionale, et que, sur les points dont la coupe a été décrite jusqu'ici (Kreuzeck au Sud, Tweng au Nord-Est, Radstadt au Nord), les Tauern plongent sous le cadre qui leur sert d'enveloppe.

Laas. — Il ne m'a pas été possible de déterminer, d'après les documents que l'on possède à l'heure actuelle, où peut passer la limite de la nappe austro-alpine dans l'espace compris entre Poschiavo et Sondalo. Sur l'Adda, qui coule du N. au S. en amont de Sondalo, apparaît au Sud de Bormio le batholithe déjà mentionné de Ceppina (Serra di Morignone). En même temps se montrent, dans les schistes, de puissantes intercalations de marbre. Le plongement vers le N.E. et vers le N. a cessé; sur une grande étendue règnent désormais la

1. Un exemple de ces difficultés est fourni par la petite carte de M. Vacek, *Die Schladminger Gneissmasse und ihre Umgebung* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1901, p. 372).

2. F. Frech a publié une vue du Gurpetschegg près Tweng dans les *Sitzungsber. k. Preuss. Akad. Wiss. Berlin*, 1896, II, p. 1274, fig. 12, et dans les *Geol. u. Palæont. Abhandl. de Koken*, IX, 1901, p. 30, fig. 8.

3. F. Becke und V. Uhlig, *Erster Bericht über petrographische und geotektonische Untersuchungen im Hochalpmassiv und in den Radstädter Tauern* (Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturw. Cl., CXV, Abt. 1, 1906, p. 1693-1737, en particulier p. 1731).

direction E.N.E., puis N.E., et le plongement vers le S. ou le S.E. Ce groupe montagneux, jusqu'au coude de l'Adige près de Meran (Marlinger Joch), a été étudié par Stache et surtout par Hammer¹.

Du côté des Dinarides se montrent dans le gneiss, comme nous l'avons indiqué, des enclaves d'olivine en plaquettes; le gneiss et les phyllades anciens forment une série d'anticlinaux et de synclinaux qui, au Nord-Est, sont étroitement serrés les uns contre les autres : ainsi commence à se manifester l'écrasement de toutes les zones internes des Alpes contre le front des Dinarides. Ce sont ces roches anciennes, en particulier des gneiss avec pegmatite, qui, au voisinage du coude de l'Adige, traversent le fleuve pour s'étendre dans le Passeyr.

En se dirigeant vers le Nord-Ouest, perpendiculairement à la direction des plis, on voit dominer les quartzophyllades. Ils forment sur les sommets (Hasenohr, 3 257 m.) un grand synclinal et descendent ensuite avec une grande largeur vers le Sud, constituant ainsi le flanc supérieur d'un synclinal déversé vers le N. ou le N.N.W.; et sous ces quartzophyllades s'abaissant au Sud apparaissent les « couches de Laas » de Hammer. Ce sont des micaschistes, ainsi que des micaschistes à staurotide, dans lesquels le marbre de Laas est intercalé. Ce marbre n'atteint pas l'Ortler vers l'Ouest; mais quelques lambeaux de micaschistes à staurotide s'étendent jusque dans le voisinage de Sulden. Les intercalations de marbre qu'on rencontre dans les phyllades, au Sud de Bormio, et le marbre du Monte Sobretto ne se montrent pas, il est vrai, en relation immédiate avec le gisement de Laas; il est bien probable, néanmoins, que tous ces dépôts sont du même âge.

Dans le marbre de la bande de Laas, on a trouvé des tiges de Crinoïdes; ce marbre est, par suite, un sédiment normal métamorphisé; la marmorisation d'un calcaire jurassique ou crétacé ne demande d'ailleurs pas d'autres interventions que celle d'un calcaire silurien. Deux sortes d'injections se produisent : les unes en filons, principalement pegmatitiques, s'élevant le plus souvent verticalement, et les autres, basiques, en filons-couches. Ces dernières consistent en bandes d'amphibolites, qui sont comme pétries avec le marbre; et Weinschenk pense que ces amphibolites doivent dériver d'une roche voisine du gabbro².

1. G. Stache, *Aus dem Ortler Gebiet* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1876, p. 314-318); *Orientierungs-Touren südwärts und nordwärts vom unteren Vinschgau* (Ibid., 1877, p. 205-207); *Die geologischen Verhältnisse der Gebirgsabschnitte im Nordwesten und Südosten der unteren Ullenthalen* (Ibid., 1880, p. 127-131); *Jahrb. d.*, XXVII, 1877, p. 143 et suiv.; W. Hammer, *Die Krystallinen Alpen des Ullenthalen* (*Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst.*, LII, 1902, p. 105-134, et LIV, 1904, p. 541-576, pl. XIII); le même, *Geologische Aufnahme des Blattes Bormio-Tonale* (Ibid., LV, 1905, p. 1-26, pl. I : carte et coupes), et *Geologische Beschreibung der Laasergruppe* (Ibid., LVI, 1906, p. 497-538, pl. XIV-XVII, carte, phot. et coupes).

2. E. Weinschenk, *Die Tiroler Marmorlager* (*Zeitschr. f. prakt. Geol.*, XI, 1903, p. 131-147). A un résultat tout à fait analogue est arrivé par exemple A. A. Julien, de New

Hammer a également remarqué çà et là des quartzites dans la zone de transition entre le marbre et les schistes. L'état originel du marbre de Laas peut par conséquent être regardé comme un calcaire à Crinoïdes, accompagné de quartzite et d'injections stratiformes d'une roche voisine du gabbro.

Stache considère le marbre comme très ancien, Hammer comme précambrien; Termier s'est prononcé (1905) en faveur d'un âge mésozoïque. En Suisse, un revirement complet s'est produit, depuis vingt ans, au sujet de l'âge des nombreuses bandes de marbre qu'on trouve dans les Alpes : pour de bonnes raisons, elles sont maintenant considérées presque sans exception comme mésozoïques¹. Ici s'ajoute encore cette circonstance que Mojsisovics a rencontré, sur un point tout à fait isolé il est vrai, sous la paroi septentrionale des Marteller Vertainen, un banc de gypse dans les phyllades anciens. Hammer a confirmé le fait et a trouvé non loin du même point, à l'Inneren Peder-spitz, une lentille de serpentine intercalée en concordance dans des quartzophyllades. La description du gypse donnée par Hammer semble ne laisser aucun doute quant à la présence du Trias, pétri avec les quartzophyllades².

Ainsi, les observations réunies jusqu'à présent tendent à indiquer que la bande du marbre de Laas est l'équivalent complètement marmorisé, visible sous la nappe austro-alpine (Ortler), du Trias lépontien, dont les roches vertes sont ici transformées en amphibolites.

La paroi de marbre de Laas (Jenewand) est, d'après Hammer, un synclinal s'ouvrant vers le Nord et en partie déversé; un anticlinal plissé dans le même sens, et dont les flancs sont complètement refermés l'un sur l'autre, repose sur ce synclinal.

Par leur extrémité E.N.E., les couches de marbre de Laas atteignent l'Adige; à l'Ouest leur succède une zone étroite de gneiss phylliteux. —

Les Tauern. — Les Tauern forment un groupe de hautes montagnes bien circonscrites, remarquables au point de vue pittoresque tant par l'altitude de leurs cimes que par l'étendue de leurs surfaces glacées; elles courent sur 165 kilomètres environ, suivant un arc légèrement convexe vers le N., depuis la Lieser, à l'Est, jusqu'au Tribu-

York : *Genesis of the Amphibole Schists and Serpentine of Manhattan Island, New York* (Bull. Geol. Soc. of America, XIV, 1903, p. 421-494, pl. 60-63). [Voir aussi P. Egenter, *Die Marmorlagerstätten Kärntens* (Zeitschr. f. prakt. Geol., XVII, 1909, p. 419-439, pl. V).]

1. Voir par exemple C. Schmidt. *Ecol. Geol. Helv.*, IX, 1907, p. 505.

2. Mojsisovics, *Mittheil. Oesterr. Alpenver.*, II, 1866, p. 377; Hammer, *Geologische Beschreibung der Laasergruppe*, p. 519 et suiv. Hammer a trouvé le banc de gypse long de 100 mètres et puissant de 30, très cristallin, concordant sous les quartzophyllades; il le regarde comme primaire et syngénétique.

laun-Gebirge, situé non loin de la route du Brenner, à l'Ouest. Leur largeur est de 45 kilomètres à l'Est; elle diminue vers l'Ouest et, sur la route du Brenner, lorsque s'avancent les Dinarides, elle se réduit à peine à la moitié.

F. von Hauer, Stache, Peters, Stur et beaucoup d'autres observateurs ont reconnu plus ou moins nettement l'individualité des Tauern. Ils ont distingué le gneiss central (*Central-Gneiss*), occupant la partie médiane des Tauern, et une enveloppe de schistes (*Schieferhülle*), plongeant de tous les côtés vers l'extérieur. Ce groupe montagneux passait ainsi pour le type d'un axe de soulèvement; et sa structure, de même que celle des terrains gneissiques et schisteux qui, sur son pourtour, plongent vers le Nord et vers le Sud, a été, jointe à l'inclinaison des Dinarides vers le Sud, un argument capital en faveur de la théorie de la structure symétrique des Alpes.

Il résulte des importants travaux, non encore terminés, de Becke que le *Central-Gneiss*, ainsi qu'on l'appelle, est une roche intrusive, de caractères variables, qui tient à peu près le milieu entre le granite ancien d'autres parties des Alpes et la tonalite. Ses variétés sont par suite qualifiées tantôt de granite, tantôt de gneiss tonalitique ou même de tonalite. On distingue cinq noyaux de cette nature; les plus importants sont le noyau occidental (Gross-Venediger, 3 660 m.) et le noyau oriental (Hochalm-Spitz, 3 350 m.). La *Schieferhülle* pénètre entre ces noyaux; elle constitue, comme Stur le savait déjà, la plus haute cime des Tauern, le Gross-Glockner (3 798 m.)¹.

A l'extérieur de la *Schieferhülle*, une bordure de Trias, de Lias et de Jurassique, d'ailleurs interrompue par endroits, entoure les Tauern et les sépare des Alpes Orientales. Elle est souvent très étroite; elle s'élargit et prend une certaine importance orographique à l'Ouest (fig. 171), dans le Tribulaun-Gebirge (Grosser Tribulaun, 3 102 m.), et au Nord-Est, dans les Radstädter Tauern (Weisseck, 2 709 m.).

Les Tauern passaient, comme nous venons de le dire, pour le modèle d'un axe de soulèvement montagneux, lorsque parurent les mémoires de Termier, remarquables par l'ampleur des conceptions qui

1. F. Becke, F. Berwerth und U. Grubenmann, Rapports préliminaires (Anzeiger k. Akad. Wiss. Wien, 1895, p. 45-49; 1896, p. 15-22; 1897, p. 8-14; 1898, p. 12-19; 1899, p. 5-10; F. Löwl, *Der Granatspitz-Kern* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XLV, 1895, p. 615-640, pl. XVIII : carte); E. Becke und F. Löwl, *Exkursionen im westlichen und mittleren Abschnitt der Hohen Tauern* (Führer zu den Exkursionen, IX. Internat. Geol. Congr., 1903, VIII und IX, 41 et 27 p., carte); F. Becke, *Das nordwestliche Randgebiet des Hochalmkerns* (in Becke und Uhlig., *Erster Bericht über petrographische und geotektonische Untersuchungen*, Sitzungsb. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturwiss. Cl., Abt. I, CXV, 1906, p. 1693-1719), et ailleurs. [Voir, en outre, B. Sander, *Vorläufige Mitteilung über Beobachtungen am Westende der Hohen Tauern und in dessen weiterer Umgebung* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1909, p. 204-206); Fr. v. Kerner, *Aufnahmebericht aus dem mittleren Gschnitztale* (Ibid., p. 257-264).]

les inspirent et relatifs précisément à cette chaîne, surtout dans sa partie occidentale, ainsi qu'à la région qui s'étend au Sud-Ouest jusqu'à l'Adda. Dans ces mémoires, l'auteur essaie de prouver que toute cette partie des Alpes est formée de nappes empilées les unes sur les autres¹.

Dans cette question, un fait décisif occupe le premier plan : le Trias de l'encadrement des Tauern n'est pas le Trias de la zone calcaire austro-alpine avoisinante. C'est le Trias du Semmering. Toula avait depuis longtemps indiqué la chose pour les Radstädter Tauern, et Uhlig avait cherché l'équivalent de ce Trias dans la zone du Briançonnais². Si Termier s'étonnait déjà de la ressemblance du Trias de Semmering avec celui de la Vanoise³, l'identité avec l'Ouest devient, ici encore, beaucoup plus frappante par suite de l'apparition de serpentines dans le Trias. Ce Trias appartient, d'après son allure, au groupe des nappes lépontiennes, reposant sur la nappe helvétique et sous la nappe austro-alpine.

Les Tauern constituent un massif

1. P. Termier, *Les nappes des Alpes Orientales et la Synthèse des Alpes* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 3^e sér., III, 1903, p. 714-765, pl. XXII, XXIII : coupes et carte); du même, *Les Alpes entre le Brenner et la Valteline* (Ibid., 4^e sér., V, 1905, p. 209-289, pl. VII, VIII : carte et coupes); du même, *La Synthèse géologique des Alpes*. In-8^o, 29 p., Liège, 1906.

2. V. Uhlig, *Erster Bericht*, p. 1732. [Les marbres intercalés dans l'enveloppe schisteuse des Tauern sont considérés par G. Steinmann comme beaucoup plus récents : ils représenteraient le prolongement métamorphisé des calcaires tithoniques de la Sulzfluh, dans le Rhätikon (*Ueber die Stellung und das Alter des Hochstegenkalks* (Mitteil. Geol. Gesellsch. Wien, III, 1910, p. 282-299).]

3. Termier, *Sur quelques analogies de faciès géologiques entre la zone centrale des Alpes Orientales et la zone interne des Alpes Occidentales* (C. R. Acad. Sc., CXXXVII, 1903, 2^e sem., p. 807-808).

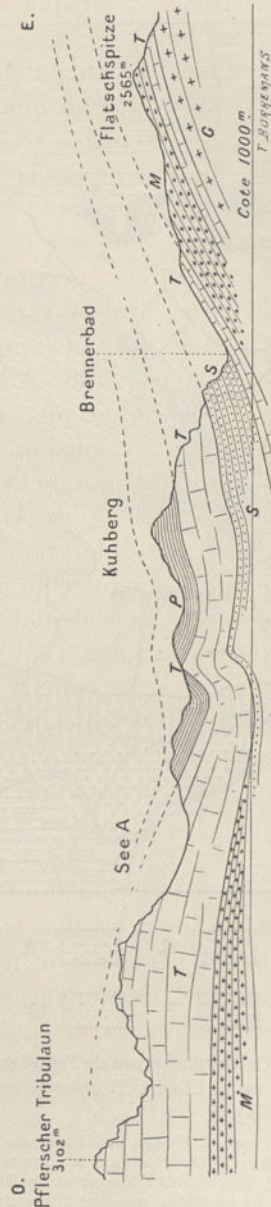


Fig. 171. — Coupe du Tribulaun au Tuxerkern (Brenner), d'après P. Termier (Bull. Soc. Géol. de France, 4^e sér., V, 1905, p. 223, fig. 4).

G. Gneiss; M. Micaschistes; P. Phyllades paléozoïques; T. Trias (marbres et quartzites); S. Schistes lustrés (*Kalktimmerschiefer*). — La nappe du Tribulaun a sa racine sur la droite, à 10 km. environ au S.E. de Brennerbad.

qui surgit sous les Alpes Orientales, avec un encadrement lépontonien.

Le croquis de la page 713 montre un petit anticlinal de Flysch, qui

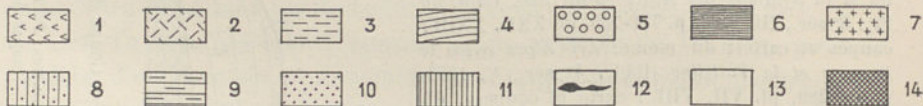
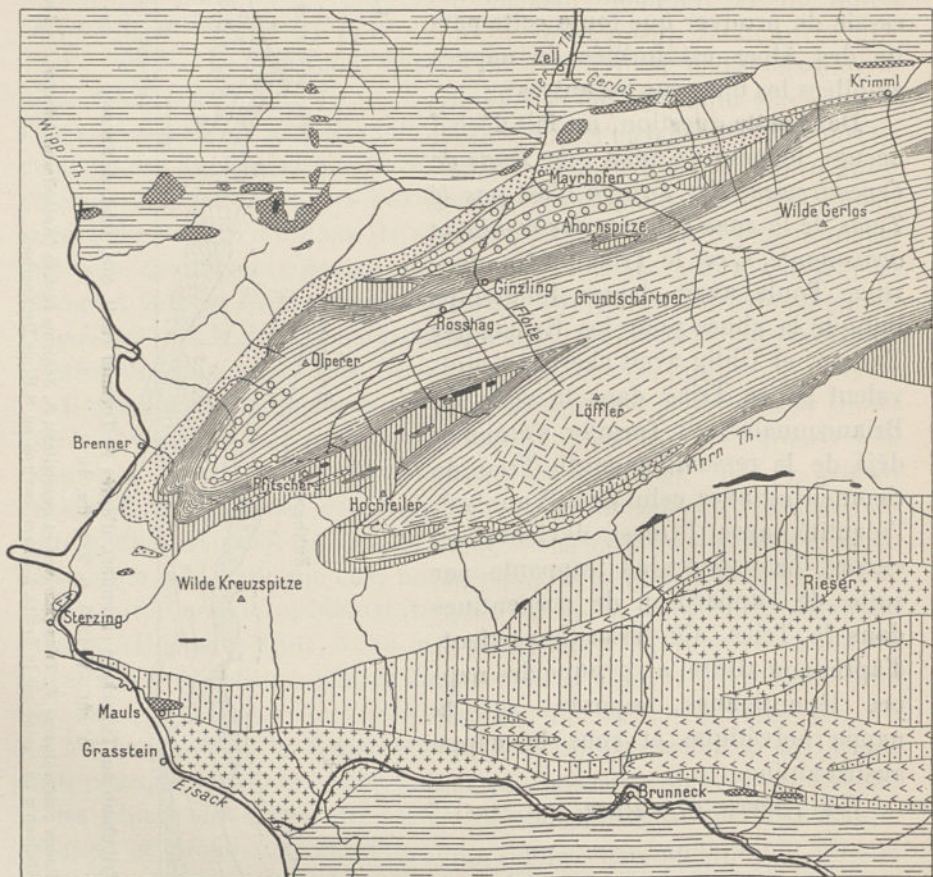


FIG. 172. — Carte géologique de l'extrémité occidentale des Hohe Tauern (Zillertal), d'après F. Becke et F. Löwl (IX. Internationaler Geologen-Congress. Führer für die Excursionen, VIII und IX).

Roches intrusives : 1. Gneiss granitique ancien ; 2-6. *Centralgneiss* des Hohe Tauern (2. Gneiss tonalitique grenu ; 3. D^e schisteux ; 4. Granite schisteux ; 5. Gneiss porphyroïde ; 6. Aplite et faciès de bordure) ; 7. Tonalite de l'Ifflinger et du Rieserferner. — Terrains sédimentaires et roches interstratifiées : 8. Micaschistes anciens ; 9. Phyllades quartzeux du Pinzgau et du Pusterthal ; 10-13. *Schieferhülle* (10. *Hochstegenkalk* ; 11. Micaschistes, quartzites, amphibolites, etc. ; 12. Serpentes ; 13. Phyllades calcaires ou Schistes lustrés) ; 14. Trias (calcaires et dolomies). — Échelle de 1 : 500 000.

s'est édifié entre les deux nappes pesantes des Annes et de Sulens. Un exemple d'envergure beaucoup plus considérable est offert par l'anti-

clinal de schistes des Grisons qui surgit dans la fenêtre de l'Inn et qui relève des roches vertes, en même temps qu'un fragment détaché des Alpes Orientales, jusqu'à une altitude de plus de 3 000 mètres. Ici encore, on pourrait supposer que la Selvretta à l'Ouest et l'Oetzthal à l'Est ont enrayé le plissement par leur charge, de telle manière que ce plissement n'a pu se produire que dans la fenêtre, suivant la direction N.N.E. de son grand axe.

La fenêtre des Tauern (fig. 172) est trop vaste pour être due à l'érosion; il y a cependant autour d'elle un encadrement; et dès que la ceinture mésozoïque atteint ce cadre, celui-ci devient un avant-pays, mais un *avant-pays flottant* (schwebendes Vorland).

A l'Ouest, il est formé par le gneiss de l'Oetzthal et du Stubai. Une trainée d'affleurements isolés de marbre passe, d'après les rapports de Teller, près du bord méridional du gneiss de l'Oetzthal, en venant d'assez loin au Sud-Ouest, de la haute chaîne de Gurgl, pour se diriger au Nord-Est vers les mines de zinc de Schneeberg. Elle jalonne la limite du gneiss et des phyllades qui lui font suite au Sud. Le gneiss est redressé verticalement sur une grande distance, puis il s'incline en devenant presque horizontal vers la limite des phyllades et les recouvre¹. Plus loin, du côté de Schneeberg, des micaschistes grenatifères remplacent les phyllades. A Schneeberg, une zone riche en amphibolites succède aux micaschistes le long de cette limite; puis viennent des quartzites, des schistes fortement calcaires, enfin la dolomie du Karlweissen, qui contient

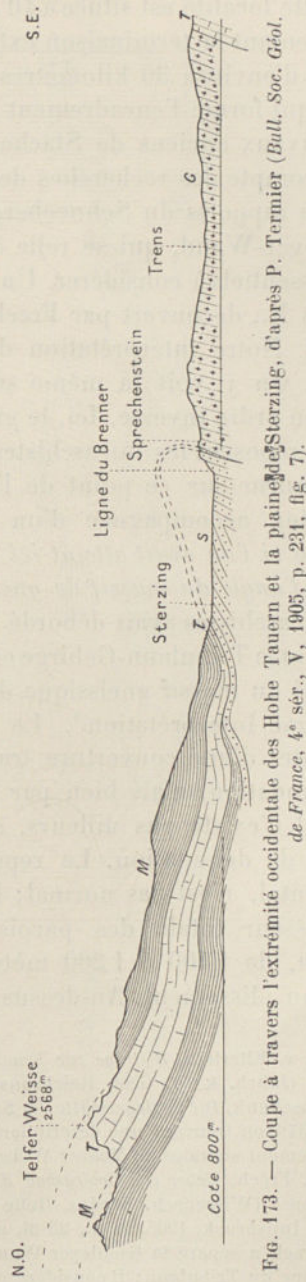


Fig. 173. — Coupe à travers l'extrémité occidentale des Hohen Tauern et la plaine de Sterzing, d'après P. Termier (Bull. Soc. Géol. de France, 4^e sér., V, 1905, p. 231, fig. 7).

G. Gneiss; M. Micaschistes grenatifères; T. Trias (marbres et quartzites); S. schistes lustrés (*Kalkthimmerschiefer*). — On voit, à droite de la ligne du Brenner, l'enracinement du pli couché de Trias du Tribulaun et des Teller Weissen. La voûte que forment les Schistes lustrés est le prolongement de celle des Hohen Tauern. Le Trias qui apparaît à l'E. de Trens est celui de Mauls, dans la vallée de l'Isack (limite dinarique). — Échelle de 1 : 100 000 (longueurs et hauteurs).

1. F. Teller, *Geologische Mittheilungen aus der Oetzthaler-Gruppe* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1878, p. 66).

des Crinoïdes et qui plonge au N.W. sous le gneiss, de 60 à 80°.

Cette localité est située à 10 kilomètres à l'Ouest de la Telfer Weisse, représentant la terminaison extrême vers le Sud du *Tribulaun-Gebirge*, chaîne d'environ 30 kilomètres de longueur qui s'étend du S. vers le N. et qui forme l'encadrement occidental des Tauern (fig. 173). A côté des travaux anciens de Stache et de Teller, nous devons maintenant tenir compte des recherches de Frech².

Les rapports du Schneeberg avec la Telfer Weisse et aussi avec la Gschleyer-Wand, qui se relie à ce sommet sans aucune interruption, sont essentiels à considérer. Un petit affleurement de dolomie plongeant vers le N., découvert par Frech à la Geringer-Alpe, montre cette continuité. Notre interprétation de la Telfer Weisse diffère de celle de Frech. On y voit la même succession de roches qu'au Schneeberg, mais en ordre inverse. Ici, le gneiss est en bas; puis vient le Trias, sur lequel reposent les micaschistes. En même temps, la direction des couches tourne sur ce point de l'Est vers le Nord. Il s'est produit une déviation accompagnée d'un renversement. Les choses se passent comme si l'on avait atteint ici l'extrémité de l'avant-pays flottant, c'est-à-dire l'angle du massif de gneiss du Stubai, et comme si le Trias et les micaschistes avait débordé sur la lisière³.

Tout le Tribulaun-Gebirge est poussé, à partir des Tauern, par-dessus le bord du massif gneissique du Stubai. Rothpletz a donné à peu près la même interprétation⁴. Le Tribulaun-Gebirge n'est pas formé par les restes d'une couverture transgressive de Trias, qu'aurait épargnés la dénudation, mais bien par une bordure chevauchante. C'est pourquoi il n'existe pas ailleurs, dans le Massif du Stubai, d'autres lambeaux de dénudation. Le repos sur le gneiss, tout le long du bord occidental, n'est pas normal; les termes les plus profonds manquent. L'épaisseur totale des parois calcaires au-dessus du gneiss est, à l'Ouest, de 1 100 à 1 200 mètres; mais elle comporte des répétitions dues au plissement. Au-dessus de ces retours successifs, avec coins de

1. A. v. Elterlein, *Beiträge zur Kenntniss der Erzlagerstätte des Schneebergs bei Mayrn in Südtirol* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XLI, 1891, p. 289-348, pl. IV : carte et coupes); E. Weinschenk, *Die Erzlagerstätte des Schneebergs in Tirol* (Zeitschr. f. prakt. Geol., XI, 1903, p. 231-237); on trouvera une description détaillée dans Frech, mém. cité. Des Crinoïdes ont été également signalés au Moarer Weissen, situé dans le voisinage.

2. F. Frech, *Ueber den Gebirgsbau der Tiroler Centralalpen mit besonderer Rücksicht auf den Brenner* (Wissensch. Ergänz.-Hefte zur Zeitschr. d. Deutsch u. Oesterr. Alpenver. II, I. Heft, Innsbruck, 1905, 98 p., 25 pl. et 1 carte géol. du Brenner).

3. Frech a séparé la Gschleyer Wand (avec la Telfer Weisse) et la dolomie de Pflersch du groupe du Tribulaun; il considère ce massif comme représentant un pli déversé vers le Sud. Termier le regarde au contraire comme faisant partie du Tribulaun. Termier le relie de même hypothétiquement, vers le Sud, à la bande de Sprechenstein (Ratschings); Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., V, 1905, p. 231.

4. A. Rothpletz, *Geologische Alpenforschungen*, II, p. 208 et suiv.

calcaires micacés et de schistes pyriteux qui sont attribués à l'étage rhétien, Frech a encore trouvé, sur le sommet de la Kesselspitz (2 722 m.), un petit lambeau de Lias à *Arietites*.

Les hautes murailles de l'Ouest donnent une idée inexacte de la puissance de la formation. La coupe transversale du Trias atteint en réalité un coin, et la diminution de l'épaisseur vers l'Est peut se constater dans les vallées transversales du Tribulaun : elle est si rapide que le long de la route du Brenner, à 8 kilomètres à l'Est du Hoher Tribulaun, il ne subsiste plus, par endroits, qu'un mince liséré de dolomie (fig. 174), souvent masquée par les éboulis, et à laquelle sont associés des quartzites et de la serpentine, éléments plus anciens manquant à l'Ouest. En même temps, le gneiss du Stubai disparaît dans les vallées transversales. Au Nord, par suite de l'érosion du Trias, il s'avance encore près de Matrei jusqu'à la route du Brenner, mais sans atteindre l'intérieur des Tauern.

Au Sud, à la Gschleyer-Wand, les micaschistes de Schneeberg reposent sur le Trias; mais au Nord de ce point, on voit un lambeau assez étendu de schistes avec empreintes végétales du terrain houiller supérieur s'élever en partant de l'Est sur le coin¹. D'après Frech, on rencontre également des lambeaux de terrain houiller supérieur, pincés dans les plis du Trias.

1. Pichler l'a découverte; F. v. Kerner, *Die Carbonflora des Steinacherjoches* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XLVII, 1897, p. 365-386, pl. VIII-X), et Verhandl. d^o. 1906, p. 130-131. En parcourant, à l'époque de la construction du chemin de fer, en 1863, cette partie de la ligne, on m'a montré du graphite provenant du tunnel de Jodok.

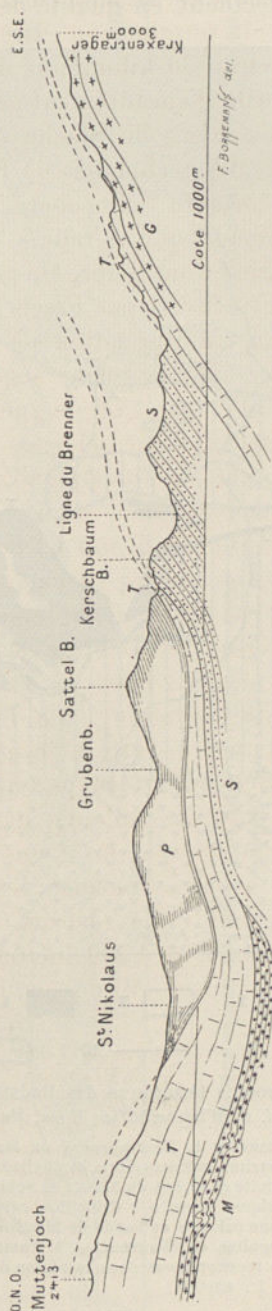


FIG. 174. — Coupe du Muttenjoch au Kraxentragger (Brenner), d'après P. Termier (Bull. Soc. Géol. de France, 4^e sér., V, 1905, p. 219, fig. 3).

G. Gneiss du Tuxerkern; S. Schistes lustrés et roches vertes; M. Micaschistes; T. Trias (marbres, dolomies et quartzites); P. Phyllades paléozoïques. — Les assises marquées en Trias sous les Schistes lustrés comprennent le *Hochsteingrauk* de M. Boeke. La racine de la nappe triasique du Muttenjoch est à 11 kilomètres environ au S.E. du Silltal. — Échelle de 1 : 100 000 (longueurs et hauteurs).

Au Nord, à partir des environs de Matrei, le Trias et le Carbonifère supérieur effectuent, en qualité de bordure des Tauern, et comme au



Fig. 175. — Croquis tectonique des Radstädter Tauern, d'après V. Uhlig (*Sitzungsberichte K. Akad. d. Wissenschaften Wien, Mathem.-naturwiss. Kl., CXVII, Abt. 1, 1908*).

Nappes lépontiennes : 1. *Zentralgneiss* du Massif du Hochalm et du Sonnblick ; 2. Micaschistes, marbres, quartzites, schistes verts et phyllades (*Schieferhülle*). — Nappes des Tauern ; 3. Quartzites, schistes à sérinite et roches du Massif de Schladming ; 4. Dolomies à Gyropores, schistes pyriteux, marbre jurassique, calcaire à Crinoïdes, carneules. — Nappes austro-alpines : 5. Zone des Grauwackes ; 6. Zone calcaire et bande de Mandling. — 7. Micaschistes grenatifères et gneiss ; 8. Dépôts tertiaires à lignites de Wagrein. — 9. Contact normal ; 10. Contact anormal ; 11. Fenêtres et 12. Lambeaux de recouvrement dans la région des nappes lépontiennes ; 13. Bord frontal des nappes. — Échelle de 1 : 400 000.

Sud par la Telfer Weisse, une nouvelle conversion suivant un angle presque droit. La direction devient alors E.-W. et l'avant-pays n'est

plus formé par le Stubai, mais par les phyllades anciens du Pinzgau, qui sont difficiles à séparer du terrain houiller supérieur, occupant de ce côté une largeur plus grande. Le Trias se montre, d'après Fr. E. Suess, sous forme de coins pincés dans le Carbonifère et il est affecté en même temps, notamment sur les Tarnthaler Köpfe (2891 m.), par des déversements importants vers le Nord, quoiqu'un pendage presque vertical vers le N. soit visible dans les parties plus profondes. Ce contraste indique une courbure en genou des couches vers l'avant-pays. Rothpletz signale des fossiles rhétiens dans cette région.

Sur les hauteurs, les synclinaux s'ouvrent vers le Nord; les murailles dolomitiques regardent vers le Nord, de même que dans le Tribulaun-Gebirge elles regardaient vers l'Ouest; dans les deux cas, elles tournent le dos aux Tauern¹.

1. Franz E. Suess, *Das Gebiet der Triasfalten im Nordosten der Brennerlinie* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XLIV, 1894, p. 589-670, pl. X-XIII, carte); Rothpletz y a également rencontré des fossiles rhétiens. [Voir aussi A. P. Young, *On the Stratigraphy and Structure of the Tarnthal Mass*,

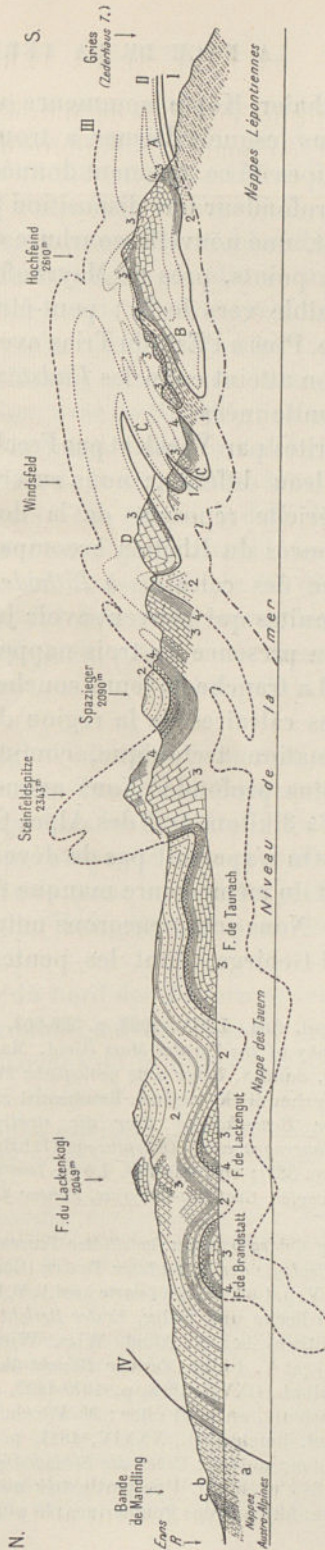


FIG. 176. — Coupe des nappes des Radstädter Tauern, d'après V. Uhlig (Sitzungsberichte k. Akad. d. Wissenschaften Wien, Mathem.-naturwiss. Kl., CXVII, Abt. 1, 1908, Taf. II, fig. 3).

Nappes lépontiennes : Groupe des *Kalkphyllite* de la *Schieferhülle*. — Nappes des Tauern : 1. Gneiss schisteux; 2. Quartzites et schistes à sérinite; 3. Dolomites à Gyroporolites; 4. Schistes pyriteux et marbres jurassiques à Crinoïdes et Bélemnites; 5. Cargneules et brèche de friction. — Nappes austro-alpines : a. Phyllades du Pinzgau; b. Schistes noirs siliceux de la bande de Mandling; c. Dolomie brécholite de la bande de Mandling; — I. Contact anormal entre les nappes Lépontiennes et les nappes des Tauern; II. Contact anormal entre la série calcaréo-dolomitique et la série gneisso-quartzitique (au sommet); IV. Contact anormal entre la série calcaréo-dolomitique et la série gneisso-quartzitique (à la base); III. Contact anormal entre les nappes des Tauern et la zone des *grauwackes* (austro-alpine). — Principales digitations de la nappe des Tauern : A. Speiereck; B. Hochfeind; C. Lanschfeld; D. Nappe des Tauern proprement dite. — Échelle de 1 : 120 000 (longueurs et hauteurs). — La partie méridionale de la coupe a été dessinée par le Dr L. Kober.

Avec les Tarnthaler Köpfe commence une traînée de lambeaux épars de Trias, dans lesquels Diener a trouvé, près de Krimml, des Diplopores. Les coupes de ce gisement données par Diener et par Löwl montrent dans la profondeur une disposition presque verticale des couches et, vers le haut, une nouvelle courbure en genou vers le N. ¹.

Entre ces deux points, près de Mayrhofen, règne, d'après Becke, un pendage très faible vers le N.; peut-être ce fait indique-t-il une érosion plus intense. Plus à l'Est, du Trias avec de la serpentine réapparaît près de Lind; on atteint enfin les *Radstädter Tauern* (fig. 175), que nous avons déjà mentionnées.

Elles ont été décrites par Vacek et par Frech; Uhlig, plus récemment, en a donné un tableau différent; nous suivrons ses indications ². Sur des quartzites à séricite reposent de la dolomie à Diplopores, des schistes pyriteux foncés du Rhétien accompagnés d'une lumachelle de Bivalves, ainsi que des calcaires à *Lithodendron*, puis des calcaires jurassiques à Bélemnites qui peuvent avoir jusqu'à 200 mètres d'épaisseur. On constate la présence de trois nappes plongeant vers le N. (à Tweng vers l'E.). La tranche de leurs couches regarde vers le S. et le S.W. Les phyllades calcaires de la région des Tauern leur succèdent dans la même situation tectonique, comme si elles formaient une quatrième nappe plus profonde. Nous avons déjà dit que ces nappes s'approchent jusqu'à 3 kilomètres des Alpes Orientales et plongent sous celles-ci (fig. 176). On n'aperçoit pas de déversement vers l'avant-pays.

Un déversement du même genre manque également sur le côté méridional des Tauern. Nous commencerons notre étude par le Sud-Ouest.

Dans le Texel-Gebirge, dont les pentes s'inclinent vers l'Adige

Tyrol (Quart. Journ. Geol. Soc., LXIV, 1908, p. 596-603, carte dans le t.), et *Notes on the Structure and Physiography of the Tarnal Mass* (Geol. Mag., Dec. 5, VI, 1909, p. 339-346, pl. XV-XVIII : phot.); B. Sander, *Ueber neue geologische Forschungen im Gebiete der Tarntaler Köpfe, Navistal, Tirol* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1910, p. 43-50).]

1. C. Diener, *Einige Bemerkungen über die stratigraphische Stellung der Krimmler Schichten und über den Tauerngraben in Oberpinzgau* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., L, 1900, p. 383-394; coupe de la p. 385); voir aussi F. Löwl, *Der Gross-Venediger* (Ibid., XLIV, 1894, p. 519), et IX. *Internationaler Geologen-Congress. Führer für die Eckursionen in Oesterreich*, Wien, 1903, IX, p. 11.

2. Fr. Frech, *Ueber den Gebirgsbau der Radstädter Tauern* (Sitzungsber. Akad. Wiss. Berlin, 1896, p. 1255-1277), et *Geologie der Radstädter Tauern* (Geol. u. Paleont. Abhandl., herausg. von Koken, Neue Folge, V, p. 1-66, 38 fig., 1 carte géol.); V. Uhlig, *Aus dem mesozoischen Gebiete der Radstädter Tauern* (in Becke und Uhlig, *Erster Bericht über petrographische und geotektonische Untersuchungen*: Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturwiss. Cl., Abt. I, CXV, 1906, p. 1719-1737) [et V. Uhlig, *Zweiter Bericht über geotektonische Untersuchungen in den Radstädter Tauern* (Ibid., CXVII, 1908, p. 1379-1422, pl. I-III : phot., coupes et carte).] Parmi les travaux antérieurs, on peut citer : M. Vacek, *Beitrag zur Geologie der Radstädter Tauern* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XXXIV, 1884, p. 609-634, pl. XI : coupes), et une note plus récente du même auteur : *Ueber die Schladminger Gneissmasse und ihre Umgebung* (Verhandl. d., 1893, p. 386 et suiv.). Une partie très notable du Trias est transformée en micaschistes calcaires renfermant des Pentacrines; la plupart des fossiles que j'ai recueillis

au-dessus du Meran, Teller a découvert une nouvelle bande de calcaire et de marbre. Elle affleure dans un ravin au-dessous de la cime du Texel (3 320 m.); le Loder (3 268 m.) et la Hohe Weiss (3 282 m.) en font partie. Elle décrit, en s'étendant vers le N.E., un arc légèrement convexe vers le N.W., passe à travers le Pfeldersthal et par la Weisse Wand dans la vallée de Ratschings, où elle se manifeste dans une série de carrières de marbre, et elle atteint, après un parcours souvent interrompu de 34 kilomètres, la route du Brenner¹.

Sur son prolongement tombe sans doute la trace que Termier a rencontrée en aval de Thuins, près de Sterzing; et sa continuation plus lointaine est indiquée, au voisinage et au Nord du gneiss de Sprechenstein, par du calcaire associé à de la serpentine. Là commence une zone de Trias, se prolongeant vers l'Est jusqu'au delà de Windisch-Matrei et délimitant au Sud, suivant une ligne d'abord interrompue, puis continue, la moitié occidentale des Tauern. Elle a été décrite avec soin par Löwl; des quartzites, des dolomies, des micaschistes calcaires, des schistes lustrés (*Glanzschiefer*), du gypse et de la serpentine prennent part à sa constitution. Ces couches, sur les points les mieux connus, sont fortement redressées².

Plus à l'Est, dans la région où elle commence à se diriger vers le S.E., la limite méridionale des Tauern est moins connue; cependant, d'après les levés de Granigg dans le Möll-Thal, les choses semblent se passer comme si du Trias, accompagné de serpentine, sortait du cœur des Hohe Tauern elles-mêmes pour se diriger jusqu'au bord, sur le flanc méridional du noyau du Hochalm³, et pour constituer cette bordure près de Döllach⁴.

Terminons ici l'examen du bord des Tauern et rendons-nous encore une fois sur la route du Brenner, suivant laquelle nous nous déplacerons du Sud au Nord, en partant de la tonalite qui jalonne la limite dinarique. Nous traversons d'abord le granite de Brixen, puis une zone de gneiss et de phyllades gneissiques, qui vient du Passeier et se dirige vers les Alpes de la Mur. Une bande de Trias, qui se dirige vers

proviennent des abords de la Mittereckalpe (voir Anzeiger k. Akad. Wiss. Wien, 20 nov. 1890).

1. F. Teller, *Aufnahmen im oberen Oetz- und Passeier-Thale* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1877, p. 231-235); *Geologische Mittheilungen aus der Oetzthaler Gruppe* (Ibid., 1878, p. 64-66); et *Ueber die Aufnahmen im unteren Vintschgau und im Iffingergebiete bei Meran* (Ibid., 1878, p. 392-396).

2. F. Löwl, dans plusieurs publications, notamment IX. *Internationaler Geologen-Congress, Führer für die Exkursionen in Oesterreich*, Wien, 1903, IX, p. 20, 21.

3. F. Becke, *Bericht über die Aufnahmen am Nord- und Ostrand des Hochalmmassivs* (Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturwiss. Cl., Abt. I, CXVII, 1908, p. 371-404, 1 pl. : carte et coupes); *Bericht über geologische und petrographische Untersuchungen am Ostrande des Hochalpkerns* (Ibid., CXVIII, 1909, p. 1045-1072).]

4. B. Granigg, *Geologische und petrographische Untersuchungen im Ober-Mölltal in Kärnten* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., LVI, 1906, p. 367-404, pl. X, carte de la p. 384).

le Lienzer Gebirge, l'accompagne; ce Trias a le faciès austro-alpin. Jusqu'ici, c'est-à-dire jusqu'à Sprechenstein, nous regardons les terrains traversés comme appartenant à la moitié méridionale des Alpes Orientales.

A partir du Texel-Gebirge, en passant par Ratschings, s'étend au Nord de Sprechenstein une bande de marbre qui est peut-être du Trias métamorphique. Dans son prolongement, en effet, on rencontre la marge de Trias, formant le bord Sud des Tauern, qui se dirige du Brenner vers Windisch-Matrei.

A 5 kilomètres plus au Nord se trouve l'extrémité méridionale du Tribulaun-Gebirge. Là aboutit une nouvelle bande de marbre venant de Schneeberg. Elle semble, à la Telfer Weisse, se relier au Tribulaun-Gebirge, qui tourne vers le Nord et forme le long de la route du Brenner le bord occidental des Tauern, poussé vers l'Ouest sur le gneiss du Stubai.

Près de Matrei, la bordure mésozoïque passe de la direction S.-N. à la direction W.-E., pour rejoindre, en formant l'encadrement septentrional, les Radstädter Tauern.

Au delà de Matrei et d'une bande de schistes peut-être carbonifère on atteint les quartzophyllades anciens du Pinzgau et la langue de mica-schistes et de gneiss qui vient du Stubai. Ces roches se dirigent vers les Alpes de la Mur; elles forment près d'Innsbruck le soubassement normal de la zone calcaire austro-alpine, et elles appartiennent avec celle-ci à la moitié septentrionale des Alpes Orientales¹.

Termier a admis que la fenêtre des Tauern était fermée sur tout son pourtour. La description donnée ici indique, à titre d'hypothèse, une étroite ouverture au Sud-Ouest. Deux bandes de marbre, dont l'une va passer près de Gurgl dans l'Oetzthal et l'autre au Texel-Gebirge, pourraient bien indiquer un prolongement de la fenêtre vers le S.W. En fait, Teller a attribué l'espace compris entre le gneiss du Passeier au S.W. et celui de l'Oetzthal au N.W. aux Schistes lustrés (*Kalkphyllit*); mais il importe de remarquer que ses travaux, d'ailleurs très méritoires, appartiennent à une époque où ne se posaient pas encore les questions agitées à l'heure actuelle : l'hypothèse d'un prolongement éventuel de la fenêtre ne pourra donc être confirmée ou infirmée qu'après une nouvelle étude du terrain. Toutes les questions restées sans réponse, à propos du marbre de Laas, se posent donc une fois de plus devant nous.

1. Frech (*Ueber den Gebirgsbau der Tiroler Centralalpen*, p. 20) signale le long du chemin de fer, près d'Amras, un lambeau de Trias encastré dans les phyllades anciens; j'ai visité la localité et je ne puis m'associer aux doutes que cette indication a suscités. D'après sa position, il semble que ce lambeau doive être considéré comme austro-alpin.

Quel que soit le résultat final auquel on arrive, au sujet de ce prolongement vers le Sud-Ouest, le problème tectonique principal n'en est pas moins résolu par l'analyse de la structure de l'encadrement mésozoïque des Tauern; et il l'est dans le sens qu'a indiqué Termier. —

Nous n'examinerons que brièvement la structure de la partie encadrée par le Trias, celle qu'occupent les phyllades calcaires et le gneiss central, parce que les opinions sont encore trop divergentes au sujet du premier terme et qu'il convient, pour le second, d'attendre la suite des travaux de Becke.

Quand, dans la fenêtre de l'Inn, soit près de Nauders, soit à Prutz dans le Kaunser Thal, on voit les schistes des Grisons plonger sous le gneiss de l'Oetz, on se demande involontairement si ces schistes ne réapparaissent pas quelque part plus à l'Est. De fait, dès 1873, Stache, qui a consacré tant d'années de sa laborieuse carrière à l'étude des schistes alpins, remarquait que les schistes calcaires (*Kalkschiefer*) de Nauders et du Kaunser Thal avaient des « équivalents très analogues » (*sehr entsprechende Aequivalente*) dans le Zillertal et tout spécialement au Brenner, entre Steinach, Gries et Gossensass¹. Termier a risqué l'hypothèse qu'ils reparassent réellement dans la *Schieferhülle* des Tauern. Ceci correspondrait à la disposition générale des couches, et aussi à la remarque faite par Uhlig que, dans les Radstädter Tauern, les couches de phyllades calcaires qui se présentent au-dessous des trois nappes de Trias, plongeant vers le N., jouent tout à fait le rôle d'une nouvelle nappe. Une preuve directe manque encore dans ces terrains, qui ont été si profondément modifiés par la pression, et sur le pourtour desquels une grande partie du Trias authentique, fossilifère, a été transformé en marbres en plaquettes contenant des feuillettes de mica et en micaschistes calcaires rayés. Becke et Löwl distinguent dans la *Schieferhülle* un terme inférieur et un terme supérieur; mais quant à l'âge de ces deux étages, les hypothèses sont à peu près aussi différentes les unes des autres que relativement aux « calcaires phylliteux » de la Vanoise².

Abstraction faite de la constitution originelle des noyaux granitiques ou plus ou moins tonalitiques (c'est-à-dire de l'ensemble désigné sous le nom de *Central-Gneiss*), et quel que puisse être leur âge, il est certain que les plus importants d'entre eux ont subi plus tard des pressions énergiques, qui se sont exercées perpendiculairement à la direction des Alpes. Ce fait est clairement indiqué par l'allure des contours du noyau du Venediger, qui projette comme des langues au Sud-Ouest et au

1. G. Stache, *Notizen aus den Tiroler Centralalpen* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1873, p. 222, 223).

2. Voir, par exemple, la discussion dans Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., VI, 1906, p. 431.

Nord-Est¹. Ces ramifications rappellent tout à fait les ennoyages avec digitations (*Verfaltungen*) qui se présentent à l'extrémité des massifs du Mont-Blanc et du Finsteraarhorn. On doit les considérer comme autant d'anticlinaux, séparés par des synclinaux dont le plus connu est le lambeau de Greiner. Ces synclinaux sont le lieu d'élection d'un métamorphisme dynamique des roches particulièrement intense. Ils montrent que là, comme dans les exemples que nous avons mentionnés en Suisse, les voûtes primitives n'exercent pas sur la configuration actuelle une influence aussi importante que la surélévation simultanée des axes de plusieurs plis parallèles, surélévation résultant d'une compression latérale et en conséquence de laquelle, il est vrai, les synclinaux vont généralement se perdre vers le milieu de la saillie.

Ces noyaux granitiques sont donc, tout à fait comme le Mont-Blanc, d'origine intrusive, mais ils ont été amenés d'une manière purement passive à la position qu'ils occupent aujourd'hui.

Les Tauern constituent, en définitive, une fenêtre entre la moitié septentrionale et la moitié méridionale des Alpes Orientales. En même temps que le gneiss central a été surélevé dans cette fenêtre, d'une manière passive et longtemps après son refroidissement, par une compression latérale venant du Sud ou du Sud-Est, il a entraîné avec lui, de bas en haut, une bordure de Trias et de Jurassique, et l'a retroussée ou refoulée vers l'Ouest et le Nord-Ouest, au delà du cadre. Le cadre lui-même, quand il n'est pas déversé, se recourbe des Tauern vers l'extérieur.

On pourrait s'en tenir à une explication plus simple et admettre que la nappe austro-alpine aurait autrefois recouvert les Tauern à la manière d'une haute coupole, et aurait été détruite sur les sommets par l'érosion; mais la poussée de la bordure lépontiennne au delà de la périphérie s'oppose à cette conception et conduit à l'hypothèse d'une surélévation postérieure, à peu près comme dans la zone du Mont-Blanc (p. 718), quoiqu'ici le mouvement ait été gêné par le cadre. Les Carpathes nous fourniront un résultat analogue.

Nous avons qualifié le Trias du Semmering d'exotique par opposition au Trias austro-alpin. Ici, où les circonstances de gisement sont plus claires et où l'échelle est bien autrement grandiose, *ce Trias a plus de droits à être qualifié d'autochtone que le Trias des Alpes Orientales lui-même.*

Les horizons les plus anciens, le terrain houiller d'eau douce, que l'on peut difficilement séparer des schistes à demi-cristallins ou cristal-

1. F. Becke und F. Löwl, *Geologische Uebersichtskarte des Westabschnittes der Hohen Tauern* (IX. Internationaler Geologen-Congress. Führer für die Exkursionen in Oesterreich, 1903, VIII und IX).

lins, les quartzites du Trias inférieur et les roches vertes sont caractéristiques du faciès piémontais; les Gyroporelles, la dolomie et le calcaire à *Lithodendron* sont communs à la zone du Briançonnais et aux Alpes Orientales; les bancs à Pentacrines rappellent la première. Le Rhétien, les couches à *Arietites* et le Jurassique à Bélemnites peuvent être attribués aussi bien à la zone du Briançonnais qu'aux Alpes Orientales.

Les Alpes Calcaires Orientales. — Les Alpes Calcaires Orientales forment, du Rhin jusqu'à Vienne, un parallélogramme long de 480 kilomètres, dont la largeur est remarquablement constante. A l'extrémité Ouest, dans le Vorarlberg, cette largeur ne comprend, il est vrai, que 12 à 15 kilomètres; mais déjà à l'Ouest de Füssen en Bavière elle en a 45, puis elle en mesure 40 sur le méridien d'Innsbruck, 43 sur celui de Salzbourg, 48 sur celui de Gmunden et 37 sur celui du Schneeberg, près de Vienne, où la déviation vers les Carpathes est très marquée. Le rétrécissement qui affecte les zones internes des Alpes, au voisinage du Brenner, ne se traduit en aucune façon dans la largeur de la zone calcaire.

Cette zone se compose presque exclusivement de sédiments mésozoïques. Comme la nappe austro-alpine forme la partie tectoniquement la plus élevée des Alpes, ces sédiments, charriés vers l'extérieur et flottants, n'ont que rarement subi l'empreinte du métamorphisme mécanique; et les transformations de ce genre se localisent au voisinage des surfaces de friction, le long des failles, par exemple dans la formation salifère. On n'a pas à y signaler l'influence dynamique de lourdes masses pesantes. On y trouve cependant des plis, des chevauchements, des nappes de recouvrement et des juxtapositions de faciès hétérogènes, combinés de la façon la plus variée.

Deux particularités de nature spéciale appartiennent en propre à cet élément des Alpes.

La première est sa délimitation rectiligne, au Nord comme au Sud. Au Nord, il y a, vers la zone du Flysch, une dislocation qui, sur une longue distance, est un chevauchement. Au Sud, les hautes parois calcaires de cette partie des Alpes ressemblent à une tranche de couches. C'est là que se trouvent les plus grandes altitudes; les sédiments y sont franchement pélagiques. On ne voit aucune terminaison naturelle, aucune trace d'une côte, ni, sauf quelques exceptions peu nombreuses (dans la bande de Mandling ou au Gaisberg dans le Tyrol Oriental), aucun lambeau avancé, aucune langue transgressive débordant sur les montagnes situées plus au Sud, jusqu'à la Gurk. Une partie, non la moindre, le long de la limite méridionale, repose en discor-

dance, mais bien en place, sur une série qui va du Silurien au Carbonifère inférieur; l'autre surmonte des roches encore plus anciennes. Les dislocations qui courent à l'intérieur de la zone calcaire semblent tout à fait indépendantes de ces deux limites rectilignes, notamment en ce qui concerne la limite septentrionale, et paraissent plus anciennes; elles sont assez souvent coupées par ces limites.

La seconde particularité consiste en ce qu'on ne voit nulle part, sauf le long de la terminaison méridionale, le substratum des schistes de Werfen, c'est-à-dire des couches inférieures du Trias. Les choses se passent comme si toutes les dislocations que l'on rencontre dans les limites de la zone calcaire se terminaient à l'intérieur des schistes de Werfen et de la formation salifère, qui appartient également au Trias inférieur, soit par un *rabotage de la base*, soit de toute autre façon. C'est ainsi que, d'un bout à l'autre de la Chaîne du Jura, on ne voit nulle part affleurer le soubassement du groupe de l'Anhydrite. Buxtorf en conclut que la couverture sédimentaire du Jura doit s'être détachée de son substratum et qu'elle constitue une « nappe de décollement » (*Abscherungsdecke*)¹. Les mouvements tangentiels sont, dans les Alpes Calcaires, beaucoup plus considérables que dans le Jura, mais le plan tectonique reste le même.

Les mouvements sont d'âges divers. Sur quelques points, par exemple dans le Tyrol Oriental et en particulier au voisinage de la limite septentrionale, des transgressions marines, discordantes, montrent que certaines parties de l'édifice sont d'âge antécénomannien, comme dans les Carpathes. Ailleurs, les couches de Gosau débutent par un conglomérat², avec veines de charbon, Gastropodes d'eau douce et Reptiles terrestres; elles s'étendent de plus sur différents horizons du Trias et ont été violemment disloquées par des mouvements plus récents.

Les mouvements sont, d'ailleurs, de nature très diverse. Leur variété et l'état encore incomplet des observations nous permettent seulement d'ajouter ici quelques nouveaux exemples à ce que nous avons déjà dit, en particulier sur la *structure imbriquée* dans la Basse-Autriche (I, p. 145), mais non de donner une vue d'ensemble.

Tout d'abord, il nous faut revenir sur ce que nous avons appelé le *rabotage de la base*. La faible résistance offerte aux mouvements tecto-

1. A. Buxtorf, *Zur Tektonik des Kettenjura* (Bericht XXXX. Versamml. Oberrhein. Geol. Ver. zu Lindau, 1907, 10 p.); le même, *Geologische Beschreibung des Weissensteintunnels und seiner Umgebung* (Beitr. zur Geol. Karte der Schweiz, Neue Folge, XXI, 1907, p. 1-125, pl. I-IV : carte et coupes; en particulier p. 103).

[2. O. Ampferer und Th. Ohnesorge, *Über exotische Gerölle in der Gosau und verwandten Ablagerungen der tirolischen Nordalpen* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., LIX, 1909, p. 289-332, 28 fig. dans le t.)]

niques par l'argile salifère a exercé une influence profonde sur la structure des massifs calcaires qui la surmontaient, dans le Salzkammergut, par exemple, en même temps que cette argile salifère subissait elle-même le contre-coup de ces mouvements. Sous l'énergique effort de ces derniers, de longs rubans de sel gemme se sont secrétés dans l'argile, et il en est résulté une structure que Kohler a cherché à expliquer en s'appuyant sur les publications consacrées par Becke à la formation des schistes cristallins¹. Il y a eu, de plus, transport de lambeaux exotiques. Le Lias, qu'on a rencontré à 125 mètres de profondeur dans la saline de Berchtesgaden, a été regardé comme la trace d'une surface de charriage. C'est un fragment détaché, de même que

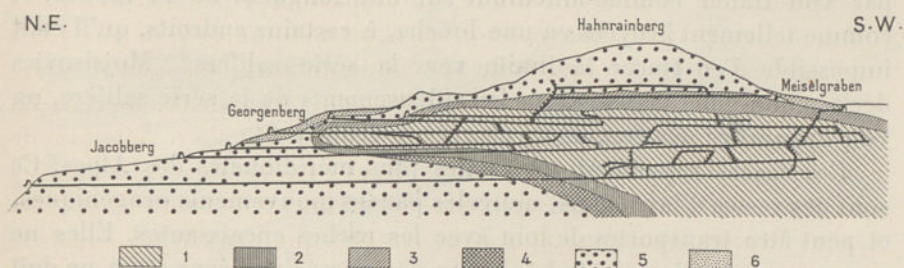


FIG. 177. — Coupe longitudinale du gîte de sel de Hallein (Salzbourg), d'après A. Aigner (*Berg- und Hüttenmänn. Jahrb. aus Oesterreich*, XL, 1892, pl. III, fig. 6).

1. Terrain salifère; 2. Gypse; 3. Produits de dissolution (*Ausgelaugtes*); 4. Marnes de Zlambach; 5. Calcaires de Hallstatt; 6. Dépôts superficiels (Quaternaire). — Échelle de 1 : 25 000 environ.

les blocs tithoniques de Hallstatt, qui apparaissent au milieu de la série salifère, à 260 mètres au-dessous du sol². Ces lambeaux charriés, de même que les bandes de sel gemme, indiquent le rabotage déjà signalé de cette base de la série des couches³.

Il est plus difficile de s'expliquer le fait que, malgré ce rabotage, suivant une surface sensiblement horizontale, des roches intrusives puissent apparaître.

On a prêté jusqu'ici trop peu d'attention à ces affleurements épars.

1. E. Kohler, *Ueber die sogenannten Steinsalzzüge des Salzstocks von Berchtesgaden* (Geognost. Jahreshfte, München, XVI, 1903, p. 105-124). Ces gisements sont très différents des amas de sel de Roumanie, qui surgissent comme des corps solides au milieu des argiles miocènes et régissent le plissement. Il est possible que là, au bord des montagnes, la charge ait été moindre. Wieliczka représente la transition entre le plissement et le rabotage.

2. A. R. Schmidt, *Ueber den Aufschluss des Salzlagers zu Hallstatt* (Oesterr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenw., XXI, 1873, p. 81, 82).

3. Les coupes d'ensemble d'Aigner montrent nettement la succession particulière des couches, d'où il résulte que le gîte salifère de Hallein et de Berchtesgaden représente un pli couché (fig. 177); A. Aigner, *Der Salzbergbau in den österreichischen Alpen* (Berg- und Hüttenm. Jahrb. aus Oesterreich, XL, 1892, p. 203-380, pl. III-VI; en particulier p. 211, pl. III). [Voir aussi M. Schlosser, *Das Triasgebiet von Hallein* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch., L, 1898, p. 333-384, pl. XII, XIII : cartes et coupes).]

Ils se rencontrent dans les schistes de Werfen et dans la série salifère, ou encore dans les couches de Gosau, qui si souvent reposent directement sur les schistes de Werfen et qui sont affectées par les mêmes accidents. Sur le bord méridional du Lac de Sankt-Wolfgang, à la limite de la nappe de l'Osterhorn et de celle du Schafberg, se montrent du gabbro et de la serpentine; et sur la rive opposée, non loin de Sankt-Gilgen, des blocs de tonalite gros comme des maisons se rencontrent dans des affleurements des couches de Gosau qui appartiennent à la même limite. On connaît en plusieurs points du gabbro et de la diabase sous forme de blocs, dans la série salifère. Les mines de sel de Hallstatt ont fourni des porphyrites diabasiques, décrites dès 1879 par von Hauer comme affleurant sur une longueur de 44 mètres, et comme tellement broyées en une brèche, à certains endroits, qu'il était impossible d'en tracer la limite vers la série salifère¹. Mojsisovics déclare que dans presque tous les affleurements de la série salifère, on voit apparaître des fragments de roches éruptives².

Ces traces rappellent les parties plus méridionales des Alpes. Ce sont des restes d'intrusions, morcelés par les mouvements orogéniques, et peut-être transportés de loin avec les roches encaissantes. Elles ne s'accompagnent jamais de lambeaux de poussée archéens et on ne doit pas les confondre, par conséquent, avec les affleurements lépontiens de la bordure Nord des Alpes Calcaires. Les affleurements du Lac de Sankt-Wolfgang sont, à ce titre, particulièrement intéressants.

Il y a opposition complète entre ces phénomènes, qui se produisent vers la base autochtone mais rabotée des terrains calcaires, et le *plissement des sommets*, rare il est vrai, mais néanmoins très net.

A l'Est de l'Achen-See (Tyrol Oriental) s'élève le Sonwend-Gebirge. La série stratifiée de ce massif s'étend de la dolomie principale jusqu'au Crétacé; et ses termes inférieurs, très épais, sont disposés en plis larges et tranquilles. Mais Wähner a mis en évidence, à la suite de recherches poursuivies pendant plusieurs années et en s'appuyant sur les contrastes frappants des roches (coins de Lias rouge, de bancs à Radiolaires et de brèche à silex dans du calcaire récifal blanc), un plissement très violent qui affecte les parties culminantes. Quatre fois, et même davantage, on voit se superposer les unes aux autres des

1. La plupart des faits ont été réunis par C. v. John, *Ueber Eruptivgesteine aus dem Salzkammergut* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XLIX, 1899, p. 247-258); on signale également des roches paraissant contenir de la glaucophane et des schistes verts. Dans ces conditions, il est douteux que la wehrilite de la terrasse de la Traun, près de Gmunden, provienne réellement du massif bohémien. A une grande distance vers l'Est, à Würflach, près Wiener Neustadt, un pointement de serpentine surgit encore dans les schistes de Werfen.

2. Edm. von Mojsisovics, *Erläuterungen zur Geologischen Karte von Oesterreich*, Zone 15, Col. IX (*Ischl und Hallstatt*), Wien, 1905, p. 7.

écailles ou des plis subhorizontaux. Au Sonnwendjoch, les charnières anticlinales sont conservées dans un paquet de plis horizontaux de ce genre (fig. 178). Elles n'ont pu se former sans qu'il se produise un décollement de la puissante dolomie sous-jacente. Les explications de Wähner rappellent la comparaison, faite ailleurs par Termier, avec un ouragan qui balaye les cimes des arbres de la forêt¹.

Il existe également des *nappes*.

Rothpletz a depuis longtemps distingué deux nappes dans la partie bavaroise de la zone calcaire.

Ampferer donne un tableau très instructif de la transformation, dans

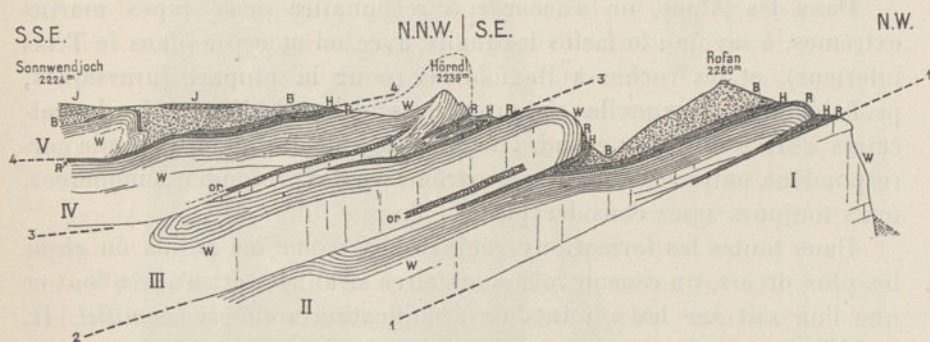


Fig. 178. — Coupe du Sonnwendjoch au Rofan, d'après Fr. Wähner (*Das Sonnwendgebirge im Unterinntal. Ein Typus alpinen Gebirgsbaues*, I. Teil. Leipzig-Wien, 1903. In-4°, p. 303, fig. 82).

W. Calcaire blanc récifal; or. Calcaire marneux (Rhétien supérieur); R. Calcaire rouge (Lias); H. Roches à Radiolaires; B. Brèche à silex; J. Jurassique supérieur. — I. Masse inférieure du Rofan; II. Masse supérieure du Rofan; III. Masse du Hörndlschneid; IV. Masse de la Sagzahn; V. Masse du Sonnwendjoch. — Échelle de 1 : 16 000.

le Nord du Tyrol, de quelques longs plis s'étendant de l'E. à l'W. en une nappe, allongée suivant la même direction et poussée vers le Nord (« Hindelang-Vomp-Platte »). Cette écaille se termine vers le Nord par de hautes parois de calcaire triasique, sous lesquelles se trouve une série de couches plus récentes (jusqu'au Jurassique), qui forment le toit d'une voûte (Stanserjoch); la voûte a été dépassée autrefois par l'écaille et celle-ci a laissé de l'autre côté de la voûte, c'est-à-dire au Nord, des lambeaux de recouvrement qui sont distants de 8 à 10 kilomètres du bord actuel de la muraille triasique (fig. 179)².

1. Fr. Wähner, *Das Sonnwendgebirge im unteren Inntale. Ein Typus alpinen Gebirgsbaues*. In-4°, xu-356 p., 19 pl. fotogr., 96 fig., 1 carte, Leipzig et Wien, 1903. Pour les bancs couchés du Sonnwendjoch, voir surtout la pl. XVII; voir aussi O. Ampferer, *Ueber den geologischen Zusammenhang des Karwendel- und Sonnwendjochgebirges* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1902, p. 108), [et *Studien über die Tektonik des Sonnwendgebirges* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., LVIII, 1908, p. 281-304, 11 fig. dans le t.).]

2. O. Ampferer und W. Hammer, *Geologische Beschreibung des südlichen Theiles des Karwendelgebirges* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XLVIII, 1898, p. 289-374, pl. VIII, IX : cartes); O. Ampferer, *Geologische Beschreibung des nördlichen Theiles des Karwendelgebirges* (Ibid., LIII,

Nous disons que l'écaïlle (Hinterau-Vomp) a dépassé la voûte (Stanserjoch); mais la possibilité n'est pas absolument écartée que le bombement du Joch ne soit plus récent que le recouvrement; on aurait alors une répétition de ce qui se passe pour les chaînes de la Suisse (Morcles, Diablerets, etc.), relativement aux lambeaux de recouvrement du Chablais, etc.¹.

Deux nappes de recouvrement au moins jouent un rôle très important dans la constitution du Salzkammergut. Les faits ne sont pas encore éclaircis dans le détail, mais l'hétéropie est particulièrement instructive dans ces régions riches en fossiles.

Dans les Alpes, on s'accorde à reconnaître deux types marins extrêmes, à savoir : le faciès lagunaire avec sel et gypse (dans le Trias inférieur), et les roches à Radiolaires (pour la plupart jurassiques, probablement), auxquelles s'ajoutent jusque dans le Néocomien les calcaires à *Aptychus*. Les grandes masses de calcaire et de dolomie correspondent, entre ces deux types extrêmes, à des profondeurs modérées, mais toujours assez considérables.

Dans toutes les formations géologiques et sur les points du globe les plus divers, on rencontre des calcaires stratifiés; et, d'après tout ce que l'on sait sur les « joints de stratification » (*Zwischenmittel*, II, p. 437), la stratification est causée le plus souvent, si ce n'est toujours, par des intercalations terrigènes. Mais il n'a cependant été donné aucun éclaircissement sur l'origine de la stratification ou du feuilleté dans les roches à Radiolaires, lesquelles se sont déposées loin de tout apport terrigène; et ici se pose dès lors une autre question, c'est de savoir si les apports terrigènes sont commandés par un rythme.

Un cliché de la Dent de Mezdi (2 888 m., Dinarides) montre 235 joints de stratification superposés, et la série ne se termine ni vers les sommets déchiquetés ni dans le bas du tableau. Il existe aussi des dolomies stratifiées (II, p. 437, note 1). La plupart des calcaires des Alpes Orientales sont stratifiés, et les calcaires récifaux massifs (par exemple dans le Tithonique) constituent une exception.

Les dolomies doivent probablement être regardées, d'après les observations de Sollas et de ses collaborateurs à l'île Funafuti, comme des transformations sous-marines du calcaire, postérieures à son dépôt².

1903, p. 169-252, pl. IX, X : coupes et stéréogramme tectonique de W. Hammer), et en particulier *Verhandl.*, 1906, p. 272; voir aussi A. Rothpletz, *Geologische Alpenforschungen*, II, p. 187-204.

1. C'est ce qu'indique également Ampferer; l'existence de masses de recouvrement n'est en même temps signalée que sous réserve. La nature des lambeaux (Rappenspitz) écarte tous les doutes; comparer avec Rothpletz, *Geologische Alpenforschungen*, II, p. 202, fig. 86.

2. *The Atoll of Funafuti. Borings into a Coral Reef and the Results*. Published by the Royal Society of London. In-4° et atlas, London, 1904; voir notamment J. W. Judd, p. 373 et suiv.

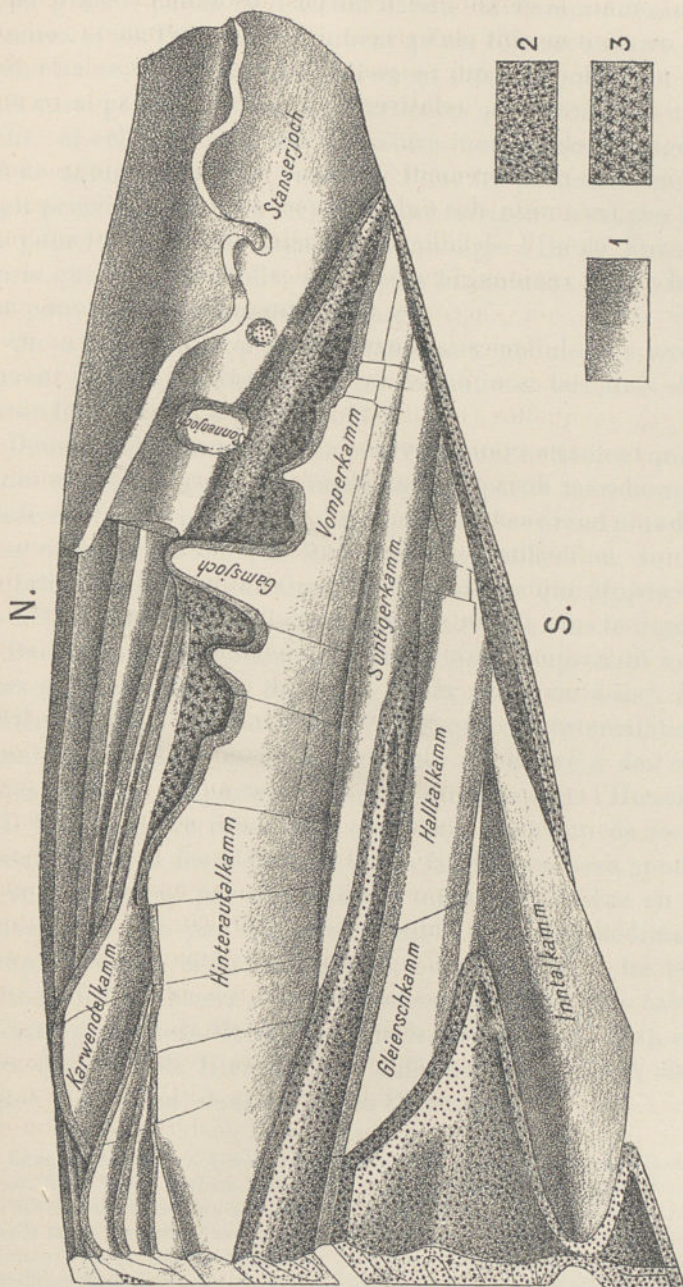


Fig. 179. — Stéréogramme du Karwendel-Gebirge, d'après W. Hammer et O. Ampferer (*Jahrbuch der k. k. Geol. Reichsanstalt*, LIII, 1903, pl. X).

1. Muschelkalk, Couches de Partnach, Dolomie du Wetterstein, Couches de Raibl; 2. Dolomie principale et Calcaires en plaquettes; 3. Conches de Kössen et terrain jurassique. — Échelle de 1 : 200 000 environ.

Le calcaire lui-même est d'origine organique, et provient sans doute ici en grande partie de l'accumulation de Foraminifères; les Algues calcaires et les Polypiers ne jouent qu'un rôle secondaire. L'apport terrigène ne se manifeste pas seulement dans les joints de stratification, mais aussi par la présence des particules qui donnent sa coloration à la roche; et celles-ci sont soit de nature inorganique (rouges et jaunes), soit de nature organique (noires). Pour les particules inorganiques (il s'agit principalement du fer), l'origine terrigène n'est pas aussi certaine que pour les particules organiques, quoique l'Île de Funafuti nous ait appris que, sur les atolls, des dépôts bitumineux tout à fait remarquables pouvaient également se former.

On a attribué trop d'importance aux nodules de manganèse; ils peuvent parfois, comme dans les formations tertiaires de la Russie, devoir leur origine à des Fucoides.

Dans le Salzkammergut, on peut constater nettement que les calcaires blancs et les dolomies dominent dans la partie méridionale des Alpes Calcaires et que, vers le Nord, l'apport terrigène prend plus d'importance, en se manifestant soit par les joints de stratification, soit aussi par la coloration variée des calcaires. Cela va si loin que Mojsisovics a estimé que les calcaires blancs si épais que l'on réunit sous le nom de calcaires du Dachstein correspondent à une période comprenant au moins sept zones paléontologiques du Trias et six zones du Lias¹. D'après cette manière de voir, ces zones ne seraient que des intercalations dans une formation pélagique commune; Diener est arrivé à des résultats analogues pour les rapports du Trias et du Lias dans l'Himalaya².

Il faut en outre remarquer que, dans beaucoup de séries calcaires puissantes, il y a des sédiments tout à fait blancs, sans apport terrigène, qui se distinguent par une richesse toute particulière en restes organiques (peut-être par suite de la faible teneur en sédiment). Comme exemples de tels sédiments blancs, on peut citer : les couches permienes des lambeaux de recouvrement du Tibet, les calcaires riches en Gastropodes de la Marmolata dans les Dinarides (Trias), et les couches à Brachiopodes de Hierlatz (Lias inférieur), de Vils et de Windischgarsten (Callovien) dans les Alpes Orientales.

1. Edm. v. Mojsisovics, *Ueber den chronologischen Umfang des Dachsteinkalkes* (Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturwiss. Cl., CV, 1896, Abt. 1, p. 5-40; en particulier p. 34). L'une des tentatives les plus détaillées qui aient été faites pour distinguer les domaines des différents faciès du Trias dans les Alpes Orientales est due à E. Böse, *Beiträge zur Kenntniss der alpinen Trias* [I. *Die Berchtesgadener Trias und ihr Verhältniss zu den übrigen Triasbezirken der nördlichen Kalkalpen*]; II. *Die Faciesbezirke der Trias in den Nordalpen* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch., L, 1898, p. 468-586, pl. XVIII : phot., et p. 693-761).

2. C. Diener, *Beiträge zur Kenntnis der mittel- und ober-triadischen Faunen von Spiti* (Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturwiss. Cl., CXV, Abt. I, 1906, p. 757-778; en particulier p. 773).

Quant aux faciès, il y a lieu de distinguer des faciès lithologiques et des faciès faunistiques. Dans la plupart des cas, il est vrai, le sédiment change en même temps que la faune, et c'est cette « holisopie » qui, dans la nature, facilite la délimitation des étages. L'holisopie peut se retrouver à des distances prodigieuses : G. Boehm a établi une équivalence holisopique (*vicarierende Isopie*), pour plusieurs horizons du Jurassique, entre l'Europe et les Iles de la Sonde. Diener a reconnu l'holisopie parfaite de divers horizons du Trias, et surtout du Lias rouge si caractéristique (couches d'Adneth), entre les Alpes Calcaires du Nord-Est et les lambeaux de recouvrement du Tibet; et il a très justement fait remarquer combien devient plus frappante, par suite, l'hétérotypie des sédiments juxtaposés dans les Alpes¹.

Nous allons maintenant, à titre d'exemple, traverser le Salzkammergut en partant du Dachstein-Gebirge, c'est-à-dire en nous déplaçant du Sud vers le Nord.

Dans le *Dachstein-Gebirge*, au-dessus de 1 000 m. environ de calcaire du Wetterstein, se rencontrent quelques traces très faibles et souvent à peine discernables d'une intercalation nettement terrigène (couches à *Cardita*); puis viennent encore 1 000 m. environ de dolomie et de calcaire stratifié du Dachstein, avec quelques intercalations rougeâtres dans le haut, auxquels succèdent en superposition irrégulière les calcaires blancs de Hierlatz à Crinoïdes et à Brachiopodes (zone à *Ammonites oxynotus*), sans traces terrigènes.

Au Nord vient ensuite la zone étroite du terrain salifère de Hallstatt, dont la constitution est toute différente. Le *Hohe Kallenberg* s'élève au Nord de cette zone; il reproduit les faciès du Dachstein. A la limite supérieure des puissants calcaires du Wetterstein succède également ici la bande foncée, oolithique sur ce point, des couches à *Cardita*; ces couches renferment, dans les chaînes situées plus au Nord-Est, la faune de Raibl; et elles sont bordées d'un liséré étroit de grès gris qui augmente d'épaisseur vers le N.E. et qui renferme la flore continentale de Lunz (Keuper inférieur, Newark System de la partie orientale des États-Unis). Les hautes murailles du Kallenberg sont formées de dolomie et de calcaires stratifiés du Dachstein.

Au Nord-Ouest du Kallenberg se trouve le large massif, à stratification tranquille, de l'*Osterhorn*. On peut observer ici comment de faibles intercalations argileuses, à Plantes terrestres et à Poissons, s'introduisent dans les joints de stratification des calcaires du Dachstein, comment elles augmentent vers le haut et comment elles passent à des bancs calcaires foncés contenant une faune littorale rhétienne.

1. K. Diener, *Die Faunen der tibetanischen Klippen von Malla Johar, Zentral-Himalaya* (Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturwiss. Cl., CXVI, 1907, Abt. I, p. 603-614).

jusqu'à disparition progressive du calcaire blanc du Dachstein et à son remplacement complet par le Rhétien (II, p. 446). On ne rencontre pas ensuite le Lias clair de Hierlatz, mais bien des calcaires foncés à *Psiloceras*, puis toute la série du Lias brun, jaune, rouge et gris, jusqu'aux couches à *Stephanoceras Sauzei*, riches en fer, et jusqu'au Jurassique supérieur.

Par l'apport argileux terrigène et par les teintes variées des calcaires s'établit un rapprochement indiscutable avec les faciès de l'avant-pays. C'est pourquoi, il y a de longues années déjà, les intercalations argileuses à *Avicula contorta* et les couches de Raibl à *Myophoria Kefersteini* ont fourni les premiers éléments de raccordement avec les faciès de l'avant-pays. Wähner a rassemblé les détails pour le Lias, et il a montré qu'en certains endroits, la sédimentation peut avoir été si faible que les couches à *Schlotheimia marmoræa*, par exemple, ne sont plus représentées que par une simple croûte de limonite, qui est même fréquemment interrompue¹.

Il a été question jusqu'ici de trois groupes montagneux successifs, le Dachstein, le Kallenberg et l'Osterhorn, qui sont comparables entre eux à certains égards, mais qui pourtant ne montrent que des analogies partielles, et non une isopie complète. A l'Est du Kallenberg, sur le versant droit de la vallée de la Traun, domine, au Raschberg, le faciès entièrement différent de Hallstatt. Les calcaires et les dolomies pélagiques du Kallenberg, épais d'au moins 1 300 mètres, ont presque complètement disparu. Les termes les plus caractéristiques sont la formation salifère et les couches typiques de Hallstatt. Mojsisovics les a marquées comme occupant deux bandes allongées, l'une de Berchtesgaden jusqu'à Hallstatt, l'autre de Sankt-Wolfgang jusque près de Lietzen². Cette seconde bande limite vers le Nord le massif de l'Osterhorn; le long de cette limite se trouvent les affleurements de gabbro et de tonalite mentionnés plus haut près du Lac de Sankt-Wolfgang, et au Nord du lac est situé le Schafberg, avec des couches très plissées et un faciès très différent de celui de l'Osterhorn, surtout dans le Lias.

D'après ce qui précède, deux faciès au moins sont représentés dans

1. Fr. Wähner, *Zur heteropischen Differenzirung des alpinen Lias* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1886, p. 168-176, 190-206); outre les mémoires paléontologiques détaillés du même auteur, publiés dans Mojsisovics et Neumayr, *Beitr. zur Paläontol. Oesterr.*, etc., 1882 et années suiv., voir aussi J. F. Pompeckj, *Palaeontologische Beziehungen zwischen die untersten Liaszonen der Alpen und Schwabens* (Jahreshefte d. Ver. f. vaterl. Naturk. in Württemberg, XLIX, 1893, p. XLII-LIV).

2. Edm. von Mojsisovics, in Diener, *Bau und Bild Oesterreichs*, p. 387, fig. 2; et *Erläuterungen zur geologischen Karte von Oesterreich*, 1 : 75 000, Zone 15, Col. IX, 1905. On trouvera dans cette notice les détails de la succession des couches. [Voir aussi E. Spengler, *Vorläufiger Bericht über die Tektonik der Schafberggruppe* (Mitteil. Geol. Gesellsch. Wien, III, 1910, p. 478-480).]

le Salzkammergut, à savoir le faciès Dachstein-Kallenberg-Osterhorn et le faciès Hallstatt-Raschberg-Sankt Wolfgang. Dans le premier, l'Osterhorn correspondrait au développement que l'on a souvent appelé bajuvanique, mais qui, en Bavière même, se répartit, d'après Rothpletz, entre deux nappes distinctes au moins. La seconde nappe, ou nappe de Hallstatt, si elle était située sur le bord occidental des Alpes Orientales, serait probablement parallélisée, à cause des traces intrusives qu'elle renferme, avec la nappe des roches vertes, c'est-à-dire avec l'horizon le plus élevé du groupe lépontien. Elle constitue, en tout cas, le terme le plus profond de la série ¹.

Cet exemple met bien en évidence les difficultés qui restent à résoudre ².

Le Flysch et la bordure lépontienne³. — Lorsqu'on pénètre dans les Alpes Orientales en venant du Nord, on rencontre, au Sud de la Mollasse ⁴, la zone du Flysch presque exclusivement crétacée et éocène, puis sur celle-ci une bordure lépontienne, particulièrement nette à l'Est, et c'est seulement au delà que l'on atteint le Trias de la zone calcaire. En outre, depuis l'Ouest jusqu'à l'Est, on voit reposer sur les

1. L'existence dans le Salzkammergut, au Sud et au Nord, de deux régions caractérisées par le faciès pélagique du Dachstein, avec prédominance du faciès de l'Osterhorn dans l'intervalle, a été signalée dès 1879 par Mojsisovics (*Die Dolomit-Riffe von Sudtirol und Venetien*, in-8°, p. 87). Pour l'allure du faciès de Hallstatt, la description du bassin de la Lammer donnée par A. Bittner (*Aus den Salzburger Kalkalpen*, Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1884, p. 78-87, 99-113, 358-367) est importante à consulter; sur l'Eldernbach, près de Vils, Rothpletz montre la juxtaposition du faciès pélagique et du faciès bigarré, qui ne sont séparés que par un accident tectonique (*Geologische Alpenforschungen*, II, 1905, p. 183); au Hoher Göll, Böse figure le calcaire du Dachstein superposé à un calcaire jurassique à *Aptychus*, etc., etc. Une synthèse a été tentée par Ém. Haug, *Les nappes de charriage des Alpes calcaires septentrionales*, 1^{re} et 2^e parties (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., VI, 1906, p. 359-422, pl. X, XI : coupes et phot.). Quatre nappes sont distinguées dans cet important mémoire, savoir : la nappe de Bavière (B), la nappe du Sel (S), la nappe de Hallstatt (H) et la nappe du Dachstein (D); la nappe D correspond au faciès pélagique, la nappe B au faciès bigarré (Osterhorn), les nappes S et H au faciès de Hallstatt. Diener objecte que, d'après Haug, les nappes S et H seraient comprises entre la nappe B et la nappe D, bien que ces deux nappes B et D soient plus voisines l'une de l'autre (Petermanns Mitteil., LIII, 1907, Literaturbericht, n° 398). La publication du mémoire de Haug n'est pas terminée.

[2. Sur la structure des Alpes Calcaires du Nord-Est, dans la Haute et la Basse-Autriche, voir les travaux suivants de G. Geyer : *Die Aufschliessungen des Bosrucktunnels und deren Bedeutung für den Bau des Gebirges* (Denkschr. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturwiss. Cl., LXXXII, 1907, 40 p., 3 pl.; extr., Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1908, p. 162-165); *Über die Schichtfolge und den Bau der Kalkalpen im unteren Enns- und Ybbstale* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., LIX, 1909, p. 29-100, pl. II : coupes, carte dans le t. p. 86); *Aus den Umgebungen von Molln, Leonstein und Klaus im Steyrtale* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1909, p. 129-144); *Aus den Kalkalpen zwischen dem Steyr- und dem Almtale in Oberösterreich* (Ibid., 1910, p. 169-195, carte dans le t.).]

3. La plupart des points signalés dans l'Ouest sont visibles sur la carte de C. W. Gümbel : *Geognostische Karte des Königreichs Bayern*, Abth. I, 1858, feuilles I-V.

4. H. Stuchlik, *Die Faziesentwicklung der südbayrischen Oligocänmolasse* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., LVI, 1906, p. 277-350, pl. VII, VIII).]

plis de la zone calcaire des lambeaux discordants et transgressifs de terrain crétacé affectant deux faciès différents, à savoir le faciès du Flysch et le faciès de Gosau.

Revenons en Suisse, sur la rive septentrionale du Lac de Walenstadt. Arnold Heim constate que le Mattstock, formé de calcaire crétacé, est comprimé en même temps qu'il se redresse au milieu des poudingues de la Mollasse. Ce qu'il pouvait y avoir de Flysch éocène dans l'intervalle est laminé, et le Mattstock lui-même est un fragment d'une nappe¹. Le Gulmen, le Stock, le Goggeien sont des rochers calcaires analogues, détachés en saillie; et ils font eux-mêmes partie, avec les Churfisten et le Sântis, d'une nappe sans racines dans la profondeur



FIG. 180. — Déferlement des plis crétacés du Sântis sur le Flysch et la Mollasse, d'après Alb. Heim (*Beiträge zur Geol. Karte der Schweiz, Neue Folge, XVI, 1905, p. 633, fig. finale*). cr. Crétacé; e. Éocène; m. Miocène (Mollasse et Nagelfluh). Le trait fort désigne le Schrattekalk (Urgonien et Aptien). — Échelle de 1 : 120 000 environ (longueurs et hauteurs).

(fig. 180)². Ils se prolongent vers l'E.N.E. au delà du Rhin. En même temps, la compression devient un peu moindre; et l'on voit apparaître une zone de Flysch au Nord et une seconde au Sud du large massif de calcaire crétacé qui traverse le Vorarlberg. Ses plis successifs et sa série stratigraphique, semblable à celle du Sântis, ont été très exactement décrits, il y a longtemps déjà, par Vacek³.

1. Arn. Heim, *Die Brandung der Alpen am Nagelfluhgebirge*, et : *Die Erscheinungen der Längszerreissung und Abquetschung am nordschweizerischen Alpenrand* (Vierteljahrsschr. Naturforsch. Gesellsch. Zürich, LI, 1906, p. 441-472, pl. VII, VIII : carte et coupes).

2. Alb. Heim, *Das Sântisgebirge* (Beitr. zur Geol. Karte d. Schweiz. Neue Folge, XVI, 1905. In-4°, x-634 p., atlas de 42 pl.; nombreux passages); voir surtout Arn. Heim, même vol., p. 450, et E. Blumer, carte de la p. 599.

3. F. Freih. von Richthofen, *Die Kalkalpen von Vorarlberg und Nord-Tirol* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., X, 1859, p. 72-137, pl. II, III : coupes; et XII, 1861-1862, p. 87-206, pl. III : coupes); M. Vacek. *Ueber Vorarlberger Kreide* (Ibid., XXIX, 1879, p. 659-758, pl. XVIII-XX). [Sur la zone de Flysch du Vorarlberg et de la Bavière et ses rapports avec la zone calcaire, voir les travaux suivants : A. Tornquist, *Vorläufige Mitteilung über die Algäu-Vorarlberger Flyschzone* (Sitzungsber. k. Preuss. Akad. Wiss. Berlin, 1907, I, p. 591-599); *Die Algäu-Vorarlberger Flyschzone und ihre Beziehung zu den ostalpinen Deckenschüben* (Neues Jahrb. f. Min., 1908, I, p. 63-112, pl. IV-XII, dont 1 carte géol.); O. Ampferer, *Bemerkungen zu den von Arn. Heim und A. Tornquist entworfenen Erklärungen der Flysch- und Molassebildung am nördlichen Alpensaume* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1908, p. 189-198); A. Tornquist, *Noch einmal die Algäu-Vorarlberger Flyschzone und der submarine Einschub ihrer Klippenzone* (Ibid., p. 326-332); O. Ampferer, *Entgegnung an A. Tornquist* (Ibid., 1909, p. 43-46). — Sur la même

La chaîne crétacée et les deux bandes de Flysch vont jusqu'à l'Iller. Il y a là un puissant décrochement vers le Nord; la bande septentrionale de Flysch disparaît; la chaîne crétacée se retrouve, sensiblement plus étroite, au Grüntén, au Nord de Sonthofen, et forme désormais le bord externe de la zone du Flysch; la bande méridionale continue.

Le Grüntén appartient encore au faciès crétacé du Sántis, dont les éléments caractéristiques sont ici les sables verts du Gault, le calcaire de Seewen et les marnes sénoniennes de Seewen. Ce faciès du Sántis passe, sous forme d'un étroit liséré, sur le bord septentrional du Flysch. Ses traces se poursuivent jusqu'au voisinage de l'Isar, et Gumbel en signale même plus à l'Est encore. Nous considérons ce liséré, ainsi que le Sántis lui-même, comme le bord parfois tout à fait écrasé d'une nappe venant du Sud et sortant de dessous la zone du Flysch.

En même temps, le Cénomaniens s'étend en transgression sur certaines parties de la zone calcaire, et forme des bandes allongées d'un grès fin à *Orbitolina concava*; une bande de cette nature particulièrement continue jalonne le bord septentrional de la zone calcaire, et n'est souvent séparée du Flysch que par une bande étroite de calcaire triasique. Elle doit commencer aux environs d'Hindelang, et elle atteint sa plus grande individualité dans l'Ammergau jusqu'à l'Est de l'Isar, et probablement plus à l'Est encore. Dans cette bande, on rencontre sur le Cénomaniens transgressif les premiers restes des dépôts de Gosau, avec les Hippurites et les Polypiers qui leur donnent un cachet tout à fait méridional. Söhle insiste, non sans raison, sur la différence de ce faciès avec celui du Sántis¹.

Les couches de Gosau des Alpes Orientales comprennent plusieurs horizons, allant jusqu'au Sénonien, dont la classification n'est pas établie par tous les auteurs en concordance absolue d'opinions². Cependant, tous admettent que les marnes à Inocérames et à *Pachydiscus Neuber-*

région, consulter en outre : G. Schulze, *Die geologischen Verhältnisse des Allgäuer Hauptkammes von der Rotgundspitze bis zum Kreuzeck und der nördlich ausstrahlenden Seitenäste* (Geogn. Jahreshfte, XVIII, 1905, p. 1-38, 2 cartes, coupes, 1907); E. Wepfer, *Die nördliche Flyschzone im Bregenzer Wald* (Neues Jahrb. f. Min., Beil.-Bd. XXVII, 1908, p. 1-71, pl. I, II, dont 1 carte); H. Mylius, *Die geologischen Verhältnisse des hinteren Bregenzer Waldes in den Quellgebieten der Breitach und der Bregenzer Ach bis südlich zum Lech* (Landeskundliche Forsch., herausgeg. von der Geogr. Gesellsch. in München, Heft 5, 1909). In-8°, 1 carte géol., 1 croquis tectonique, 2 pl. coupes, 13 pl. vues.]

1. M. Söhle, *Geologische Aufnahme des Labergebirges bei Oberammergau mit besonderer Berücksichtigung des Cenomans in den Bayerischen Alpen* (Geogn. Jahreshfte, München, IX, 1896, p. 1-66, pl. I-VIII, 1 f. de coupes et 1 carte, 1897); et *Das Ammergebirge. Geologisch aufgenommen und beschrieben* (Ibid., XI, 1898, p. 39-89, pl. I-XIV, 2 pl. de coupes et 1 carte, 1899).

2. En particulier, je crois justifier les doutes émis sur la position élevée que l'on attribue à la houille de Grünbach.

gicus en constituent le terme le plus élevé. De Grossouvre les range dans le Campanien¹.

Le Flysch bavarois correspond à ce niveau supérieur par plusieurs de ses caractères. On y a trouvé des Inocérames; le *Pachydiscus Neubergericus* est commun à la fois au Flysch et aux marnes à Inocérames de Gosau. Mais les espèces d'Inocérames du Flysch sont, pour autant qu'on a pu les déterminer jusqu'à présent, différentes de celles de Gosau². L'épaisseur du Flysch est, en outre, incomparablement plus considérable. Les niveaux inférieurs et typiques de Gosau, avec leurs Polyptères, leurs Rudistes, leurs Actéonelles, leurs Omphalies et autres fossiles, n'ont encore jamais été rencontrés dans la zone du Flysch³.

Le Flysch bavarois est recouvert par des schistes marneux, d'un gris verdâtre, bariolés ou rouges vers le haut, dans lesquels apparaît une faune qui contient des mélanges évidents du Sénonien supérieur septentrional, extra-alpin, et qui de plus ont en commun avec le Flysch les *Fucoïdes* et les grands Inocérames à coquille mince (*Inoceramus salisburgensis*). Ici se montre en très grande abondance, d'après Reis, surtout dans les horizons les plus élevés, *Belemnitella mucronata*, ainsi que *Gryphea vesicularis*, *Ostrea unguolata*, *Ostrea curvirostris* et autres espèces bien connues de la Craie supérieure. Au-dessus de ces horizons on en a distingué encore d'autres (Pattenauer, Gerhartsreuter, Hachauer Schichten), qui sont peu puissants et qui présentent peu d'intérêt pour les questions dont nous nous occupons ici⁴. On trouve encore réunis, dans les couches de Pattenau, la *Belemnitella mucronata* de la Craie blanche, l'*Inoceramus Salisburgensis* du Flysch et le *Pachydiscus Neubergericus* des couches supérieures de Gosau.

La zone du Flysch est, jusque bien au delà de Salzbourg, couchée vers le Nord sur toute sa largeur.

Le pendage des couches vers le Sud est général. Sur le bord septentrional apparaissent, sous le Flysch, les couches du Nierenthal et les couches encore plus élevées du Crétacé, et au-dessous de celles-ci l'Éo-

1. A. de Grossouvre, *Recherches sur la Craie supérieure*, I. *Stratigraphie générale* (Mém. pour servir à l'explic. de la Carte géol. de la France). In-4°, II, Paris, 1901, p. 597-646 : La Craie dans les Alpes Orientales entre le Rhin et le Danube.

2. W. Petraschek, *Ueber Inoceramen aus der Gosau und dem Flysch der Nordalpen* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., LVI, 1906, p. 155-168, pl. VI). Nous aurons d'ailleurs à signaler la grande espèce *Inoceramus Salisburgensis* dans le Nord de l'Afrique.

3. Le Sphérolite trouvé près de Liebenstein en Bavière appartient à la zone du faciès du Sântis. A. Rothpletz, *Geologische Alpenforschungen*, II, p. 215-219 (Nachtrag zu Abschnitt I. Der Liebensteiner Rudistenkalk).

4. J. Böhm, *Die Kreidebildungen des Fürbergs und Sulzbergs bei Siegsdorf in Oberbayern* (Palaeontographica, XXXVIII, 1891-1892, p. 1-106, 5 pl. dont 1 carte géol.); O. M. Reis, *Erläuterungen zu der Geologischen Karte der Vorderalpenzone zwischen Bergen und Teisendorf* (Geognost. Jahreshfte, VIII, 1895, p. 1-155, carte géol., 1896); et *Die Fauna der Hachauer Schichten*, I. *Gastropoden* (Ibid., IX, 1896, p. 67-104, pl. IX-XIII, 1897).

cène. Les observations de G. Böhm et surtout les études de Reis sur les exploitations de minerai de fer éocène nous apprennent en outre que la Craie tout à fait supérieure et l'Éocène se répètent suivant des plans de poussée plongeant vers le Sud, et que ces assises, vers la base du Flysch, qui est très puissant, sont découpées par le charriage en lambeaux ou en écailles¹. Dans la belle coupe du Mattsee (Haute-Autriche), on voit également du Flysch reposer sur des couches à Bélemnites du Nierenthal et celles-ci recouvrir à leur tour l'Éocène.

Sur le bord méridional de la zone du Flysch, les faits se présentent autrement. Tandis qu'au Nord la Craie la plus supérieure et l'Éocène sont parfois dénudés sur de larges surfaces irrégulières, comme au Sud de Teisendorf par exemple, ou encore que l'Éocène reste visible sous forme d'un liséré facilement reconnaissable, comme au Nord de Salzbourg, au Sud, le pendage méridional entraîne le Flysch sous le Trias ou sous une zone de calcaire à *Aptychus*, dont l'individualité, en avant du Trias, est remarquable; et ce n'est que rarement que l'Éocène et les couches du Nierenthal deviennent visibles vers la limite méridionale. Un de ces paquets étranglés se montre au Gschlieflgraben, près de Gmunden. D'après la description de Fugger, il est incliné au Sud sous le Trias, de sorte que l'Éocène plonge sous le Trias². Cette circonstance prouve que la zone du Flysch doit être regardée réellement en effet comme une formation autonome, en partie masquée et chevauchée du Sud au Nord par la zone calcaire.

Sur le versant Nord-Ouest de l'Untersberg de Salzbourg³, du côté de Reichenhall, puis au Sud-Ouest, près de Reit im Winkel, et de là, à travers le Nord-Est du Tyrol, suivant une bande à peine interrompue jusque dans la vallée de l'Inn, et plus loin encore dans celle-ci vers le Sud-Ouest, jusqu'au voisinage de Wörgl, plus loin même vers l'amont, d'après quelques observations, — on trouve une série de lambeaux tertiaires, prenant en écharpe la direction des chaînes calcaires. Cette série comprend la formation charbonneuse de Häring et correspond aux couches de Laverda et de Castel Gomberto, dans le Vicentin⁴. Ses affinités sont méridionales.

1. O. Reis, *Zur Geologie der Eisenoolitheführenden Eocänschichten am Kressenberg in Bayern* (Geogn. Jahreshfte, X, 1897, p. 24-49, pl. I, fig. 1, 1898).

2. Eb. Fugger, *Die oberösterreichischen Voralpen zwischen Irrsee und Traunsee* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., LIII, 1903, p. 338).

[3. Eb. Fugger, *Die Salzburger Ebene und der Untersberg* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., LVII, 1907, p. 455-528).]

3. O. M. Reis, *Die Korallen der Reiter Schichten* (Geogn. Jahreshfte, II, 1889, p. 91-162, pl. I-IV); K. Deninger, *Beitrag zur Kenntniss der Molluskenfauna der Tertiärbildungen von Reit im Winkel und Reichenhall* (Ibid., XIV, 1901, p. 221-245, pl. VII, VIII); J. Dreger, *Die Gastropoden von Häring* (Annalen k. k. Naturhist. Hofmus. Wien, VII, 1892, p. 11-34, pl. I-IV), et *Die Lamellibranchiaten von Häring* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., LIII, 1903, p. 253-284, pl. XI-XIII; signale, p. 262, des trous creusés dans le Muschelkalk et remplis de marne

Au voisinage de ces lambeaux, des vestiges du Cénomaniens sont également conservés; et, dans la vallée de l'Inn, en aval de Kufstein, Schlosser a découvert les couches du Nierenthal; elles renferment, là encore, les grands *Inoceramus Salisburgensis* aplatis du Flysch; ce terrain, séparé des couches de Gosau, affleure donc aussi dans les Alpes Calcaires¹.

D'après les descriptions de Gümbel, on doit admettre que ces sédiments se sont déposés en discordance sur les formations calcaires, puis que, du moins près de Reit im Winkel, ils ont été affectés par un effondrement en forme de fossé. Gümbel en conclut à juste titre que les dernières dislocations des hautes chaînes ont été des mouvements en masse, et non des plissements localisés; et l'on pourrait ainsi s'expliquer que la Mollasse, située en avant des Alpes, ait été comprimée latéralement, alors que, dans l'intérieur de la chaîne, on n'a pas observé de compression latérale². La zone calcaire aurait été transportée en bloc, comme un tout rigide, après avoir été plissée; le plissement de cette partie de la chaîne serait antérieur au Cénomaniens, tandis que le mouvement en masse serait plus récent que certaines couches au moins de la série tertiaire.

Familiarisés comme nous le sommes maintenant avec ces résultats, en particulier avec le fait que la transgression cénomaniens s'étend en discordance sur certaines parties des Alpes Calcaires et qu'en outre le Sénonien supérieur, y compris les couches du Nierenthal, peut lui succéder, tournons-nous vers l'Est.

On y connaît la même série transgressive, et cela jusqu'à la terminaison extrême de la zone calcaire vers l'Est; elle est toujours caractérisée par *Orbitolina concava*, et le Sénonien lui succède jusqu'aux marnes à Inocérames. Ces faits ont été clairement décrits par Geyer, en particulier, dans la vallée inférieure de l'Enns³. Mais il ne faudrait pas en conclure que la limite méridionale du Flysch ne serait caractérisée que par des charriages d'extension restreinte. C'est une limite de premier ordre, et la zone du Flysch se sépare de la zone calcaire, depuis

tertiaire, ce qui paraît exclure, par conséquent, l'idée d'un charriage). — D'après d'anciennes indications, il semblait également qu'un étage éocène fut représenté près de Reichenhall (Th. Fuchs, *Versteinerungen aus den Eocänbildungen der Umgebung von Reichenhall*, Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1874, p. 132-135). Par endroits, il existe des débris d'un sous-basement cénomaniens; voir, par exemple, M. Schlosser, *Verhandl.*, 1893, p. 195. — Pour les points au Sud-Ouest, voir K. Leuchs, *Die geologische Zusammensetzung und Geschichte des Kaisergebirges* (Zeitschr. des Ferdinandeums, Innsbruck, 3. Folge, LI, 1907, p. 53-137, 10 pl., 1 carte).

1. M. Schlosser, *Centralblatt f. Mineralogie*, 1904, p. 637. [Voir aussi le travail du même auteur : *Zur Geologie des Unterinntals* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., LIX, 1909, p. 525-574).]

2. C. W. v. Gümbel, *Die geologische Stellung der Tertiärschichten von Reit im Winkel* (Geogn. Jahreshefte, II, 1889, p. 163-175, en particulier p. 169).

3. G. Geyer, *Ueber die Gosaubildungen des unteren Ennstales und ihre Beziehungen zum Kreideflysch* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1907, p. 55-76).

le Rhin jusqu'au Danube, comme un élément tectonique autonome. Elle constitue, ainsi que le dit Bittner, « un des traits caractéristiques les plus accusés dans la structure des Alpes du Nord-Est¹ ».

La ligne ressort très nettement sur les cartes. Tantôt le calcaire repose presque horizontalement sur le Flysch, tantôt il est fortement redressé. Le Flysch est ici en partie crétacé, en partie d'âge tertiaire inférieur. La direction de ses plis est indépendante de la direction de sa limite, comme Paul, notamment, l'a établi². La transgression nous montre que des mouvements très importants se sont fait sentir antérieurement au Cénomanién et que d'autres se sont produits beaucoup plus tard, comme c'est aussi le cas, par exemple, dans la fenêtre du Paring et dans une grande partie des Carpathes.

C'est également le long de cette dislocation qu'apparaît la bordure lépontiennne. En Bavière, elle n'est représentée que par les lambeaux de roches cristallines de la région d'Oberstdorf et de Retterschwang. A côté des gros blocs de terrain archéen se montrent également des porphyrites diabasiques, des calcaires à silex, etc.; et l'on attribue au même groupe le bloc de granite de 10 m. de long qui se trouve au sommet du Bolgen. Dans la zone du Flysch, on rencontre quelques blocs isolés de calcaires à *Aptychus*; Rothpletz pense que ce sont les restes de lambeaux plus étendus, enfoncés de haut en bas dans les couches encaissantes³.

A l'Est, les traces lépontiennes sont plus importantes.

Dès 1853, des recherches entreprises sur les Brachiopodes alpins ont conduit à séparer des couches de Kössen une série particulière, les couches de Gresten, qui sont caractérisées par une teinte noire et par des espèces spéciales (*Spiriferina Haueri*, *Rhynchonella austriaca*, etc.). F. von Hauer donnait, bientôt après, des indications plus détaillées sur la faune liasique et sur ses rapports avec la houille connue sous le nom de « charbon des Alpes » (Alpenkohle). Lorsque, plus tard, Lipold fut chargé de l'étude de ces gites de combustible et que Stur eût examiné leur flore, on s'aperçut qu'il devait y avoir dans les Alpes de la Basse-Autriche deux sortes de couches de charbon, d'une part celles qui renferment la flore de Lunz (Keuper inférieur), et de l'autre celles qui renferment la flore de Gresten (Rhétien et Lias inférieur). Il fut ensuite

1. A. Bittner, *Die Grenze zwischen der Flyschzone und die Kalkalpen bei Wien* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., L., 1900, p. 51-58, en particulier p. 57).

2. C. M. Paul, *Der Wienerwald. Ein Beitrag zur Kenntniss der nordalpinen Flyschbildungen* (Ibid., XLVIII, 1898, p. 53-178, pl. II-VI, dont 1 carte géol.; par exemple p. 171).

3. Des idées analogues sont exprimées par A. Tornquist (Sitzungsber. k. Preuss. Akad. Wiss. Berlin, 1907, I, p. 591-599). — Recouvrement du Flysch par la Dolomie principale suivant une surface peu inclinée, dans A. Rothpletz, *Geologische Alpenforschungen*, II, par exemple p. 14, fig. 6.

établi que les couches marines liasiques noires de Gresten, y compris les charbons de Gresten, avec leur faciès différent de celui de tous les autres gisements alpins, *n'affleurent qu'à la limite entre la zone calcaire et le Flysch*¹.

Les observations se multipliant, on retrouva les couches de Gresten par exemple dans les Balkans, et le même faciès du Lias semble s'étendre jusqu'en Perse; mais sur aucun point des Alpes Orientales il n'est connu en dehors de cette ligne. Enfin, Trauth réunissait tous les affleurements signalés depuis le Gschlifgraben près de Gmunden jusqu'à Vienne, avec la série des couches qui les accompagnent, en une « zone des Klippes des Alpes Orientales ».²

Cette zone offre une série très mélangée. Elle comprend des représentants de l'avant-pays et des représentants de la nappe austro-alpine; elle possède en outre des affinités lépontiennes, et aussi, comme Uhlig l'a fait remarquer depuis longtemps, des affinités carpathiques. Le plus connu de ces affleurements se trouve près de Sankt-Veit, dans le XIII^e arrondissement de la ville même de Vienne. Il a été décrit un grand nombre de fois, en dernier lieu par Egb. von Hochstetter³. Ici, la partie visible de la série commence avec le faciès souabe (littoral) du Rhétien, offrant un développement qui n'est comparable qu'à celui de l'avant-pays. Puis viennent successivement les couches de Gresten, les marnes tachetées du Lias supérieur (jusqu'à présent sans fossiles), un Dogger comprenant de nombreux horizons, et très différent du Dogger de la zone calcaire voisine, et des couches rouges siliceuses jurassiques à Radiolaires contenant des *Aptychus*; au niveau de ces couches jurassiques, on a trouvé des blocs isolés de tufs grumeleux (basalte à plagioclase, d'après Pelikan).

1. Ed. Suess, *Ueber die Brachiopoden der Kössener Schichten* (Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturwiss. Cl., X, 1853, p. 286; Denkschr. d., VII, 1854, p. 29-65, pl. I-IV); F. von Hauer, *Ueber die Gliederung der Trias-, Lias- und Juragebilde in den nordöstlichen Alpen* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., IV, 1853, p. 739); M. L. Lipold, *Das Kohlengbiet in den nordöstlichen Alpen* (Ibid., XV, 1865, p. 30 et suiv.). [Sur la flore des charbons de la Basse-Autriche, voir Fr. Krasser, *Kritische Bemerkungen über die bisher zutage geförderte fossile Flora des unteren Lias der österreichischen Voralpen* (Wiesner-Festschrift, Wien, 1908), et *Zur Kenntnis der fossilen Flora der Lunzer Schichten* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., LIX, 1909, p. 101-126).]

2. F. Trauth, *Ueber die Grestener Schichten der österreichischen Voralpen* (Anzeiger k. Akad. Wiss. Wien, 1906, p. 308-310). [Voir aussi Fr. Trauth, *Zur Tektonik der subalpinen Grestener Schichten Oesterreichs* (Mitteil. Geol. Gesellsch. Wien, I, 1908, p. 112-134, pl. IV-VII : cartes et coupes); et *Die Grestener Schichten der österreichischen Voralpen und ihre Fauna. Eine stratigraphisch-paläontologische Studie* (Beitr. z. Paläontol. und Geol. Oesterr.-Ung., XXII, 1909, p. 1-142, pl. I-IV).]

3. Egb. W. Ritter v. Hochstetter, *Die Klippe von St. Veit bei Wien* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XLVII, 1897, p. 95-156, pl. III); Fr. Trauth, *Ein neuer Aufschluss im Klippengebiet von St. Veit, Wien* (Verhandl., id., 1907, p. 241-245). [Sur les différents niveaux mésozoïques représentés aux environs de Vienne, voir A. Spitz, *Der Höllensteinzug bei Wien* (Mitteil. Geol. Gesellsch. Wien, III, 1910, p. 351-433, pl. XI-XIII : carte et coupes).]

On rencontre ensuite des calcaires blancs en plaquettes à *Aptychus Didayi*.

La réunion, dans cette série, de couches littorales (rhétiennes) et de couches abyssales (à Radiolaires) est très étrange. Tout essai d'analyse de ces circonstances, en les rapportant à une petite échelle, se heurte contre ce fait qu'il existe là, extérieurement à la limite actuelle de la zone calcaire vers le Nord, des sédiments indiquant une profondeur marine de 4 000 à 5 000 mètres.

Sur d'autres points apparaissent encore des horizons plus élevés, en particulier un calcaire tithonique près de Waidhofen.

La zone calcaire représente ici la série austro-alpine, et le Flysch la série helvétique; la zone de Gresten prend place entre les deux. Il faut donc la ranger provisoirement dans le groupe lépontien, comme Trauth l'a d'ailleurs indiqué¹. Le niveau tectonique est voisin de celui où apparaissent, dans la Bavière occidentale (Oberstdorf, etc.), des lambeaux archéens. On constate, en effet, un phénomène analogue, qui se présente à partir du Traun-See. Près de Weyer, une colline longue de 150 m. environ et haute de 40, formée de granite de même nature et portant le monument de Léopold de Buch, a été souvent considérée comme autochtone, de même que Gumbel l'admettait pour les affleurements bavarois. Geyer l'a décrite comme un fragment de la côte contre laquelle se seraient déposées les couches de Gresten². La structure du Flysch au Nord de ce point serait difficile à comprendre, si l'avant-pays se montrait réellement ici. On ne peut pas comparer ces lambeaux lépontiens avec le dôme granitique isolé du Waschberg près de Stockerau, qui, de fait, appartient à l'avant-pays, mais qui est situé en dehors de la zone du Flysch³.

Dans cette bande si curieuse, qui est située au N.N.W. de Vienne

1. Paul a émis l'idée que le Néocomien de Sankt-Veit succédait normalement aux termes les plus inférieurs du Flysch; dans cette hypothèse, la série de Gresten ferait partie de la zone du Flysch. Mais la circonstance, déjà reconnue par Paul lui-même, que la direction du Flysch est souvent différente de celle de la limite que suit au contraire la série de Gresten, n'est pas favorable à cette manière de voir. — Ém. Haug y compare la série des Préalpes (*Les nappes de charriage des Alpes calcaires septentrionales*, Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., VI, 1906, p. 366).

2. G. Geyer, *Ueber die Granitklippe mit dem Leopold von Buch-Denkmal im Pechgraben bei Weyer* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1904, p. 363-390); de même Hochstetter et Toula, *Ibid.*, 1870, p. 91, et Toula, 1905, p. 89; Mojsisovics, *Ibid.*, 1893, p. 14. Dans le Flysch apparaissent des blocs qui ressemblent à ceux de l'avant-pays, associés à des roches tout à fait singulières, telles que du porphyre augitique (Berwerth, *Mittheil. Mineralog. Gesellsch. Wien*, 1907, p. 12; et aussi dans Becke, *Mineralog. Mittheil.*, 1907). [Voir aussi G. Götzinger, *Ueber die geologische Bedeutung der Granitklippe mit dem L. v. Buchdenkmal im Pechgraben bei Weyr in Oberösterreich* (Deutsche Rundsch. f. Geogr. u. Statist., XXIX, 1907, p. 289-297).]

3. C'est un granite sudétique, entouré de bancs horizontaux d'un conglomérat littoral éocène ou oligocène inférieur, la seule trace d'un rivage que l'on connaisse à proximité des Alpes Orientales; D. Stur, *Geologische Special-Karte der Umgebung von Wien*, 6 feuilles in-folio, 1891.

et qui fait partie du bord externe du Flysch, déjà dévié vers les Carpathes, mais où les affleurements sont malheureusement très défectueux. Abel a décrit du Tithonique; ce gisement ne saurait être attribué à la zone de Gresten, par suite de sa situation sur le bord externe¹. Des marnes à *Belemnitella mucronata* représentent les couches bavaroises du Nierenthal, et l'on y voit affleurer également des couches du type vicentin qui caractérisent la série tertiaire inférieure sur tout le bord septentrional des Alpes Orientales. Dans les Carpathes de Moravie, la présence de la *Rhynchonella polymorpha* Mass. correspond à l'horizon de Spilecco; les couches à *Echinolampas conoideus* du Mattsee (Haute-Autriche) représentent la Gichelina; au Nord de Stockerau, on rencontre l'étage de Priabona et les Polypiers de Castel Gomberto. —

Essayons de donner une vue d'ensemble.

Dans les couches de Gosau, à l'intérieur des Alpes Calcaires, règne comme on l'a dit, jusqu'à la limite inférieure des marnes à Inocérames (Campanien), un cachet méridional, rappelant tout à fait le Midi de la France, la Transylvanie, l'Arménie, etc. Ces gisements d'affinités méridionales n'ont jamais été rencontrés dans la zone du Flysch.

Dans la zone du Flysch se trouvent des sédiments très puissants, qui ont en commun avec les marnes à Inocérames de Gosau le *Pachydiscus Neubergicus* et quelques autres Ammonites, mais renferment d'autres Inocérames (en particulier *Inoceramus Salisburgensis*). Vers le haut, ces sédiments se rattachent aux couches du Nierenthal, dans lesquelles se fait jour une influence septentrionale.

Près de Salzbourg, cette série s'avance jusqu'à proximité des couches à Rudistes typiques de Gosau². Dans le Nord-Est du Tyrol, un lambeau de ces couches repose sur du Cénomaniens transgressif, et recouvre en discordance, comme cet étage, la zone calcaire plissée; une surface de charriage sépare cette partie de la zone calcaire de la zone du Flysch.

On n'a jamais observé dans la zone calcaire cette extrême abondance de la *Belemnitella mucronata* qui caractérise le Sénonien supérieur de l'Europe centrale³, tandis qu'elle se retrouve sur

1. O. Abel, *Die Tithonschichten von Niederfellabram in Niederösterreich* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1897, p. 343-362); *Studien im Klippengebiet zwischen Donau und Thaya. I* (Ibid., 1899, p. 284-285); *Die Beziehungen des Klippengebietes zwischen Donau und Thaya zum alpin-karpathischen Gebirgssysteme* (Ibid., 1899, p. 374-381); et dans d'autres publications.

2. Eb. Fugger, IX. *Internat. Geologen-Congr. Führer für die Exkursionen in Oesterreich*, Wien, 1903, n° IV : *Salzburg und Umgebung*, 21 p.; et *Die Gaisberggruppe* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., LVI, 1906, p. 213-258); voir surtout *Erläuterung zur Geol. Specialkarte v. Oesterreich, Zone 14, Col. VIII, Salzburg*.

3. L'apparition d'une espèce rare, la *Belemnitella Hæferi* Schlönbach, dans les couches du Gosau de la Neue Welt, ou d'une Bélemnitelle rare dans la Scaglia de la Brianza (Dinarides), n'affaiblit pas cette conclusion. Une hypothèse différente est soutenue par M. de

le bord externe du Flysch jusqu'au Mattsee et près de Stockerau¹.

La zone du Flysch des Carpathes montre des faits absolument analogues. Le Crétacé inférieur a un cachet méridional prépondérant; mais là, l'influence septentrionale se fait déjà sentir avec les Exogyres du Cénomaniens². Wisniowski mentionne *Actinocamax verus* comme représentant le Sénonien inférieur, puis l'apparition de *Pachydiscus Neubergicus* et d'*Inoceramus Salisburgensis*, c'est-à-dire des espèces typiques des couches bavaroises du Nierenthal³.

En Bavière, au-dessus de ces couches, se multiplient les espèces communes avec Maestricht. Avec l'Éocène apparaît, surtout en Autriche, le type méridional du Vicentin.

On peut admettre, par conséquent, que l'influence méridionale a été prépondérante dans la zone du Flysch des Alpes calcaires et des Carpathes jusqu'au Cénomaniens; puis, l'influence septentrionale a régné jusqu'à la fin du Crétacé; enfin l'influence méridionale a repris le dessus jusqu'à l'époque des étages méditerranéens. Ces phases correspondent au mouvement positif du Crétacé moyen et supérieur et au mouvement négatif de la fin du Crétacé; en d'autres termes, la *transgression générale méso- et supracrétacée a introduit des éléments septentrionaux dans les sédiments alpins, qui, en dehors de cet épisode, sont caractérisés par des types méridionaux et méditerranéens.*

De même, en Roumanie et dans les steppes de la Crimée, le Sénonien septentrional repose sur du Crétacé inférieur méridional; et sur ce Sénonien vient du calcaire à Nummulites méridional.

En terminant, nous ne devons pas omettre de mentionner à cette place quelques faits d'importance générale. Ce sont : la puissance considérable du Flysch, l'absence complète d'ingressions et de transgressions crétacées dans les grandes vallées longitudinales du bord Sud de la zone calcaire, et l'apparition à l'intérieur du Flysch autrichien de pointements isolés de calcaires, probablement néocomiens pour la plupart, ainsi que la coexistence sur un point de serpentine avec des calcaires de cette nature⁴.

Grossouvre, qui a tant fait pour le parallélisme des couches de Gosau; voir sa note : *Sur les couches du Gosau, considérées dans leur rapport avec la théorie du charriage* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., IV, 1904, p. 765-776).

1. O. Abel, Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1897, p. 361.

2. V. Uhlig, *Die Geologie der Tatragebirges*, I (Denkschr. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturw. Cl., LXIV, 1897, p. 684, et ailleurs).

3. Th. Wisniowski, *Sur l'âge des couches à Inocérames dans les Carpathes* (Bull. Internat. Acad. Sc. Cracovie, 1905, p. 352-359); et *Sur la faune des schistes de Spas* (Ibid., 1906, p. 240-254, pl. X).

4. O. Abel, *Studien in den Tertiärbildungen des Tullner Beckens* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., LIII, 1903, p. 108).

CHAPITRE XV

ALTAÏDES POSTHUMES ¹

- I. *Les Alpes*. — La nappe austro-alpine. — Les nappes lépontiennes. — La nappe helvétique. — Remarques générales.
Prolongement des Alpes vers le Nord-Est et vers l'Est : Haute-Hongrie; Tatra; zone des Klippes; zones externes des Carpathes.
Prolongement des Alpes vers le Sud et vers le Sud-Ouest : Apennins et Chaîne Métallifère. — Calabre. — Sicile. — L'Atlas Méditerranéen. — Cordillère Bétique; Baléares.
- II. *Les plis Provençaux*. — Montagne Noire. — Montagnes Catalanes. — Provence. — Basses Cévennes. — Corbières.
- III. *Pyrénées*. — Le Nord. — Hautes Pyrénées. — Basses Pyrénées. — L'Ouest et le Sud. — Coup d'œil général.

Sous la désignation d' « Altaïdes posthumes », nous comprenons ici toutes les chaînes de montagnes qui, après l'achèvement de l'édification des Altaïdes Occidentales, se sont formées dans les affaissements par lesquels les Altaïdes ont été fractionnées en horsts. Toutes ces chaînes posthumes ont subi des plissements pendant l'ère tertiaire ou à une époque encore plus tardive. Toutes, à l'exception de l'Atlas Méditerranéen, appartiennent à l'Europe.

Le terme le plus important de cet ensemble répond au système alpin, c'est-à-dire aux Alpides. Dans celles-ci, nous aurons tout d'abord, en nous basant sur les deux chapitres précédents, à jeter un coup d'œil sur les Alpes proprement dites et, en particulier, sur les nappes successives dont on peut y reconnaître la présence. Dans leur prolongement vers le Nord-Est, nous devrions décrire la structure des Carpathes, également disposées en nappes. Au Sud-Ouest, il y aura lieu d'examiner les relations très particulières de la Calabre avec la Sicile et les relations de cette île avec la Tunisie. La diversité du développement du

[1. Traduit par Ch. Jacob.]

Trias dans les différentes régions de la Méditerranée Occidentale nous fournira quelques indications sur cette partie de la Téthys.

Un deuxième terme est constitué par les plis Provençaux, puis par les Pyrénées et les montagnes du Nord de l'Espagne. Là, nous aurons à mentionner la situation toute spéciale d'un fragment des Altaïdes, le Massif de Mouthoumet, dans la courbure des plis provençaux qui vont se rattacher aux Pyrénées; nous devons insister en outre sur le rôle très important joué par les Altaïdes dans la constitution des Pyrénées, ainsi que sur le mouvement de ces dernières vers le Sud, et enfin y signaler plusieurs traits de structure que l'on rencontre rarement ailleurs.

Les Altaïdes posthumes sont également représentées dans le Bassin de Paris et de Londres et dans l'Ouest du Portugal; mais nous n'en parlerons pas davantage ici.

I. — Les Alpes.

La nappe austro-alpine. — Ce que nous avons dit jusqu'à présent montre combien sont importantes les lacunes qui subsistent encore aujourd'hui dans la connaissance des Alpes et montre également à quelle date très proche de nous on a commencé, en particulier dans l'Est, à poursuivre l'application des idées qui sont désormais acquises. Par suite de ces circonstances, le plus grand intérêt que puisse offrir un essai de synthèse sera de mettre en lumière les questions les plus urgentes à résoudre.

Il ne faut jamais perdre de vue la diversité de nature et l'inégale importance des trois limites principales; on doit se rappeler notamment la signification capitale de la limite dinarique, représentant une ligne suivant laquelle un élément étranger se presse contre les Alpes, puis la signification de la ligne Rhätikon-Oberhalbstein-Piz Tremoggia, qui constitue le bord occidental de la nappe chevauchante des Alpes Orientales; enfin la zone interne du Flysch est instructive en elle-même, mais elle est moins profondément marquée dans la chaîne que les précédentes. La nappe austro-alpine se divise suivant sa longueur en deux moitiés. Le Semmering, la bande graphitique du Nord de la Styrie et les Tauern sont des éléments étrangers aux Alpes Orientales, et qui marquent la séparation de leurs deux moitiés. Il est probable que les bandes de marbre de Schneeberg et de Ratschings qui, au Sud-Ouest, partent des Tauern, et aussi le prolongement hypothétique de la seconde jusqu'à Laas et jusqu'au Sud de l'Ortler, nous apparaîtront un jour comme la suite des calcaires mésozoïques des Tauern, en

continuant cette séparation vers le S.W.; mais la preuve n'en est pas faite jusqu'à présent.

La *moitié méridionale* du domaine austro-alpin est très large à l'Est, où elle surgit de la plaine hongroise. Elle comprend la plus grande partie du bassin de la Mur en amont de Gratz, le massif paléozoïque de Gratz, et ce que l'on appelait autrefois les « Alpes centrales de Styrie » (*Steyrische Central-Alpen*). Au Sud s'ajoute une longue bande de sédiments mésozoïques, qui accompagne la limite dinarique; cette bande est énergiquement plissée à l'Est, dans les Karawanken, ainsi qu'à l'Ouest, dans les montagnes de Lienz, et elle comprend la chaîne de la Drave. Des paquets très allongés sont effondrés sous forme de fossés (*Graben*). Les sédiments mésozoïques transgressifs pénètrent en couches presque horizontales dans la vallée de la Gurk et ils s'avancent au loin vers le Nord par-dessus les roches anciennes des Alpes de la Mur, associés au Crétacé supérieur et à l'Éocène. Ils affectent le faciès des Alpes Calcaires Septentrionales.

Dans tout l'Ouest, ils restent séparés des Dinarides par une traînée de gneiss et de micaschistes. Cette traînée représente seule au Brenner, avec une bande encastrée de Trias, la moitié méridionale des Alpes Orientales, dans la zone étroite comprise entre Sprechenstein et le granite de Brixen. Elle entoure le front des Dinarides; et les roches anciennes peuvent être suivies à l'Ouest de la ligne giudicarienne jusque dans la région située au Nord du Col du Tonale.

La partie méridionale et occidentale de cet important élément des Alpes paraît rester passive sous l'influence de la poussée des Dinarides. Dans le groupe du Kreuzeck vient s'ajouter l'influence des Tauern. Les Alpes de la Mur présentent à un très haut degré, à la fois par leur aspect extérieur et par la manière dont elles sortent de la vaste plaine, les caractères d'une région ancienne et autochtone. C'est ici que les doutes émis au sujet de la structure en nappes se justifient le mieux, à ce qu'il semble. Peut-être arrivera-t-on un jour à y reconnaître un massif réellement étranger aux Alpes.

Dans toute cette région, depuis la Hongrie jusqu'au Brenner, il n'y a pas de glacier.

La *moitié septentrionale des Alpes Orientales* se distingue à de nombreux titres. Elle est formée au Sud par une bande de roches anciennes, que nous regardons comme le prolongement des Alpes de la Mur. Cette bande se rattache vers l'Ouest aux quartzophyllades anciens du Pinzgau; elle traverse le Brenner au Sud d'Innsbruck, et prend une grande largeur à l'Ouest de ce col, pour former les massifs du Stubai, de l'Oetzthal et de la Silvretta. Les mêmes roches supportent encore au Sud tout le massif mésozoïque de Braulio, avec l'Örtler.

Au Nord, dans la Styrie septentrionale, on voit reposer sur les roches anciennes une zone de Silurien, de Dévonien et de Calcaire carbonifère, qui disparaît dans le Tyrol oriental. Sur celle-ci, et immédiatement au-dessus des terrains plus anciens, à l'Ouest, repose la zone calcaire des Alpes Orientales. Elle chevauche vers le Nord par-dessus la zone du Flysch ou en est séparée par une dislocation plus ou moins verticale.

La zone calcaire offre les caractères d'un lambeau flottant en quelque sorte sur sa base. Tout le long de la limite occidentale, c'est-à-dire de Poschiavo au Lac de Sils et à l'Oberhalbstein, puis dans le Rhätikon et jusqu'au Falknis, les chaînes venant de l'Ouest s'enfoncent sous les Alpes Orientales. Nous avons mentionné déjà les rapports de la zone calcaire avec le Flysch. A l'Est, où la partie septentrionale des Alpes Orientales devient plus étroite, elle se prolonge dans les Carpathes; mais, sur le bord Sud, elle se montre de nouveau comme flottante, car tous les éléments étrangers qui la limitent s'enfoncent au-dessous d'elle vers le Nord-Ouest: c'est le cas au Semmering, dans la bande de graphite du Nord de la Styrie, dans la partie orientale des Tauern et pour la bande de marbre de Schneeberg. Au Nord-Ouest et à l'Ouest des Tauern, on peut observer des chevauchements des éléments étrangers vers l'W. et vers le N. dans des circonstances assez spéciales. Un grand nombre de faits tendent à prouver que le Massif de l'Ortler est un synclinal s'ouvrant vers le Nord.

L'ensemble de la nappe du Nord des Alpes Orientales, et notamment la zone calcaire septentrionale, affecte la disposition d'un pli synclinal, par suite du plongement presque constant du Flysch vers le Sud. De plus, la zone calcaire se divise en plusieurs nappes poussées les unes par-dessus les autres vers le Nord. Quelques-unes semblent dépendre dans leur allure des contours du Massif Bohémien, pour épouser ensuite la direction des plis carpathiques; toutes se meuvent sur les schistes de Werfen et sur la formation salifère, sans empiéter sur le substratum profond du Trias. Les mouvements sont en partie antérieurs au Cénomaniens, et en partie plus récents.

A la base des masses charriées apparaissent des roches intrusives, notamment dans le Salzkammergut; elles se montrent également, peut-être remaniées par ces actions mécaniques, dans le Crétacé qui recouvre en discordance les schistes de Werfen.

La partie septentrionale des Alpes Orientales diffère également par son aspect extérieur de la partie méridionale. On ne saurait comparer les immenses champs de névés du Tyrol occidental et le groupe du Piz Buin, dans la Silvretta, aux formes arrondies des montagnes verdoyantes de la Styrie centrale; la région mésozoïque offre au Sud, dans

l'Ortler, le sommet allemand le plus élevé. C'est le long de ses escarpements tournés vers le Sud que la zone calcaire porte les plus hautes de ses cimes, comme la Scesaplana, la Zugspitz, le Dachstein, etc. —

Les nappes lépontiennes comprennent toutes les nappes qui, tectoniquement, sont inférieures à la nappe austro-alpine et supérieures à la nappe helvétique. Elles sont, en raison de cette situation, caractérisées par un métamorphisme dynamique très intense, et elles se distinguent aussi, en beaucoup d'endroits, par des injections basiques, les *pietre verdi*. Souvent, dans ce groupe, le Trias et le terrain jurassique sont transformés en quartzite à séricite et en marbre blanc.

Elles s'étendent au Sud jusqu'à la plaine lombarde et jusqu'à la limite dinarique; à l'Est, elles plongent sous la nappe austro-alpine; au Nord et à l'Ouest, on peut utiliser comme ligne propre à marquer leur limite la zone interne du Flysch, qui prend également de l'importance quand on considère le fragment corse des Alpes. Mais les nappes lépontiennes, pour autant qu'elles n'affleurent pas justement suivant cette même ligne, empiètent non seulement sur elle par une longue série de lambeaux de recouvrement, mais la dépassent pour s'étendre jusqu'au delà du bord externe de la nappe helvétique, située plus en avant.

Il résulte de la structure générale des Alpes que ce groupe de nappes se montre ordinairement à l'Ouest sous la forme de vastes montagnes découvertes, ou de *lambeaux de recouvrement*, tandis qu'à l'Est, on ne l'aperçoit plus que dans de *grandes fenêtres*.

a. La nappe de la Dent Blanche est une nappe lépontienne recouvrant des formations lépontiennes. Elle provient de la zone d'Ivrée, fortement injectée de roches basiques et accompagnée des deux côtés par des marbres mésozoïques, et elle en a été séparée par l'érosion. Elle s'étend depuis le Mont Emilius, au Sud d'Aoste, jusqu'au Glacier de Tourtemagne, au Nord de Zermatt.

b. Les Alpes Piémontaises forment une portion si considérable des hautes régions des Alpes que l'on pourrait hésiter à les considérer comme un terme secondaire, faisant partie d'un groupe d'ordre plus élevé. Les questions si délicates que soulève l'origine de leurs prolongements au Nord et à l'Est ont empêché que l'on n'ait recours au nom de « piémontais » pour désigner l'ensemble du groupe lépontien.

Les Alpes Piémontaises comprennent toute la région montagneuse qui s'étend depuis la plaine lombarde jusqu'au faisceau de plis sédimentaires très serrés que l'on suit sur le bord interne du Mercantour, du Pelvoux et du Mont-Blanc, jusqu'à la vallée du Rhône près de Sion, jusqu'au Val Bredetto, à Airolo et au Col du Lukmanier. Cette

vaste région est caractérisée par la présence de grands massifs gneissiques, par un métamorphisme très accusé des sédiments et, notamment au Sud, par l'importance des injections basiques. Une longue bande arquée de terrain houiller, qui s'étend de la vallée du Rhône jusqu'à une grande distance au Sud, borde les Alpes Piémontaises vers l'Ouest et atteste l'unité du mouvement d'ensemble. Ses traces se montrent encore au voisinage de la mer, dans les Alpes Ligures. C'est à l'intérieur de la courbe correspondant à cette partie des Alpes que prend naissance le ploiement à rebours (*Rückbeugung*) de l'Apennin¹.

D'accord avec la définition qui précède, on peut citer comme appartenant aux Alpes Piémontaises la bande des *pietre verdi* du Mont Viso, les gneiss peut-être autochtones de la bande qui s'étend entre la Doire et la Maira et ceux du Grand Paradis, puis la zone allongée du Grand Saint-Bernard, dans laquelle commence le ploiement à rebours; puis le Mont Rose et, avec ce massif, tous les plis de gneiss, discernables grâce aux intercalations de sédiments mésozoïques, qui s'étendent jusqu'au Simplon; ensuite, au delà du Simplon, tous les chaînons gneissiques qui plongent vers l'Est, jusqu'aux montagnes calcaires du Splügen et aux roches vertes de l'Oberhalbstein, ainsi que la région située au Sud jusqu'à la limite dinarique sur l'Adda (si toutefois un étroit liséré austro-alpin ne vient pas s'intercaler en avant de ce cours d'eau); enfin le Massif de la Disgrazia et la moitié inférieure de la vallée du Poschiavino.

c. Les *lambeaux de recouvrement* qui, à partir des Alpes Piémontaises, s'étendent sur les régions helvétiques, atteignent, en s'avancant vers l'extérieur au Sud et au Nord du Mercantour, une extension considérable; la part qu'y prend le Flysch en Dauphiné permet de reconnaître que, dans cette partie des Alpes, ces lambeaux proviennent de la zone interne du Flysch. Au Nord, les plus grands lambeaux se trouvent dans le Chablais et dans les Alpes Fribourgeoises. Par une série de restes démantelés, par Giswyl, par le Stanzerhorn et les Mythen près de Schwyz, par le Berglittenstein dans la vallée du Rhin, ils atteignent au delà de ce fleuve le Falknis, où ils rejoignent les roches lépontiennes qui forment à l'Ouest, sur toute sa largeur, le substratum de la moitié septentrionale des Alpes Orientales.

Les Alpes Piémontaises changent de caractère au Nord de l'éventail

[1. Sur la structure des Alpes Piémontaises, et notamment sur la généralité des charriages vers l'Ouest dans toute la région comprise entre le Valais et la Méditerranée, voir la magnifique synthèse d'Émile Argand : *Les nappes de recouvrement des Alpes Pennines et leurs prolongements structuraux* (Matériaux pour la Carte géol. de la Suisse, nouv. série, XXXI). In-4°, 26 p., 1 carte tectonique, 2 stéréogrammes. Berne, 1911 (*Note ajoutée pendant l'impression*).]

houiller; les roches vertes ne se montrent plus que sur quelques points et la série mésozoïque prend une certaine ressemblance avec celle des Alpes Orientales. Ce faciès est celui du Briançonnais. Il forme des faisceaux comprimés de plis et quelques-uns de ceux-ci s'intercalent obliquement entre les noyaux gneissiques, rangés en quinconce (*wechselständig gereihten*), de la zone du Mont-Blanc. En même temps semble se produire un rapprochement avec le faciès helvétique. Une ressemblance toute particulière des sédiments a, par exemple, attiré l'attention sur le Val Ferret, situé à l'Est du Massif du Mont-Blanc, en le faisant considérer comme une région de racines. L'extension de ces terrains jusque bien au delà du Rhin et l'apparition constante de roches vertes dans la plus élevée des nappes correspondantes laissent supposer que les faibles traces, qui se sont conservées çà et là, représentent les débris d'un édifice grandiose aujourd'hui démantelé : les plis couchés et entassés les uns sur les autres qui le constituaient ont été soustraits pour toujours à nos regards.

A ce qui précède, il faut ajouter que le substratum, c'est-à-dire la région helvétique avec une partie des noyaux gneissiques de la zone du Mont-Blanc, a encore subi des mouvements postérieurs.

d. Dans les Alpes Orientales, les lambeaux de recouvrement lépontiens sont remplacés par les *fenêtres lépontiennes*.

Dans la haute vallée de l'Inn, on voit, sur une longueur de 54 kilomètres, des sédiments lépontiens affleurant sous les massifs gneissiques austro-alpins de la Silvretta à l'Ouest et de l'Oetzthal à l'Est. Au milieu de la fenêtre, qui est allongée vers le N.N.E., s'élève l'anticlinal de la Stammerspitz.

Avec vraisemblance, mais sans preuve décisive, on peut rattacher aux formations lépontiennes une trainée d'affleurements de marbre qui, fréquemment interrompue, se montre au Sud de l'Ortler et qui, par Laas et le Massif du Texel, gagne ensuite le Brenner, qu'elle atteint près de Ratschings. Une deuxième bande de marbre analogue venant de Gurgl, dans l'Oetzthal, atteint le Brenner non loin de la première, en passant par Schneeberg. Dans la limite des observations actuelles, on doit admettre que ces deux bandes de marbre rejoignent la bordure mésozoïque de la fenêtre des Tauern, longue de 165 kilomètres. Cette bordure est lépontienne; le Massif du Tribulaun en fait partie. Elle montre du terrain houiller d'eau douce, du Trias, du Lias et du Jurassique. Vers l'intérieur lui succèdent la *Schieferhülle* et le *Central-Gneiss* des Tauern. Toutes ces roches ont subi une compression dynamique, et la *Schieferhülle* devient, au moins en partie, du Trias. Les noyaux les plus importants de gneiss sont, à leurs extrémités, intriqués (*verfaltet*) avec leur enveloppe schisteuse.

La bordure lépontienne des Tauern s'enfonce sous les roches environnantes appartenant à la série des Alpes Orientales, ou bien elle se montre fortement redressée; au Nord-Ouest et à l'Ouest, elle est refoulée sur le cadre de la fenêtre.

A l'Est des Tauern, au Sud de Schladming, vient une région dont la structure est encore à peine déchiffrée; puis, à travers le Nord de la Styrie, court une bande, longue de 150 kilomètres, de terrain houiller supérieur ou moyen d'eau douce, qui plonge vers le Nord sous la moitié septentrionale de la nappe austro-alpine. Cette bande aboutit au Semmering, où reparaissent, avec le terrain houiller d'eau douce, les terrains mésozoïques des Tauern. Ceux-ci sont également inclinés vers le Nord.

Il reste, dans ce territoire, beaucoup de questions à résoudre. En l'état actuel des observations, cependant, la bande de marbre de Laas et de Ratschings, les Tauern, la traînée houillère du Nord de la Styrie et le Semmering correspondent à des affleurements qui, dans les parties les mieux connues, se présentent comme un élément situé en profondeur. Leur délimitation d'avec les terrains austro-alpins n'a malheureusement pas encore été fixée, carte en mains, sur de longues étendues, et l'allure du terrain houiller d'eau douce par rapport au Trias lépontien reste à élucider.

On attribue à ces affleurements l'épithète d'exotiques, parce qu'ils occupent un espace plus réduit que la nappe austro-alpine; leurs caractères leur donnent cependant *plus de droits qu'à celle-ci d'être regardés comme indigènes et autochtones.*

e. La lisière lépontienne. — Sur le bord septentrional de la nappe austro-alpine apparaissent, entre cette nappe et le Flysch, des éléments anormaux. Ils commencent sur l'Iller, dans la Bavière occidentale, sous forme de lambeaux de poussée (*Grundschollen*). A l'Est, dans la Haute et dans la Basse-Autriche, aux lambeaux de poussée s'ajoute une série stratifiée, très particulière, qui est inconnue ailleurs dans les Alpes. Ses termes les plus caractéristiques sont un Lias noir, accompagné de couches de charbon (*Grestener Schichten*), et un Jurassique moyen qui, au premier abord, rappelle celui de la Suisse. Dans le Jurassique supérieur se montrent en outre des schistes rouges à Radiolaires avec *Aptychus*. Cette série s'étend jusque dans les faubourgs de Vienne et trouve sa continuation dans les Piénines (Carpathes). —

La nappe helvétique forme la bordure externe des Alpes depuis le Var jusqu'aux Carpathes. Quoique le plongement très fréquent des couches vers l'intérieur de la chaîne et la subdivision en nappes secondaires, qui s'affirme surtout dans la Suisse Orientale, témoignent, ici

encore, de la puissance du mouvement d'ensemble, on note cependant quelques indices qui, au moins dans l'Ouest, montrent l'importance moindre des déplacements horizontaux. Le faciès se rapproche par de nombreux caractères de celui des terrains de l'avant-pays.

La partie orographiquement la plus saillante, la zone du Mont-Blanc, peut être regardée comme une série de fragments de l'avant-pays, rangés obliquement par rapport à la chaîne. Elle comprend les importants noyaux de gneiss qui s'échelonnent depuis le Mercantour, par le Pelvoux, Belledonne, le Mont-Blanc et les Aiguilles Rouges, jusqu'aux Massifs de l'Aar et du Saint-Gothard. Elle se termine sur le Rhin ; au Sud, les petits massifs gneissiques de la Ligurie lui appartiennent peut-être.

Dans l'intervalle de ces noyaux qui se relayent, et aussi, jadis, en partie par-dessus leur emplacement, les sédiments helvétiques vont rejoindre ceux de la zone du Briançonnais. C'est aux dépens de ces sédiments, principalement calcaires, qui apparaissent sur le bord externe de la zone du Mont-Blanc, que se sont constituées, par un plissement plus tardif et par un grandiose entassement de plis, les Hautes-Châines des Alpes Bernoises, comme les Dents du Midi, le Wildstrubel, le Faulhorn, etc. Elles décèlent un mouvement qui est plus récent que le charriage des lambeaux de recouvrement lépontiens.

Dans la Suisse Orientale, le pli couché de Glaris ainsi que les Churfirsten et le Säntis appartiennent à la zone helvétique. L'alignement est, ici encore, oblique par rapport à la direction générale des Alpes et ne coïncide pas tout à fait avec elle ; car, tandis qu'à l'Est et près du Rhin, le massif calcaire du Säntis est bordé de Flysch à la fois vers le N. et vers le S., la bande septentrionale de Flysch disparaît en Bavière. Des traces de la bande du Säntis accompagnent le front Nord jusqu'au delà de l'Isar, et le Flysch situé au Sud du Säntis atteint seul le Danube près de Vienne, après avoir formé la zone autrichienne du Flysch. Cette partie est principalement constituée par du Crétacé supérieur à affinités septentrionales et par de l'Éocène à affinités méridionales.

Les couches de Gosau reposent en transgression sur la zone calcaire. Elles ont un cachet méridional très accusé. Leur terme le plus élevé, les marnes à Inocérames, rappelle par ses Ammonites l'un des horizons du Flysch. Le Cénomaniens à Orbitolines est également commun aux deux zones ; il repose souvent transgressivement sur le Trias plissé de la zone calcaire ; dans l'Est du Tyrol, le Flysch crétacé septentrional et l'Éocène méridional sont aussi transgressifs sur certaines parties de la zone calcaire. Mais les couches de Gosau typiques, de caractère méridional, n'ont encore jamais été rencontrées dans la zone du Flysch.

Remarques générales. — Comme conclusion à ce résumé rapide sur les Alpes, nous mentionnerons quelques observations d'ordre général et sans liaison les unes avec les autres.

1. La série Silurien-Dévonien-Carbonifère inférieur n'est représentée que dans le terme tectoniquement le plus élevé, dans les Alpes Orientales, où on l'observe à la fois dans la moitié septentrionale et dans la moitié méridionale. Elle n'est connue ni dans la région lépontienne ni dans la région helvétique; en revanche, dans celles-ci, la série fossilifère commence partout avec le terrain houiller d'eau douce (flore de Schatzlar; d'après d'autres auteurs, flore d'Ottweiler). Il en est ainsi au Semmering, dans le Nord de la Styrie et dans les Tauern, dans le grand éventail houiller qui, à l'Ouest du Grand Saint-Bernard, s'étend jusqu'aux Alpes Ligures, de même que dans la région helvétique au Tödi, etc. Toutes ces parties des Alpes rappellent donc essentiellement les Altaïdes. Mais un représentant marin du Carbonifère supérieur ou du Permien fait absolument défaut dans les Alpes. La chose est d'autant plus remarquable que, dès que l'on a dépassé la limite, on rencontre ce faciès marin très développé dans la Chaîne Carnique, le substratum autonome des Dinarides. Là, au Silurien, au Dévonien et au Carbonifère inférieur succède, dans l'Est, la discordance typique précédant la flore d'Ottweiler, qui est elle-même associée à des couches marines; mais, dans la partie occidentale des Dinarides, en Lombardie, les restes organiques commencent également avec le terrain houiller d'eau douce moyen et supérieur (Manno).

2. Les gneiss et les granites anté-permiens des Alpes affectent des formes tectoniques très diverses. Les uns, profondément érodés, semblent être, sans doute possible, des massifs autochtones (Styrie méridionale, Bacher, Alpes de la Save et Kor-Alpe); d'autres, apparaissant comme le terme le plus profond au milieu de terrains énergiquement plissés, peuvent encore être regardés comme autochtones (Doire-Maira), ou bien représentent soit des massifs autochtones, soit une carapace très profonde (Grand Paradis). D'autres ont résisté aux pressions latérales et se sont divisés en anticlinaux parallèles, dont l'existence se décèle par des digitations (*Verfaltung*) aux extrémités des massifs (Mont-Blanc, Massif de l'Aar, noyau du Hochalm dans les Tauern). D'autres encore sont des noyaux d'anticlinaux (gneiss d'Antigorio et du Monte Leone au Simplon). La Dent Blanche est également regardée comme un pli-nappe (*Deckfalte*) subhorizontal. On arrive enfin aux grandes nappes, complètement séparées de leur substratum originel par une surface de charriage, comme la Silvretta. Les exemples de cette nature acquièrent précisément une grande importance, comme nous le verrons, dans les montagnes de la Tatra et dans les

Pyrénées Orientales. Leur hauteur considérable et la façon dont ils se présentent conduisent même parfois à se demander si les traits principaux du relief ne seraient pas, cette fois, antérieurs au charriage.

Tandis qu'en Suisse les nappes apparaissent de plus en plus comme des plis couchés très allongés, on n'a pas encore signalé jusqu'à présent, dans les Alpes Orientales, d'indice d'un tel mode de plissement ou d'exemples de nappes plongeantes.

3. Le Massif Bohémien et l'avant-pays anté-permien disparaissent en vue des Alpes. On ne peut s'expliquer ce fait autrement qu'en admettant que leur prolongement se trouve au-dessous des Alpes. En faveur de cette hypothèse parlent la présence du gneiss de Stockerau, au voisinage immédiat de la limite externe du Flysch, la nature de beaucoup de lambeaux de poussée lépontiens affleurant sur le bord Sud de la zone orientale du Flysch, et aussi la constitution de la zone du Mont-Blanc. Sur le bord méridional des Alpes, du côté des Dinarides, on se trouve en face de la même question, et la seule réponse possible est la suivante : la continuation des Alpes se trouve sous la Chaîne Carnique et sous les Dinarides. Le substratum carnique semble cependant disparaître très vite, au-dessous des Dinarides, vers l'Ouest et le Sud-Ouest; il est absent dans la fenêtre de Recoaro (III, p. 466), et aussi autour du massif gneissique anté-permien de la Cima d'Asta; mais en aucun de ces points ne se montrent de traces alpines sous les Dinarides.

Vers le front des Dinarides, sur la route du Brenner, la direction des chaînes alpines épouse, il est vrai, le contour de ce front et du granite intercalaire de Brixen, comme si elles avaient été violemment poussées en avant; mais cette influence tectonique ne doit guère se manifester au delà de Sprechenstein. Nous avons dit que la ceinture tonalitique montre que les Dinarides n'ont jamais dû s'étendre très loin vers le Nord au delà de leur limite actuelle, et toutes les autres circonstances viennent à l'appui de cette opinion; mais il ne s'ensuit pas qu'en profondeur le recouvrement ne soit encore réalisé sur de grandes étendues.

Prolongement des Alpes vers le Nord-Est et vers l'Est (I, p. 244-278).

Les Alpes Calcaires disparaissent le long de la ligne thermale de Baden. Les zones internes des Alpes, et avec elles, suivant toute apparence, la zone calcaire lépontiennne du Semmering, se prolongent ainsi que le Flysch vers le N.E., mais se perdent déjà dans le Rosalien-Gebirge. A ce massif ne fait plus suite une zone cristalline continue, mais bien une traînée de noyaux épars. A la zone du Flysch, s'éten-

dant uniformément, au Nord des Carpathes, sur un avant-pays de constitution variée, s'oppose, au Sud, un contour des plus capricieux, dont les irrégularités seraient encore plus frappantes si des épanchements de trachyte et des accumulations de cendres ne venaient établir une certaine cohésion toute superficielle. Il en est ainsi, en particulier, dans la région des sources de la Tisza, qui pénètre si profondément dans les Carpathes, à partir du Sud, que cette chaîne n'est presque plus représentée que par la zone du Flysch.

Immédiatement à l'Ouest de ce point de partage se trouve l'extrémité orientale des *Monts de la Haute-Hongrie*, qui s'étendent de l'W. à l'E. sur une longueur de 140 kilomètres, entre les rivières Gran et Hernad. Les villes de Neusohl et de Kaschau en marquent les points terminaux. Ces montagnes constituent le seul fragment des Carpathes Occidentales qui, par son extension, soit comparable dans une certaine mesure à une portion de zone cristalline interne. En ce qui concerne leur structure, on ne peut guère se reporter qu'à des observations anciennes, principalement à celles de Stur; Uhlig a résumé ce que l'on sait à leur sujet. Nous nous contenterons d'indiquer qu'une bande paléozoïque, dans laquelle le Carbonifère est représenté, limite, suivant une direction N.E., la partie des roches cristallines située à l'Est de Dobschau, que tout le bord Nord est accompagné de Trias et de Jurassique à faciès alpin, que ces terrains pénètrent profondément dans la région des roches anciennes avec une disposition horizontale très frappante (plateau de Murany), et qu'ils se rencontrent également au Sud (Monts Bükk) avec la même allure tranquille¹.

Au Nord et à l'Ouest des Monts de la Haute-Hongrie s'élèvent des noyaux isolés de gneiss et de granite, qui se montrent pour la plupart allongés dans le sens de la direction des plis et qui sont accompagnés de Trias et de Jurassique et entourés de couches tertiaires. Les Monts de la Leitha et les Petites Carpathes² sont les premiers. D'autres massifs leur font suite : Inovec (sur la rive gauche de la Waag), Tribec (sur la rive gauche de la Neutra), Sucha et Mala Magura, Zjar³ (constituant le seuil entre la Neutra et le Dunajec), etc. Le plus important de ces massifs isolés est la *Haute-Tatra*, au Nord des Monts de la Haute-

1. V. Uhlig, *Bau und Bild der Karpaten*. In-8°, Wien-Leipzig, 1903, p. 690-708.

2. Voir H. Beek und H. Vettters, *Zur Geologie der Kleinen Karpaten. Eine stratigraphisch-tektonische Studie* (Beitr. zur Paläont. u. Geol. Oesterreich-Ungarns, XVI, 1904, p. 1-106, 2 pl. coupes, 1 carte géol. à 1 : 75 000); P. S. Richarz, *Der südliche Teil der Kleinen Karpathen und die Hainburger Berge. Eine petrographisch-geologische Untersuchung* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., LVIII, 1908, p. 1-48, carte dans le t.); le même, *Ueber die Geologie der Kleinen Karpathen, der Leithagebirges und des Wechsels* (Mitteil. Geol. Gesellsch. Wien, I, 1908, p. 26-34).]

3. H. Vettters, *Beiträge zur Geologie des Zjargebirges* (Denkschr. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturw. Kl., LXXXV, 1910, p. 1-60, 2 cartes, 6 pl., carte tectonique p. 59).]

Hongrie. Il est allongé de l'W. à l'E., sur une longueur de 50 kilomètres et 15 kilomètres de largeur environ, et quelques-uns de ses sommets dépassent 2 600 mètres. C'est la partie la plus élevée des Carpathes.

La voie suivie par les conceptions tectoniques, au sujet de la Tatra, rappelle celle qui a conduit à l'intelligence du pli glaronnais : le succès, dans un cas comme dans l'autre, est dû à l'emploi de la méthode comparative. Tout d'abord, les faits ont été constatés et décrits avec tout le soin possible. C'est précisément la minutie de cette analyse qui a permis à un savant étranger à la région d'introduire des idées nouvelles

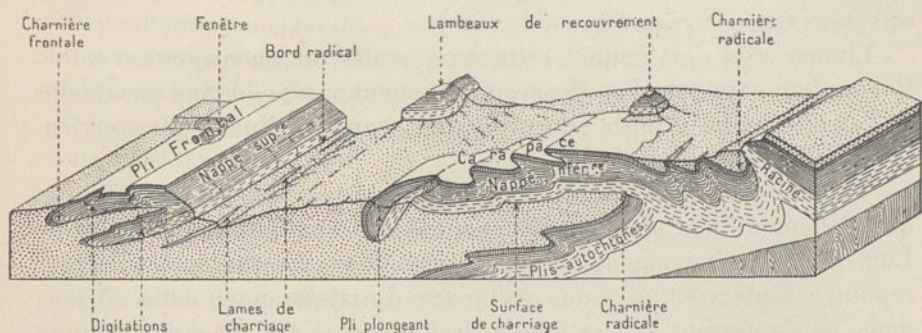


FIG. 181. — Terminologie des nappes de recouvrement, d'après M. Lugeon (*Bull. Soc. Vaudoise des Sc. Nat.*, 4^e sér., XXXIX, n^o 146, 1903, p. 27, fig. 1).

(fig. 181) et de donner une interprétation différente des coupes. Puis le premier observateur, converti à ces vues nouvelles, leur a apporté toute l'autorité de sa connaissance approfondie des lieux.

La monographie d'Uhlig, correspondant à la première phase de cette évolution, représente la Haute-Tatra comme un socle massif de gneiss et de granite ancien, supportant sur son versant Nord, dans ses parties élevées, une succession de couches à caractère alpin, avec beaucoup de lacunes et quelques indices sublittoraux : c'est la série *haut-tatrica*, qui est plissée vers le Nord. A celle-ci succède, dans les parties plus basses du versant septentrional, une deuxième série alpine, beaucoup plus complète, la série *sub-tatrica*. Ses plis plongent très fortement vers le Nord.

Le même contraste entre la série haut-tatrica incomplète et la série sub-tatrica plus complète a été rencontré par Uhlig dans d'autres massifs montagneux isolés. La conclusion s'ensuivait que chacun de ces massifs devait être une ancienne île, que la série haut-tatrica correspondait à sa couverture naturelle tandis que la série sub-tatrica représentait une formation de mer profonde, et enfin que les plis

sub-tatriques, plongeant vers le Nord sur le versant septentrional de la Tatra, devaient avoir été poussés du N. au S. contre ce massif cristallin¹.

Le travail de cette première phase était si complet que, dans la seconde, M. Lugeon, sans être jamais allé dans les Carpathes, pouvait, en s'appuyant sur l'expérience acquise dans les Alpes Occidentales, émettre l'hypothèse hardie que les plis sub-tatriques plongeant vers le N. sur le versant Nord de la Tatra, n'étaient pas le résultat d'une poussée venant du N., mais qu'ils avaient été charriés du S. au N., comme une nappe autonome, par-dessus le Massif de la Tatra. Les îles devenant des fenêtres, un mouvement d'ensemble vers le Nord régnerait dans toute la région².

Limanowski s'est rangé à cette manière de voir, en y ajoutant toutefois qu'une nappe de Flysch serait également venue du Sud par-dessus la Tatra, avec les klippes situés plus en avant au Nord; elle proviendrait de la région dinarique³.

La troisième phase enfin comporte les travaux postérieurs d'Uhlig, qui s'étendent à la plus grande partie des Carpathes. L'hypothèse de Lugeon sur le charriage de la nappe sub-tatrique y est acceptée; l'auteur repousse l'intervention d'une influence dinarique pour cette région; mais, en s'appuyant sur les études de Lóczy et d'Arthaber, il reconnaît l'existence de traces du faciès dinarique dans une région plus méridionale, la chaîne médiane de la Hongrie. La nature du massif gneissique et granitique de la Tatra était restée douteuse pour Lugeon; Uhlig considère ce massif lui-même comme flottant⁴.

1. V. Uhlig, *Die Geologie der Tatragebirges*: I. *Einleitung und stratigraphischer Theil* (Denkschr. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturwiss. Cl., LXIV, 1897, p. 643-684, 17 fig.); II. *Tektonik des Tatragebirges* (Ibid., LXVIII, 1900, p. 1-88, 26 fig., 1 carte géol., 7 pl. coupes, 1 carte tectonique et 2 panoramas phot.); pour la région occidentale, V. Uhlig, *Beiträge zur Geologie des Fatrakriván-Gebirges* (Ibid., LXXII, 1902, p. 519-561, 9 fig., 1 carte géol., 3 pl. coupes). [Voir aussi *Eckursionen in die Pieninische Klippenzone und in das Tatragebirge*. Unter Führung von V. Uhlig. In-8°, 76 p., nombr. fig. (IX. Internationaler Geologen-Kongress, 1903. Führer für die Geologischen Exkursionen in Oesterreich. Nr. III c.); V. Uhlig, *Geologisches aus dem Tatragebirge* (Mitteil. Geol. Gesellsch. Wien, I, 1908, p. 343-364).]

2. M. Lugeon, *Analogie entre les Carpathes et les Alpes* (C. R. Acad. Sc., CXXXV, 1902, 2^e sem., p. 872-874); du même, *Les nappes de recouvrement de la Tatra et l'origine des Klippes des Carpathes* (Bull. Soc. Vaudoise Sc. Nat., XXXIX, 1903, p. 17-63; réimpr. Bull. Laborat. Géol. Univ. de Lausanne, n° 4, 1903, 51 p.).

3. M. Limanowski, *Sur la découverte d'un lambeau de recouvrement subtatrique dans la région hauttatrique de Gladkie, monts Tatra* (Bull. Internat. Acad. Sc. Cracovie, 1904, p. 197-199; impr. également en polonais); le même, *Coup d'œil sur la structure des Carpathes* [en polonais] (Kosmos, Lemberg, XXX, 1903, p. 253-340); le même, *Sur la genèse des Klippes des Carpathes* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., VI, 1906, p. 151-164).

4. V. Uhlig, *Über die Tektonik der Karpathen* (Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturwiss. Kl., CXVI, Abt. I, 1907, p. 871-982, 1 pl. coupes, 1 carte); pour les traces dinariques des montagnes du Centre de la Hongrie, voir G. von Arthaber, *Die alpine Trias der Mediterran-Gebietes* (Fr. Frech, *Lethæa geognostica*, II. Teil, *Mesozoicum*, Band I). In-8°, Stuttgart, 1906, p. 432-434.

Nous prendrons pour base ces derniers résultats, et nous allons essayer de jeter un coup d'œil d'ensemble sur le sol carpathique, en partant du côté Sud de la Tatra et en étendant peu à peu notre horizon.

La *Basse-Tatra*, chaîne de hauteurs de direction E.-W. que l'on considère comme une partie occidentale des Monts de la Haute-Hongrie, est accompagnée sur son versant Nord par la série sub-tatrique, suivie elle-même par du Flysch sub-tatrique. A ce Flysch revient la large plaine, remblayée sur de vastes étendues par des formations glaciaires, qui règne jusqu'au pied méridional de la Haute-Tatra.

Des roches cristallines constituent le versant Sud et tous les sommets de la Haute-Tatra. Elles sont recouvertes sur le côté Nord, à des hauteurs considérables, par la série haut-tatrique. Toutes ces formations sont plissées ensemble vers le Nord. Des marnes du Crétacé supérieur sont englobées dans leurs plissements.

La nappe sub-tatrique, qui vient du Sud, a en effet passé par-dessus ces roches; actuellement, elle constitue, en plongeant vers le N., les parties les plus déprimées du versant septentrional. Des circonstances tout à fait analogues se reproduisent pour d'autres des noyaux montagneux épars, de telle sorte que la série sub-tatrique forme une nappe qui s'étend au loin sur les parties internes des Carpathes Occidentales, tout en étant souvent interrompue et déchirée par l'apparition fréquente de la nappe haut-tatrique, plus profonde tectoniquement, mais d'ordinaire plus élevée au point de vue orographique. C'est pourquoi Uhlig compare la nappe haut-tatrique à la nappe des Tauern, dans les Alpes, et la nappe sub-tatrique à la nappe austro-alpine.

Au Nord de la Tatra, on atteint, par l'intermédiaire de dépôts éocènes formant une bande de largeur médiocre, la zone si singulière des Klippes ou *zone des Piénines*. Au point de vue du paysage, elle apparaît sur de longues distances comme un chaîne de récifs émergeant d'une région verdoyante de Flysch et de Crétacé. Elle entoure les Carpathes Occidentales, à partir de la Moravie, en décrivant un arc de grand rayon; puis, elle sort de dessous les trachytes au Nord de la Tisza et s'étend au loin dans les Carpathes Orientales. Sa longueur mesure au moins 560 kilomètres. Cette zone se prolonge probablement, au Sud-Ouest, jusque dans la ville même de Vienne et jusqu'aux Alpes¹.

La série des couches qui y sont représentées va des dolomies du Trias au Néocomien, et comprend des termes extrêmement variés; mais,

1. On trouvera une bibliographie très riche dans V. Uhlig, *Ergebnisse geologischer Aufnahmen in den westgalizischen Karpathen, II. Theil. Der piéninische Klippenzug* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XL, 1890, p. 559-824, pl. V-X; voir p. 561-585); pour la nouvelle interprétation, voir surtout son mémoire *Über die Tektonik der Karpathen*, p. 913.

au lieu de superpositions régulières, on ne peut voir dans toute cette étendue médiane que des écailles discontinues, qui ont de 10 kilomètres

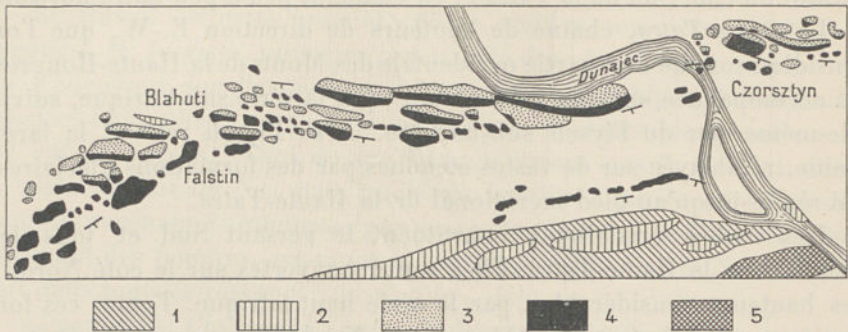


FIG. 182. — Klippes alignées de Falstin et de Czorsztyn (Hongrie et Galicie), d'après V. Uhlig (*Bau und Bild der Karpaten*. Wien-Leipzig, 1903, p. 776, fig. 67).

1. Schistes à *Amm. Opalinus* et à *Posidonomyes*; 2. Calcaires à silex; 3. Calcaires à Crinoïdes (Dogger); 4. Calcaire de Czorsztyn et Tithonique; 5. Grès éocènes. Le Flysch crétacé et tertiaire est en blanc. — Échelle de 1 : 37 500.

ou davantage à quelques mètres de longueur seulement; ces tronçons sont généralement allongés dans le sens de la direction des plis (fig. 182),



FIG. 183. — Klippes en amas de Jarembina (Comitat de Szepes, Hongrie), d'après V. Uhlig (*Bau und Bild der Karpaten*. Wien-Leipzig, 1903, p. 777, fig. 68).

1. Calcaires à Crinoïdes (Dogger); 2. Calcaire de Czorsztyn et Tithonique; 3. Calcaires à silex; 4. Grès et conglomérats de la « Klippenhülle ». Le Flysch crétacé et tertiaire est en blanc. — Échelle de 1 : 30 000.

ou encore disposés en groupes (fig. 183); et deux faciès différents du Jurassique paraissent y être représentés côte à côte. L'un, très fossilifère, comporte des niveaux nombreux; l'autre consiste en schistes à *Posidonomya alpina* et en calcaires à silex, à Radiolaires et à *Aptychus*, dont les fossiles sont parfois tithoniques et sur d'autres points néocœmiens.

Ces lambeaux sont emballés dans des marnes sableuses supracrétacées, sur lesquelles s'est

effectué le mouvement. Celui-ci doit avoir été très énergique et très général : l'Europe offre peu de paysages aussi surprenants que cette chaîne de rochers abrupts, s'étendant à droite et à gauche bien au delà des limites

de l'horizon, et qui, comme une haie gigantesque, s'oppose aux pas du voyageur s'approchant de la Haute-Tatra en venant du Nord (fig. 184).

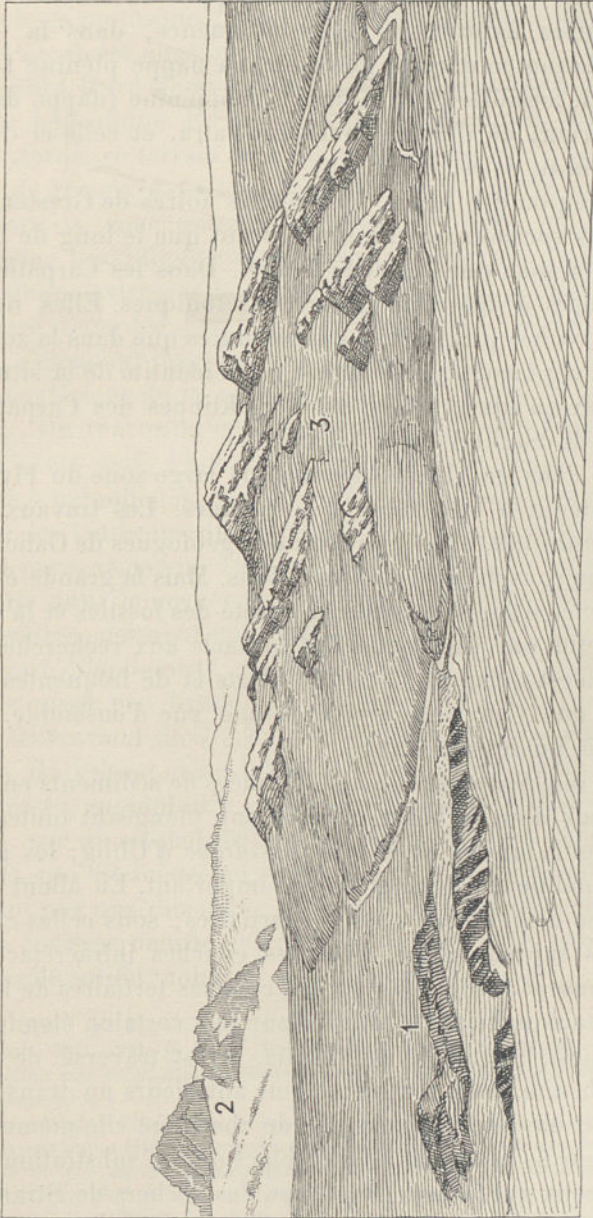


FIG. 184. — Les Klippes de Krempacek (Comitat de Szepes, Hongrie). Vue prise de l'Ouest, d'après V. Uhlig (Jahrb. der k. k. Geol. Reichsanstalt, XL, 1890, p. 614, fig. 9).

1. Klippes de la Kremlicez (Néocomien à *Aptychus angulicostatus*); 2. Klippes bordant la route de Dursin à Krempacek (Calcaire à Crinoides du Dogger); 3. Groupe principal des Klippes (Calcaire à Grinoides, Calcaire de Czorstyn et Tithonique plongeant au Sud). — L'enveloppe des Klippes, laissée en blanc ou convertie de hachures, est formée de schistes crétacés.

Le plongement général des couches, dans les Klippes, est dirigé vers le Sud, c'est-à-dire vers la haute chaîne. Lugeon les considère comme une « région frontale de nappes à arrêt forcé » (*aufbrandende*

Sirnregion, suivant l'expression d'Uhlig), et il laisse ouverte la question de savoir si elles se relient aux nappes tatriques ou bien si elles représentent les têtes d'une ou de plusieurs nappes autonomes. Uhlig adopte cette dernière hypothèse. En conséquence, dans la coupe transversale que donne ce dernier géologue, la nappe piénine (Jurassique et Néocomien fossilifères) et la nappe subpiénine (nappe des calcaires à silex) sortent de dessous la Haute-Tatra, et celle-ci devient elle-même un lambeau de recouvrement.

Dans toute la région des Alpes, les couches noires de Gresten, avec leurs Brachiopodes spéciaux, ne se rencontrent que le long de l'étroit lisière situé entre la zone calcaire et le Flysch. Dans les Carpathes, on en trouve les traces à différents niveaux tectoniques. Elles ne sont accompagnées de roches jurassiques à Radiolaires que dans la zone des Piénines; et cette circonstance, de même que l'identité de la situation, justifient la liaison qu'admet Uhlig entre les klippes des Carpathes et les affleurements de Sankt-Veit, à Vienne.

De même que dans les Alpes Orientales, la large zone du Flysch se montre ici également à l'extérieur des Piénines. Les travaux de la *Geologische Reichsanstalt*, ainsi que ceux des géologues de Galicie, ont fourni une somme considérable d'observations. Mais la grande étendue du pays, la présence d'épaisses forêts, la rareté des fossiles et la monotonie des sédiments ont longtemps fait obstacle aux recherches dans cette région; ce n'est qu'après de longs efforts et de fréquentes variations d'opinion que l'on a pu arriver à une vue d'ensemble. Nous serons, ici encore, guidés par Uhlig¹.

Il y a lieu de distinguer deux zones, formées de sédiments en partie de même âge mais dont le faciès est différent, plongeant toutes deux vers le Sud. La plus interne est la *zone beskidique* d'Uhlig; les grès de la Magura en constituent l'élément le plus important. En allant vers le Nord, on traverse d'abord des couches tertiaires; sous celles-ci viennent des couches supracrétacées, puis des couches infracrétacées, et ces dernières reposent à leur tour sur les couches tertiaires de la zone externe. Le Crétacé inférieur n'affleure sur une certaine étendue que dans le Nord-Ouest, et surtout en Silésie. Il est traversé de filons-couches de teschenite, qui, toutefois, sont antérieurs au transport et qui n'apparaissent pas suivant la surface de charriage elle-même. Avec le Crétacé inférieur se montrent de gros blocs de son substratum jurassique; tels sont ceux qui forment le groupe des rochers de Stramberg. Ce Jurassique diffère du Jurassique de la Tatra et des Piénines; plus

1. V. Uhlig, *Über die Tektonik der Karpathen*, p. 877 et suiv. [et *Neuere geologische Arbeiten über die galizischen Karpathen, besprochen von V. Uhlig* (Mitteil. Geol. Gesllsch. Wien, II, 1909, p. 533-539).]

d'un trait frappant y rappelle l'avant-pays. Il y a lieu de rattacher à ces gisements certains affleurements de terrain carbonifère sans racines et certains blocs de granite et de gneiss; au nombre de ces lambeaux figure le gigantesque paquet de terrain houiller de Hustopetsch, dont il a souvent été question¹.

Le bord Nord de ce Crétacé inférieur coïncide avec le bord Nord de la zone beskidique. En même temps qu'il repose sur le Tertiaire de la zone externe, ce terrain se résout, sous l'influence de l'érosion, en lambeaux de recouvrement; et tout près du bord, des sondages ont atteint à travers la zone externe le terrain houiller productif² (I, p. 245). Cette zone beskidique va rejoindre en Moravie, par ses avant-monts, les chaînons extrêmes de la zone du Flysch de la Basse-Autriche, et elle peut être regardée comme le prolongement direct des Alpes helvétiques, s'étendant jusqu'en Roumanie.

A l'extérieur de la zone beskidique se trouve la *zone sub-beskidique* d'Uhlig. On rencontre également dans celle-ci du Crétacé supérieur et de l'Éocène, mais l'horizon le plus caractéristique est fourni par les schistes à ménilite. A côté de nombreux blocs tithoniques apparaissent au jour les lambeaux de poussée déjà mentionnés, et d'autres restes de l'avant-pays varisque, russe et cimmérien. Les nombreux sondages entrepris pour la recherche du pétrole, qui atteignent jusqu'à 900 ou 1000 mètres, donnent une idée nette de l'allure des couches; et l'on trouverait difficilement, en Europe, un exemple plus clair d'un bord externe aussi peu troublé par l'avant-pays que celui qu'ont fait connaître les travaux de Grzybowski et Miaczyński dans la région à ozokérite de Boryslaw³. Une masse de Crétacé supérieur plongeant au S. est poussée, suivant une surface de charriage inclinée jusqu'à 45° vers le Sud, sur un paquet de couches d'âge tertiaire moyen (ou peut-être éocène), qui est lui-même plissé et qui plonge fortement vers le S., en s'élevant par une deuxième surface de contact anormal moins inclinée sur les épaisses couches oligocènes de Dobrotow (grès et schistes) et sur l'argile salifère miocène qui les surmonte.

1. D. Stur, *Die Tiefbohrung bei Batzdorf nördlich bei Bielitz-Biala* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XLI, 1891, p. 1-10). [Voir aussi V. Uhlig, *Die karpathische Sandsteinzone und ihr Verhältnis zum sudetischen Karbongebiet* (Mitteil. Geol. Gesellsch. Wien, I, 1908, p. 36-70, pl. I : coupes).]

2. J'ai examiné l'un de ces points à Paskau, au Sud de Mährisch-Ostrau. Il y a là une croupe, assez imposante, légèrement boisée, de Crétacé inférieur; c'est à peine à quelques centaines de pas de ses pentes, recouvertes d'éboulis de teshénite, que se trouve le sondage. D'après Petrascheck, le terrain houiller productif a été atteint après 400 mètres de couches (tertiaires); W. Petrascheck, *Die Überlagerung im mährisch-schlesisch-westgalizischen Steinkohlenrevier* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1906, p. 362-363).

3. Atlas géologique de la Galicie, publié par la Commission Physiographique de l'Académie de Cracovie. Texte de la feuille de *Drohobycz*, par W. Szajnocha, J. Grzybowski et P. Miaczynski, 1906; voir surtout les coupes de Grzybowski et Miaczynski sur la feuille 6.

Il y a donc là trois écailles, d'autant plus déprimées et formées de couches d'autant plus récentes qu'elles sont situées plus au Nord. En outre, par suite de la convergence des surfaces de glissement, l'écaille moyenne doit prendre fin en profondeur, vers le Sud, sous la forme d'un coin; et toute la pression qui s'est fait sentir sur l'écaille la plus avancée, au Nord, a déterminé dans celle-ci la naissance d'un large anticlinal, affectant les argiles salifères et les couches de Dobrotow. Ces dernières n'ont pas été traversées complètement par un forage poussé jusqu'à 1000 mètres. Elles s'enfoncent sous les masses plus élevées sans que l'anticlinal qu'elles dessinent soit suivi par un synclinal (voir le chapitre XXIII).

Ces constatations rappellent tout à fait celles que l'on peut faire au sujet de l'anticlinal de la Mollasse suisse. Celui-ci résulte également d'une poussée latérale d'ensemble, venant des montagnes : d'après les observations d'Arnold Heim, qui ne confirment pas les conceptions plus anciennes, l'anticlinal, ici encore, fait immédiatement suite aux plis des terrains antérieurs, sans aucun synclinal intermédiaire; le flanc Sud de l'anticlinal plonge tout net, dans la mesure où les faits peuvent être observés, sous les premières chaînes alpines¹.

Uhlig admet que, dans les Carpathes, les mouvements doivent s'être produits obliquement de bas en haut; il signale des nappes laminées, note la décomposition des surfaces de glissement qui remontent suivant une faible pente, et insiste sur l'absence de racines. Toutes ces données sont d'accord avec les résultats des sondages de Boryslaw.

Les Carpathes ont une structure en nappes, comme les Alpes; mais de même que dans les Alpes, et surtout dans les Tauern, de nombreux motifs portent à penser qu'il s'est produit une surélévation subséquente de quelques massifs, comme la Tatra, le Fatra-Krivan, etc.

La nappe helvétique est la continuation de celle qui vient des Alpes (fig. 185); le Crétacé moyen et le Crétacé supérieur témoignent de la même influence septentrionale; celle-ci atteint encore la Tatra; on ne voit apparaître les formations typiques de Gosau que plus au Sud.

1. Arn. Heim, *Die Brandung der Alpen am Nagelfluhgebirge* (Vierteljahrsschr. Naturforsch. Gesellsch. Zürich, LI, 1906, p. 441-461, pl. VII, VIII : carte et coupes).

LÉGENDE DE LA FIGURE 185.

1. Avant-pays autochtone, y compris la couverture post-varisque et les terrains miocènes; 2. Nappe sub-beskidique, et 3. Nappe beskidique (nappes helvétiques); 4. Nappe sub-piêninique et piéninique (zone des Klippes méridionales), et 5. Nappe haut-tatrique (nappes lépontiennes); 6. Nappe sub-tatrique, et 7. Nappes de la ceinture interne et de la Hongrie Centrale (nappes austro-alpines); 8. Roches volcaniques (andésites, trachytes, dacites, basaltes et tufs); 9. Cénomaniens, Sénoniens et Éocène discordants; 10. Régions de structure incertaine; 11. Bord frontal des nappes; 12. Lambeaux de recouvrement; 13. Fenêtres; 14. Limites hypothétiques; 15. Limites de terrains ou accidents postérieurs aux charriages; 16. Klippes. — Les terrains sédimentaires postérieurs au plissement des Carpathes (dépôts néogènes et alluvions) ont été laissés en blanc. — Échelle de 1 : 3 700 000.

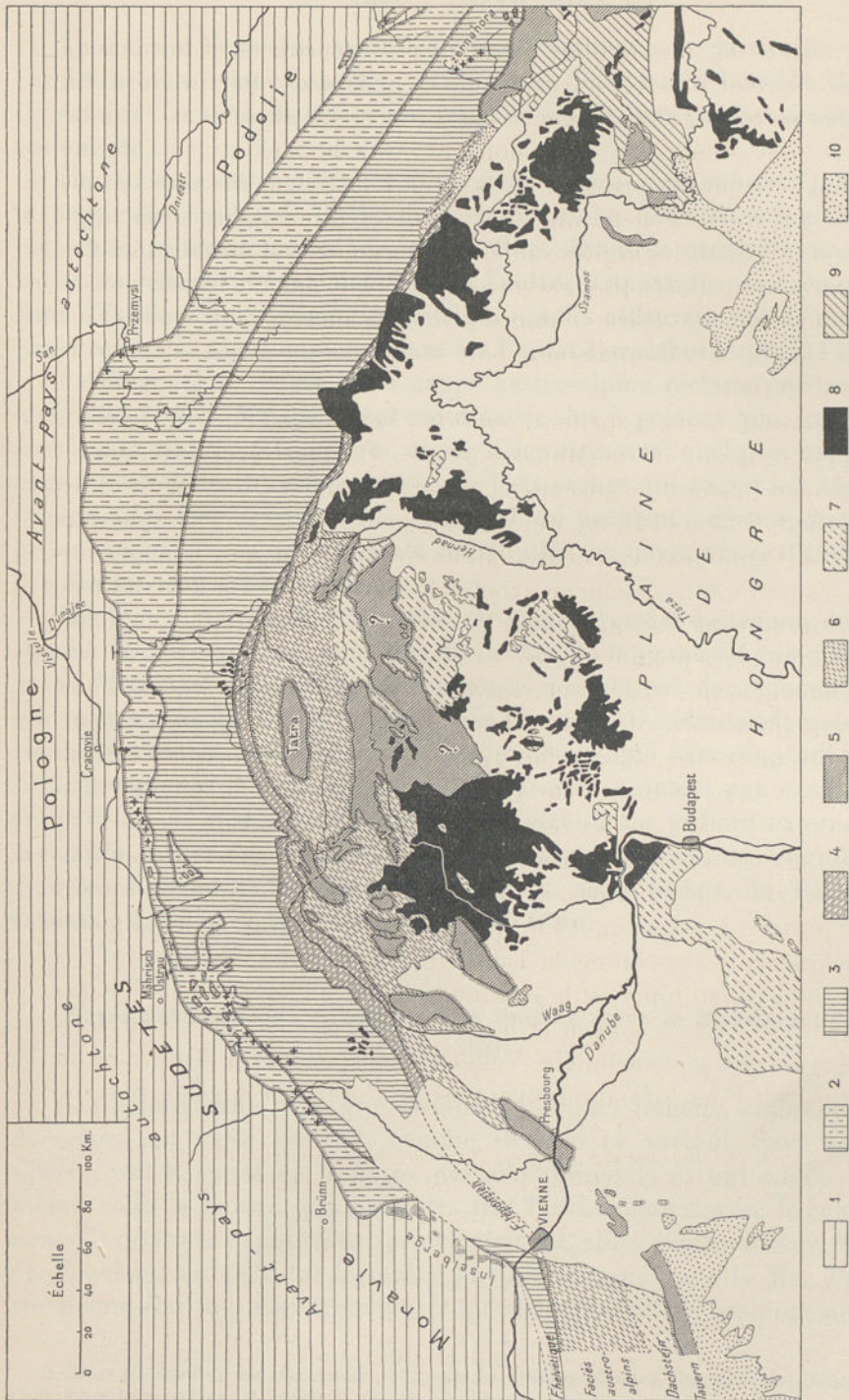
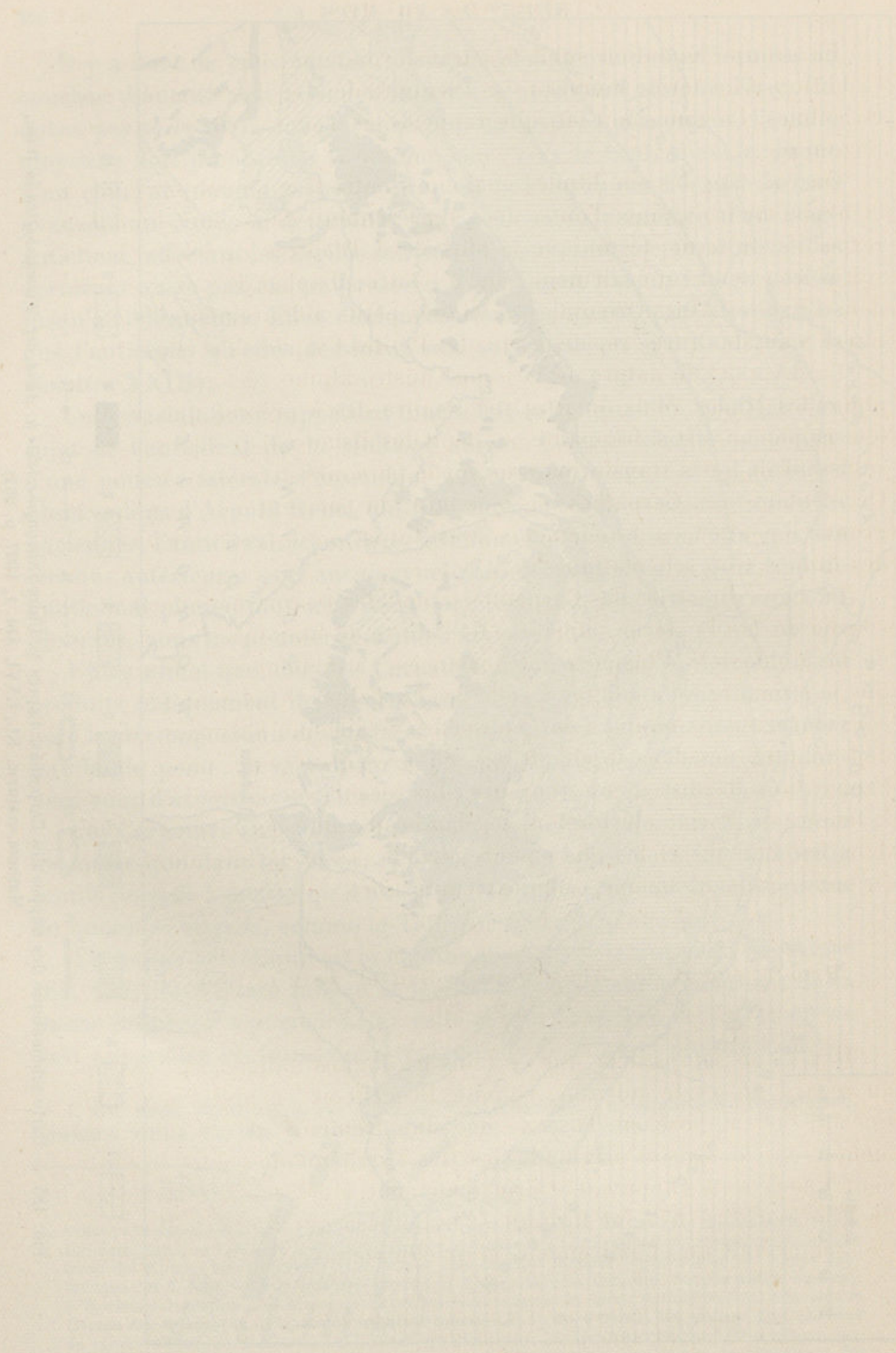


Fig. 185. — Carte schématique des nappes des Carpathes, d'après V. Uhlig (Sitzungsberichte k. Akad. der Wissenschaften in Wien, Mathem.-naturw. Kl., CXVI, Abt. I, 1907, p. 982).



Le groupe lépontien subit des transformations, en particulier par l'addition d'un terme nouveau, les Piénines, déjà visible dans les Alpes Orientales. La zone haut-tatrique rappelle les Tauern par sa situation tectonique.

On constate des similitudes analogues entre la zone sub-tatrique et la nappe austro-alpine. Toutes deux représentent, dans leurs domaines respectifs, le terme tectonique le plus élevé. D'autres caractères accessoires les rattachent également l'une à l'autre; il apparaît, par exemple, dans l'Est des Alpes Orientales, quelques petits affleurements de méla-phyre à augite, qui se répètent dans les Petites Carpathes et plus à l'Est.

La diversité de nature de la nappe austro-alpine réclame encore de nouvelles études. Mais on peut reconnaître dès à présent que, malgré leur isopie, qui est si frappante, en dépit des distances, quelques nappes subissent déjà des transformations sur le parcours qui réunit les Alpes Occidentales aux Carpathes; si, plus tard, on parvient à décomposer le groupe lépontien en ses éléments constitutifs, on devra éviter d'établir des limites trop schématiques.

La ligne directrice des Carpathes Orientales ressort nettement de la courbe du bord externe, ainsi que de l'allure du long massif gneissique de la Moldavie¹. Plusieurs circonstances permettent de reconnaître que la structure est analogue à celle des Carpathes Occidentales; mais il convient d'autant moins d'en exposer les détails que beaucoup ont été déjà mentionnés dans le chapitre X du présent volume, par exemple l'apparition de plissements toujours plus récents sur le bord externe², la fenêtre du Paring, la torsion, les lambeaux anté-permiens englobés dans les Balkans et les plissements récents, assez lâches, du Balkan Oriental, qui font songer à une extrémité libre.

Prolongement des Alpes vers le Sud et vers le Sud-Ouest

(I, p. 283).

Il y a longtemps déjà que certains géologues italiens, embrassant du regard un vaste horizon, comme Brocchi et surtout Savi, puis Cocchi, ont supposé en Toscane des effondrements et ont admis du même coup la liaison originelle des Iles Tyrrhéniennes avec le continent. Ces savants s'appuyaient principalement, alors, sur la distribution du Pliocène. En 1872 fut formulée l'hypothèse que toute la Mer Tyrrhénienne était un effondrement, et qu'elle recouvrait le prolongement

[1. Voir F. Trauth, *Ein Beitrag zur Kenntnis des Ostkarpathischen Grundgebirges* (Mitteil. Geol. Gesellsch. Wien, III, 1910, p. 53-103, pl. V).]

[2. Sur les charriages des Carpathes Roumaines, voir ci-dessus, p. 561 et suiv., et pl. V.]

tectonique des Alpes ¹. Plus tard, les événements sismiques de la Calabre furent considérés comme la continuation de ce phénomène d'affaissement (I, p. 302, fig. 51).

Nous avons indiqué plusieurs circonstances relatives à la région que nous devons envisager tout d'abord, par exemple la réapparition des Alpes Piémontaises dans le Nord-Est de la Corse, la direction N.-S. des plis dans l'île d'Elbe, ainsi que l'hypothèse d'un grand charriage, mise en avant par Steinmann ². La direction méridienne de Gênes est déjà remplacée, près de La Spezzia, par la direction générale S.E. de l'Apennin. Cette dernière règne également dans les Alpes Apuennes,

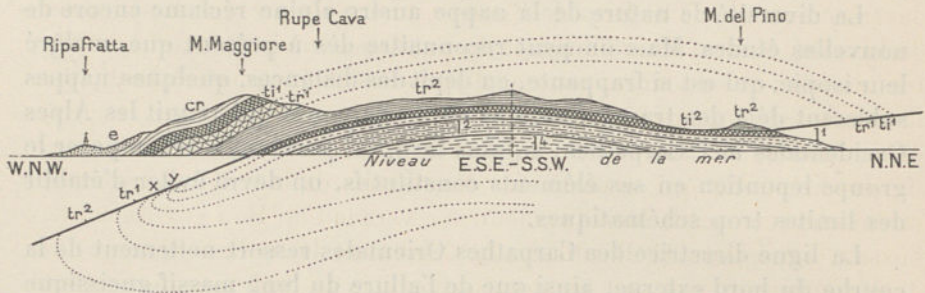


FIG. 186. — Coupe au Nord-Ouest du Monte Pisano (Toscane), d'après B. Lotti (Boll. R. Comitato Geol. d'Italia, XXXVI, 1905, p. 51).

tr². Grès, schistes et calcaires schistoux (Trias supérieur); tr¹. Calcaires rhétiens; l¹. Calcaires blancs (Lias inférieur); l². Calcaires à silex (Lias moyen); l³. Schistes et calcaires à *Posidonomya Bronni* (Lias supérieur); ti². Calcaires gris à silex, et ti¹. Schistes et jaspes (Tithonique); cr. Calcaires à silex néocomiens; e. Grès, calcaires et schistes éocènes. — Échelle de 1 : 60 000 environ.

qui sont énergiquement plissées ³. Lotti a établi que leur continuation au S.E., le Monte Pisano, large de 4 kilomètres, est formé par un anticlinal de Lias très faiblement cintré, sur toute la largeur duquel repose, avec une courbure semblable, une nappe de Trias supérieur, de Rhétien, de Lias et de Jurassique; de telle sorte que, dans le massif tout entier, le Trias se superpose au Lias (fig. 186) ⁴. Lotti a de même montré que les roches vertes du Monte Argentario appartiennent au

1. Ed. Suess, *Ueber den Bau der italienischen Halbinsel* (Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturwiss. Cl., LXV, Abth. 1, 1872, p. 217-221).

2. Contre cette hypothèse, voir : T. Taramelli, *A proposito di una nuova ipotesi sulla struttura dell' Appennino* (Rendic. R. Ist. Lombardo di Sc. e Lett., ser. 2^e, XLI, 1908, p. 126-139); et A. Martelli, *Di alcuni recenti idee sulla struttura dell' Appennino e specialmente di un preteso carreggiamento dalmato-garganico* (Riv. Geogr. Ital., XV, 1908, p. 193-207).]

3. Voir la belle *Carta geologica delle Alpi Apuane* à 1 : 50 000 de D. Zaccagna, B. Lotti et P. Fossen, publiée par le R. Ufficio geologico en 1897 (4 feuilles et 3 feuilles de coupes); voir aussi A. Fucini, *La Pania di Corfino* (Bull. Soc. Geol. Ital., XXVII, 1908, p. 91-123, pl. I-III : carte, coupes et phot.).]

4. B. Lotti, Boll. R. Comitato Geol. d'Italia, XXXVI, 1905, p. 50. [Voir aussi C. De Stefani, *Di alcuni carreggiamenti locali recentemente supposti in Italia* (Rendic. R. Accad. dei Lincei, Ser. 5^a, XVII, 1908, 1^o sem., p. 486-495); B. Lotti, *A proposito d'una Nota di C. De Stefani...* (Boll. R. Comitato Geol. d'Italia, XXXIX, 1908, p. 42-44).]

Trias, comme l'avait annoncé autrefois C. De Stefani, et que les terrains des Alpes Apuennes, de la Montagnola de Sienne, du Monte Argentario et de l'Île de Giglio sont, en effet, absolument identiques¹.

Une bande de terrains de caractère alpin occupe ainsi toute la largeur de la mer, depuis la Corse jusqu'à Orbetello. Elle reste cependant séparée de la chaîne principale de l'Apennin par les terrains anciens qui apparaissent dans la zone dite *Catena Metallifera*, près de Gavorrano, de Campiglia, etc.

A l'Est, dans l'Apennin, on ne trouve pas partout la direction normale N.W.-S.E. Entre Spoleto et Rieti domine la direction N.-S., avec déversements vers l'E. Près de Spoleto, une série presque horizontale de Lias inférieur ayant 250 mètres de puissance environ, sur 7 kilomètres de long et 5 de large, repose, d'après les indications de Lotti, sur la Scaglia sénonienne². Cette direction méridienne en Ombrie et quelques traits de la structure de la Tunisie ont conduit Haug à tracer des lignes directrices qui, à partir des Montagnes de la Sabine, traverseraient obliquement la Mer Tyrrhénienne vers le Cap Bon et Bizerte, en laissant en dehors la Basilicate, la Calabre et la Sicile³. Quoique la direction méridienne soit reconnaissable vers le Sud presque jusqu'à Tivoli, elle doit cependant être regardée comme une exception, car on trouve des chaînes normales, orientées S.E., aussi bien à l'Ouest qu'à l'Est; et plus au Sud, les Monti Lepini se dirigent vers le S.E., et croisent en biais ces prétendues lignes directrices⁴.

1. B. Lotti, *Sulla età delle rocce ofiolitiche del Capo Argentario e dei terreni che le racchiudono* (Boll. R. Comitato Geol. d'Italia, XXXVI, 1905, p. 177-181). [Voir aussi la récente monographie de B. Lotti, *Geologia della Toscana* (Mem. descritt. della Carta geol. d'Italia, XIII). In-8°, xvi-484 p., 4 pl. dont 2 cartes à 1 : 500 000, Roma, 1910; et la note plus courte du même auteur : *Cenni sulla geologia della Toscana* (Boll. R. Comitato Geol. d'Italia, XXXIX, 1908, p. 165-190).]

2. B. Lotti, *Di un caso di ricuoprimento presso Spoleto, Umbria* (Boll. R. Comitato Geol. d'Italia, XXXVI, 1905, p. 42-54, pl. IV : coupes); *Sui risultati del rilevamento geologico nei dintorni di Piediluco, Ferentillo e Spoleto* (Ibid., XXXVII, 1906, p. 34 et suiv., pl. I : coupes); *Osservazioni geologiche nei dintorni di Rieti* (Ibid., p. 280-316), [et *La faglia inversa Lugnano-Monte Tolentino, tra l'altipiano di Rieti e quello di Leonessa* (Ibid., XXXIX, 1908, p. 115-121).]

3. Ém. Haug, *Sur quelques points théoriques relatifs à la géologie de la Tunisie* (Ass. Fr. Av. Sc., 26^e sess., Saint-Étienne, 1897, 2^e partie, p. 366-376, 2 cartes dans le t.).

4. Sur la structure des Abruzzes et des régions voisines, voir les travaux suivants de F. Sacco : *L'Appennino settentrionale e centrale. Carta geologica*, 1 : 500 000, Torino, 1904; *Li Abruzzi, schema geologico* (Boll. Soc. Geol. Ital., XXVI, 1907, p. 377-460, pl. XIV : carte géol., 1 carte tectonique); *Il Molise, schema geologico* (Ibid., XXVII, 1908, p. 491-539, pl. XVIII : carte géol., et carte tectonique p. 539); *Il Gruppo del Gran Sasso d'Italia. Studio geologico* (Mem. R. Accad. Sc. di Torino, ser. 2^a, LIX, 1909, p. 61-88, 1 carte géol. à 1 : 100 000); *Il Gruppo della Majella. Studio geologico* (Ibid., LX, 1910, p. 1-39, carte géol. à 1 : 100 000, coupe). Consulter aussi M. Cassetti, *Sezione geologica del Monte Velino* (Boll. R. Comitato Geol. d'Italia, XXXVIII, 1907, p. 93-101); *A proposito della memoria del Prof. Sacco : « Il gruppo del Gran Sasso d'Italia »* (Ibid., XXXIX, 1908, p. 123-128); *Sulla struttura geologica del bacino dell' Aterno da Aquila a Sulmona* (Ibid., XL, 1909, p. 158-198, pl. VIII, IX : carte et coupes); *Struttura geologica della regione montuosa orientale del Gran Sasso d'Italia* (Ibid., XLI, 1910, p. 265-283); et B. Lotti,

Il est possible que les roches anciennes de la Chaîne Métallifère aient exercé une certaine influence sur la déviation qui se produit dans les Montagnes de la Sabine. Elles ne se comportent cependant en aucune manière comme un avant-pays résistant, car les chaînons de l'Ombrie, situés à l'Est, sont également plissés vers l'E., et Lotti pense même qu'on peut reconnaître dans la Chaîne Métallifère une direction originelle plus voisine du méridien, qui aurait été influencée postérieurement par la direction générale N.W.-S.E.¹.

Portons nos regards beaucoup plus loin vers le Sud.

A l'Ouest du Golfe de Tarente, la vallée inférieure du Crati s'élargit pour constituer la large plaine de Sybaris. Elle sépare ainsi le massif triasique, aux parois abruptes, de Lagonegro et la zone crétacée et éocène qui le précède à l'Est des montagnes cristallines de la Calabre. Un cours d'eau, le Sinni, traverse cette zone crétacée et éocène. Il reçoit non loin de Latronico une petite rivière, la Frida; et, sur ce point, Viola a rencontré, au milieu de terrains plissés, un important affleurement de schistes cristallins et de schistes amphiboliques. Cette localité est située à 50 kilomètres environ des roches cristallines de la Sila².

Entre ce point et la Mer Tyrrhénienne s'élève la région montagneuse triasique de Lagonegro. Le Trias inférieur manque. D'après De Lorenzo, cette région est étroitement plissée et en partie déversée vers l'E.; peut-être ses plis sont ils venus se heurter contre les roches cristallines de la Frida. Leur direction est N.-S. Le Lias repose en discordance sur la dolomie principale. Le Crétacé et l'Éocène s'étendent avec une nouvelle discordance sur tout l'ensemble précédent. De Lorenzo fait ressortir que les couches supérieures possèdent la direction normale S.-E. de l'Apennin, différente de la direction N.-S. du Trias, de telle manière que, dans cet exemple, on serait en présence de deux directions conjuguées.

Baldacci et Viola ont fait connaître, dans un travail très instructif, de quelle façon s'intercalent dans l'édifice apennin ces calcaires et ces dolomies triasiques, qui, d'après l'évaluation de ces géologues, ont environ 3 000 mètres d'épaisseur. Le Trias se dirige vers le N. par

Rilevamento geologico nell' alta Valnerina durante la campagna 1908 (Ibid., XL, 1909, p. 39-61); *Il bacino sorgentifero del fiume Nera* (Ibid., XLI, 1910, p. 5-28). Sur la succession des couches dans cette partie de l'Apennin, voir en outre C. F. Parona, *Nuovi dati paleontologici sui terreni mesozoici dell' Abruzzo* (Ibid., XXXIX, 1908, p. 263-272); C. F. Parona, C. Crema e P. L. Prever, *La fauna coralligena del Cretaceo dei Monti d'Ocre nell' Abruzzo aquilano* (Mem. per servire alla Descr. della Carta geol. d'Italia, V, parte 1^a). In-4^o, p. 1-242, 1 carte géol., pl. I-XXVIII, Roma, 1909.]

1. B. Lotti, *Considerazioni sintetiche sulla orografia e sulla geologia della Catena Metallifera in Toscana* (Boll. R. Comitato Geol. d'Italia, XXIII, 1892, p. 53-71).

2. C. Viola, *Comunicazione preliminare sopra un terreno cristallino in Basilicata* (Boll. R. Comitato Geol. d'Italia, XXIII, 1892, p. 244-246).

Paterno, Padula et Marsiconuovo, puis par Potenza, où il n'est que légèrement dévié vers le N.N.W., et il atteint les montagnes de San Fele, non loin du bord externe de l'Apennin, au Sud du Vulture. Après avoir passé au N.W., la direction tourne alors franchement à l'W.; et le Trias atteint, au Nord de Salerne, la partie interne de la presqu'île de Sorrente, de même que, vers Amalfi, le bord interne du golfe de ce nom. Ainsi prend naissance une ligne directrice arquée, qui se dirige à peu près de Castrovillari, près du Crati, vers San Fele. et de là vers Salerne. Baldacci et Viola l'appellent le *demi-cercle tyrrhénien*¹.

De Lorenzo a donné une description de la partie la plus septentrionale. Un peu avant de l'atteindre, dans le territoire où règne encore

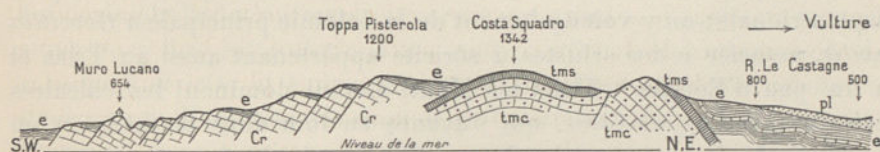


FIG. 187. — Coupe de Muro Lucano à la plaine da Vulture (Basilicate), d'après G. De Lorenzo (*Studio geologico del Monte Vulture*. In-4°, Napoli, 1908, p. 46, fig. 6).

tmc. Calcaires à nodules siliceux (Trias moyen); tms. Schistes siliceux (d°); e. Éocène et Miocène; pl. Pliocène supérieur et Pléistocène marin. — Échelle de 1 : 120 000 environ.

la direction N.W., s'introduisent déjà, au Sud des affleurements triasiques, de grandes fractures longitudinales qui déterminent l'effondrement, par gradins successifs, du côté interne de l'arc, tandis que le dos des couches s'incline vers le Mont Vulture, c'est-à-dire vers le N.E. (fig. 187). A l'intérieur du Flysch éocène plissé s'élève le volcan; le

1. Parmi ces nombreux travaux, il suffira de citer les suivants; pour le Nord : F. Bassani, *Sui fossili e sull' età degli schisti bituminosi di M. Pettine* (Mem. Soc. Italiana delle Sc., Napoli, XL, 1892, 27 p.), et *Fossili nella dolomia triasica dei dintorni di Mercato S. Severino* (Atti R. Accad. Sc. Napoli, ser. 2^a, V, n° 9, 1893, 15 p.); Fr. Bassani et G. De Lorenzo, *Per la geologia della penisola di Sorrento* (Atti R. Accad. Lincei, Rendic., ser. 5^a, II, 1893, 1^o sem., p. 202-203); A. Galdieri, *Osservazioni geologiche sui Monti Picentini nel Salernitano* (Ibid., ser. 5^a, XVI, 1907, 2^o sem., p. 529-534); [et *Sul Trias dei dintorni di Giffoni. Contributo alla conoscenza del terreno triassico nel Salernitano* (Atti Accad. Pontoniana, XXXVIII, 1908, 123 p., 3 pl.). Voir aussi la carte géologique à 1 : 500 000 jointe au mémoire de F. Sacco, *L'Appennino meridionale* (Boll. Soc. Geol. Ital., XXIX, 1910, p. 287-338, pl. VIII)]. — Pour le Sud : G. De Lorenzo, *Sul Trias dei dintorni di Lagonegro* (Atti R. Accad. Sc. fis. e matem. Napoli, ser. 2^a, V, n° 8, 1892, 48 p.; le même, *Le montagne mesozoiche di Lagonegro* (Ibid., ser. 2^a, VI, n° 15, 1894, 125 p., carte, 1 pl.); *Osservazioni geologiche nell' Appennino della Basilicata meridionale* (Ibid., ser. 2^a, VII, n° 8, 1895, 31 p.); et surtout *Guida geologica dei dintorni di Lagonegro in Basilicata* (Boll. Soc. Geol. Ital., XVII, 1898, p. 170-195, carte géol.), *Studi di geologia nell' Appennino meridionale* (Atti R. Accad. Sc. fis. e matem. Napoli, ser. 2^a, VIII, n° 7, 1896, 128 p.), et *Geologia e geografia fisica dell' Italia meridionale*. In-8°, 241 p., Bari, 1904; A. Bitner, *Brachiopoden aus der Trias von Lagonegro in Unteritalien* (Jahrb. k. k. Geol.

Flysch participe aux failles étagées. Des cassures du même genre semblent accompagner vers le Sud toute la moitié occidentale du demi-cercle; elles ont été reconnues notamment au Nord de Salerne et à l'intérieur de la presqu'île de Sorrente. Toutefois, Rovereto en conteste la réalité pour Capri, et aussi en partie pour la presqu'île, et croit à une structure toute différente; pour Capri, ce géologue admet un recouvrement par charriage ¹.

Il n'est pas certain que l'on atteigne ici l'extrémité de la bande triasique. La trace de l'Apennin la plus voisine qui se montre au delà des volcans de Naples est le Monte Massico, isolé dans la plaine du Volturno. Il est formé de calcaire crétacé et, par-dessous, de dolomie principale avec *Gervillia exilis* ². Le soubassement des îles Ponza, qui sont volcaniques, est visible sur la côte Nord de Zannone, l'île la plus septentrionale; on y voit également de la dolomie principale à *Gervillia exilis*, associée à des schistes à séricite appartenant aussi au Trias et à un peu d'Éocène ³. Dans les Monti Lepini dominent les calcaires crétacés; le Cap de Circé, qui s'avance au loin dans la mer, est un rocher isolé de Lias, avec lambeaux d'Éocène ⁴.

Calabre (I, p. 283). — Au Sud de la basse vallée du Crati se trouve une région qui diffère beaucoup de l'Apennin par son aspect extérieur. De larges vallées, remplies de sédiments marins récents, séparent les hauteurs, de telle sorte que celles-ci acquièrent une assez grande individualité. Le haut Crati isole le large massif de la Sila, à l'Est, du

Reichsanst., XLIV, 1894, p. 583-588), et E. Böse und G. De Lorenzo, *Geologische Beobachtungen in der südlichen Basilicata und dem nordwestlichen Calabrien* (Ibid., XLVI, 1896, p. 235-268). Pour toute la région : L. Baldacci e C. Viola, *Sull'estensione del Trias in Basilicata e sulla tettonica generale dell'Appennino meridionale* (Boll. R. Comitato Geol. d'Italia, XXV, 1894, p. 372-390); E. Cortese, *Descrizione geologica della Calabria* (Mem. descritt. della Carta geol. d'Italia, IX, 1895, xxviii-312 p., 2 pl. de coupes, 2 pl. panoramas, 1 carte géol.); et G. Di-Stefano, *Osservazioni geologiche nella Calabria Settentrionale e nel circondario di Rossano* (Ibid., Appendice al vol. IX, 1904, 120 p., 1 pl. coupes), ainsi que la carte géologique à 1 : 100 000.

1. G. De Lorenzo, *Studio geologico del Monte Vulture* (Atti R. Accad. Sc. fis. e matem. Napoli, ser. 2^a, X, n° 1, 1900, 207 p., 9 pl., dont 1 carte géol., en particulier p. 37 et suiv.); voir en outre E. Böse, *Contributo alla geologia della penisola di Sorrento* (Ibid., ser. 2^a, VIII, n° 8, 1896, 18 p.), et E. Böse und G. De Lorenzo, *Zur Geologie der Monti Picentini bei Neapel* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch., XLVIII, 1896, p. 202-215); G. Rovereto, *L'Isola di Capri* (Atti Soc. Ligustica Sc. nat. e geogr., XVIII, 1907, p. 22-25) [et : *L'île de Capri est un lambeau de recouvrement* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., VII, 1907, p. 162-163)]; les conclusions de cette note sont contestées par G. De Lorenzo, *L'isola di Capri* (Atti R. Accad. Lincei, Rendic., XVI, 1907, 1^o sem., p. 853-857).

2. M. Casseti, *Osservazioni geologiche sul Monte Massico presso Sessa Aurunca in provincia di Caserta* (Boll. R. Comitato Geol. d'Italia, XXV, 1894, p. 160-166).

3. A. Galdieri, *Osservazioni sui terreni sedimentarii di Zannone, Isole Pontine* (Rendic. Accad. Sc. fis. e mat., Napoli., ser. 3^a, XI, 1905, p. 38-45, 1 pl. : carte et coupes).

4. C. Viola, *Il Monte Circeo in provincia di Roma* (Boll. R. Comitato Geol. d'Italia, XXVII, 1896, p. 161-171, pl. III : carte).

massif long et étroit formé par la *Catena littorale* (Monte Cocuzzo), à l'Ouest. Au delà des sources du Crati, près de Martirano et de Nicastro, se réunissent ces deux parties montagneuses, situées respectivement à l'Est et à l'Ouest du fleuve. Puis l'étranglement entre le Golfe de Squillace et le Golfe de Santa Eufemia sépare la Calabre Septentrionale de la Calabre Méridionale. Au Sud s'étend le chaînon, allongé vers le S.S.W., de la Serra, qui se termine avec l'Aspromonte. La vallée de la Mesima isole à l'Ouest le petit Massif Vaticanique (Monte Poro); enfin le Détroit de Messine sépare l'Aspromonte de son prolongement naturel, le massif des Monts Péloritains, en Sicile.

Cortese distingue les éléments suivants dans les formations cristallines. Du gneiss à hornblende ancien et des micaschistes ne constituent que l'Aspromonte et la partie voisine des Monts Péloritains. Ils sont suivis de phyllades puissants et variés, montrant quelquefois à la partie supérieure des intercalations de gneiss œillé ou des passages à des schistes à séricite et à des talcschistes. Sur les phyllades repose un gneiss grenatifère, très développé, qui est le plus souvent une véritable kinzigite, tout à fait semblable à celle d'Ivrée et accompagnée de schistes à grenats. Enfin du granite affleure en grandes masses. Il pénètre par de nombreux filons à travers les roches plus profondes et s'étale à la surface. Sur deux points apparaît de la tonalite, acquérant une extension assez notable; on voit également de la diorite et des filons de porphyre. Le granite recouvre presque toute la Serra et un fragment important du Massif Vaticanique¹. On a parlé aussi, à ce propos, de la Sila; mais, d'après les observations de Fucini, l'ordre de succession des roches, dans ce massif, n'est pas le même: là, le granite est la roche la plus ancienne; des phyllades et un peu de gneiss lui sont superposés; puis viennent des schistes ressemblant au terrain houiller du Monte Pisano et des Alpes².

Au Nord, à l'endroit où le gneiss grenatifère de la Chaîne Littorale s'enfonce sous le terrain triasique, on trouve, sous ce Trias et au-dessus des phyllades, des schistes verts résultant du métamorphisme de la diabase. Des serpentines apparaissent sur divers points; et parfois, la ressemblance avec les *pietre verdi* des Alpes est si complète que Lovisato regarde ces roches comme une continuation des roches vertes des Alpes³.

1. E. Cortese, *Descrizione geologica della Calabria*, p. 63 et suiv.

2. A. Fucini, *Studi geologici sul circondario di Rossano* (Atti Accad. Gioenia, Catania, IX, n° 17, 1896, 87 p., carte; en particulier p. 5 et suiv.). Sur les schistes de la partie Nord-Ouest de la Sila, attribués à la kinzigite, voir L. Busatti, *Alcune rocce delle pendici nord-occidentali della Sila* (Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Pisa, VIII, Proc.-verb., 1893, p. 202-208).

3. D. Lovisato, *Cenni geognostici e geologici sulla Calabria settentrionale* (Boll. R. Comitato Geol. d'Italia, IX, 1878, p. 155-174, 347-363, 468-487 et suites, principalement X, 1879, p. 24-39 et 108-137); le témoignage de V. Novarese est tout à fait analogue (*La zona d'Ivrea*, Boll. Soc. Geol. Ital., XXV, 1906, p. 179).

Si la constitution de ce substratum diffère profondément de ce que l'on observe dans d'autres parties de l'Apennin, la répartition des sédiments n'est pas moins singulière.

Des phyllades, de la kinzigite et des schistes verts forment la plus grande partie de la Chaîne Littorale; celle-ci atteint, comme nous l'avons dit, la région triasique du Nord; le fait se produit près de Santa Agata sur l'Esaro. Un lambeau de calcaire noir, complètement séparé de la région triasique, se rencontre encore sur la côte, près de Cetraro. Un fragment beaucoup plus important, ayant près de 8 kilomètres de longueur, très étroit, stratifié horizontalement, à ce qu'il semble, et ayant au moins 200 mètres de puissance, couronne toute la crête du Cocuzzo (1 542 m.) et domine au loin la région. D'autres lambeaux plus petits s'étendent jusqu'à Malito (à l'W.S.W. de Rogliano), à 56 kilomètres de Santa Agata; ce calcaire est daté par des Diplopores et des Mégalo-dontes¹.

Le grand escarpement triasique méridional s'éloigne de Santa Agata vers le N.E. jusqu'à Castrovillari, puis il disparaît sous le Crétacé. En avant de cette falaise, la plaine s'élargit et, à 10 kilomètres au S.E. de Castrovillari, deux dômes isolés de Trias émergent encore de cette dépression; à 10 kilomètres, sur le bord Sud de la plaine, apparaissent les phyllades anciens des avant-monts de la Sila. Le Crati traverse là, dans son coude entre Terranova et Spezzano Albanese, un nouveau lambeau de calcaire. En 1871, mes pas m'amènèrent en ce lieu, en compagnie de mon ami G. vom Rath, aujourd'hui défunt. Nous y trouvâmes des Crinoïdes, et nous ne doutâmes pas d'être en présence d'un prolongement des puissantes murailles calcaires qui s'élèvent, avec une splendeur vraiment alpine, sur le versant Nord de la vallée du Crati. Lovisato et Fucini ont émis la même opinion. Le premier ajoute que le calcaire de Terranova repose sur des micaschistes ou des schistes verts, mais qu'il n'offre pas de limite tranchée vis-à-vis de ces roches. Les alternances entre ces divers types sont d'ailleurs multiples; il y a des couches minces de cipolin, etc. Fucini s'exprime d'une manière analogue².

Ainsi se terminent, dans la vallée du Crati, d'après les connaissances actuelles, les traces du Trias.

Nous avons déjà dit que le granite de la Sila devait être regardé

1. G. vom Rath, *Geognostisch-geographische Bemerkungen über Calabrien. Reisebeobachtungen* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch., XXV, 1873, p. 150-209, en particulier p. 159); E. Cortese, *Descrizione geologica della Calabria*, p. 219.

2. G. vom Rath, mém. cité, p. 167; Lovisato, mém. cité, X, 1879, p. 33 et suiv.; Fucini, mém. cité, p. 18-21. Sur la carte géologique à 1 : 100 000, ce calcaire a été attribué à l'Archéen.

comme plus ancien que les schistes qui l'accompagnent. A ces roches est superposé, au Sud de Rossano, sur le versant de la Mer Ionienne, un groupe de lambeaux mésozoïques très fossilifères. Ils ont été étudiés par Fucini, Greco et Di Stefano ¹.

Le fragment le plus important est un lambeau de Lias, long de 17 à 18 kilomètres, reposant en partie sur du granite, en partie sur des schistes, et allongé vers le S.E. Sur son bord occidental est situé Longobucco. D'après la carte à 1 : 100 000, il repose à l'Est sur du granite, à 300 m. d'altitude, dans le fond de la vallée du Trionto, et il atteint vers son bord occidental 1 480 m. au Monte Palepito; près de ce sommet, le granite s'élève à 1 431 m. Le lambeau de Lias augmente donc peu à peu d'altitude, et il montre en même temps des indices de plissement. Dans l'ensemble, il paraît constituer un synclinal s'ouvrant vers l'Est. Le terme le plus ancien de la série est représenté par une accumulation de blocs et de galets, avec lits de sable et traces de plantes ². Vers le haut, il se relie aux bancs calcaires du Lias inférieur; le Lias moyen est peu développé; par contre, le Lias supérieur se montre très étendu, et en partie transgressif sur le granite.

Au Nord, jusqu'à proximité de la ville de Rossano, apparaît une rangée d'autres lambeaux plus petits et parfois même minuscules. En un point, le reste d'un banc à *Rhynchonella Clesiana* repose sur des schistes anciens. Sur des schistes également sont situés deux ou trois petits lambeaux de calcaire rougeâtre avec la faune de l'horizon du Cap San Vigilio, qui renferment des débris remaniés du substratum. Deux petits témoins de calcaire tithonique à *Aptychus* reposent partie sur ce calcaire rougeâtre, partie sur du granite.

Des couches à Nummulites de l'Éocène moyen succèdent aux différents niveaux qui viennent d'être mentionnés. Le long de la mer, elles forment une zone assez longue qui s'étend au S.E., mais qui est d'ailleurs discontinue. Ces couches commencent, elles aussi, par un conglomérat de base ³.

On peut donc dégager de ce qui précède les résultats suivants : le Trias manque. Tous les autres niveaux sont autochtones, comme le montrent les conglomérats de base répétés. La Sila est restée depuis le

1. Fucini, mém. cité; B. Greco, *Lias inferiore nel circondario di Rossano*. In-8°, 128 p., Pisa, 1893; le même, *Sulla presenza dell'Oolite inferiore nelle vicinanze di Rossano Calabro* (Proc.-verb. Soc. Tosc. Sc. Nat., IX, 1895, p. 231-234), et *Il Lias superiore nel circondario di Rossano Calabro* (Boll. Soc. Geol. Ital., XV, 1896, p. 92-121, pl. 1); les résultats ont été rassemblés par Di Stefano, *Osservazioni geologiche nella Calabria Settentrionale*, p. 93-119.

2. M. Canavari, *Conglomerati, arenarie e quarziti liasiche di Puntadura in provincia di Cosenza* (Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., VIII, 1891-93, Proc.-verb., 1891, p. 13, 14).

3. Di Stefano, *Osservazioni geologiche nella Calabria settentrionale*, p. 114.

Lias inférieur un banc rocheux ou une île; mais elle a cependant été affectée par des plissements.

Quant aux lambeaux triasiques de la Chaîne Littorale et de Terranova, rien ne prouve qu'ils soient autochtones.

La bordure éocène située sur la côte ionienne disparaît; elle redevient visible à partir de Ciro et se cache une fois de plus sous la large plaine de Cotrone, qui s'étend jusqu'au Golfe de Squillace et jusqu'à l'étranglement de la péninsule. Là, près de Catanzaro, dans ce qu'on appelle la Petite Sila, et jusqu'à la côte occidentale, rien n'est plus frappant que la variété des calcaires cristallins qui se montrent en relation intime avec des diorites, des granites ou des kinzigites. On peut voir sur la route de Catanzaro à Tiriolo de très beaux exemples de pénétration des roches éruptives dans des calcaires ou des calcschistes bien lités et fortement plissés. Des cordons de grenats jalonnent la surface des couches.

Tous ces calcaires sont, il est vrai, considérés comme archéens; mais des doutes n'ont cessé de s'élever sur cette attribution. Lovisato déclare ne vouloir ni affirmer ni nier que les bancs supérieurs appartiennent au Trias. Cortese confesse qu'il les tient pour assez récents, d'âge permien par exemple, et qu'il ne les a rangés parmi les roches archéennes qu'à cause de leur grain cristallin et de leur liaison intime avec les schistes grenatifères¹.

Déjà en partant de la côte occidentale, près d'Amantea, se superposent aux formations qui renferment les calcaires cristallins un grand nombre de rochers isolés de calcaire blanc, dont le rocher bien connu de Tiriolo, au sommet du Coj de Catanzaro, constitue un exemple. On y trouve des Ellipsactinies, des Polypiers, et aussi, plus au Sud, des Nérinées. On les a considérés comme supra-jurassiques, et plus récemment comme crétacés, et ils fournissent une limite supérieure pour l'âge des calcaires cristallins.

Ces calcaires récents arrivent à constituer quelques bandes plus longues; et, visiblement continus jadis, ils entourent aussi l'Aspromonte à l'Est. Associés à un peu de Cénomaniens à faciès africain et au Flysch éocène supérieur et oligocène, ils forment, à partir de Stilo, une bordure dont les couches sont sur plusieurs points fortement inclinées vers la Mer Ionienne et çà et là plissées. Les calcaires blancs du Jurassique ou du Crétacé s'étendent jusque près du Cap Spartivento, tandis que le Flysch entoure tout le Sud de la péninsule jusqu'au delà de Capo d'Armi².

1. Lovisato, mém. cité, p. 226-228; Cortese, mém. cité, p. 223; Fucini, mém. cité, p. 20. Pour les minéraux des calcaires intercalés dans la kinzigite, voir V. Novarese, *Calcarei cristallini e calcefiri dell' Araico calabrese* (Boll. R. Comitato Geol. d'Italia, XXIV, 1893, p. 17-43).

2. Ed. Suess, *Die Erdbeben des südlichen Italien* (Denkschr. k. Akad. Wiss. Wien,

Sicile. — Dans l'examen de la partie Nord-Est de l'île, nous suivrons Di Stefano et Cortese¹. Aux terrains anciens, provenant de la Calabre, sont superposés tout d'abord en discordance les « couches d'Ali », série de quartzites, de schistes violets et de jaspes, alternant avec du calcaire brun; on y signale en outre des calcaires vacuolaires avec du gypse; un calcaire gris, en bancs minces, forme le Cap d'Ali. Les relations de cette série avec celle qui vient ensuite ne peuvent être déterminées.

La deuxième série, occupant une situation plus méridionale, débute par un conglomérat lie de vin, également discordant sur les roches anciennes, et très analogue d'aspect au Rothliegende permien. Il est relié vers le haut, par l'intermédiaire de marnes sableuses, à des bancs de calcaire avec un peu de dolomie, renfermant en abondance des Gastropodes du Lias inférieur de Palerme. Plus haut se place de la dolomie en masses rocheuses; et l'épaisseur de cette succession de couches peut atteindre 200 mètres; ensuite vient une riche faune marine, appartenant encore au Lias inférieur.

Le Lias moyen, peu développé, se présente sous la forme d'un calcaire gris à Crinoïdes, avec des espèces de Hierlatz.

Le Lias supérieur atteint jusqu'à plus de 300 mètres; à la partie inférieure se trouvent des couches à *Leptaena*, à la partie supérieure des calcaires bien lités et des marnes à Fucoïdes avec *Hildoceras bifrons*. Le Dogger est représenté par le niveau du Cap San Vigilio, c'est-à-dire par des bancs à *Rhynchonella Clesiana* et *Rhynchonella Vigili*; par endroits, on rencontre une assise à *Harpoceras opalinum* et une autre à *Posidonomya alpina*. Ensuite viennent les couches alpines de Klaus à *Rhynchonella Berchta*, différents niveaux du Malm jusqu'au Tithonique et enfin le Crétacé et le Tertiaire.

Cette série se rapproche d'une manière frappante, comme on l'a reconnu de tous côtés, de celle de Rossano, sur le versant Nord-Est de

Mathem.-naturwiss. Cl., XXXIV, 1877, p. 1-32, pl. I-III); L. Burgerstein und F. Noë, *Geologisch-Beobachtungen im südlichen Calabrien* (Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturwiss. Cl., Abth. I, LXXXI, 1880, p. 154-173, 2 pl. : carte et coupes); Bassani e De Lorenzo, *Il Monte Consolino di Stilo* (Atti R. Accad. Sc. Napoli, ser. 2^a, VI, n° 8, 6 p., 1894). Voir en outre les récents travaux, déjà cités, de Cortese et Di Stefano.

1. G. Di Stefano e E. Cortese, *Guida geologica dei dintorni di Taormina* (Boll. Soc. Geol. Ital., X, 1891, p. 197-246, pl. VIII : coupes). Cette coupe diffère très notablement de celle que j'ai indiquée moi-même, d'accord avec les vues antérieures des géologues siciliens (voir notamment Ed. Suess, *Die Erdbeben des südlichen Italien*, p. 6, et le tome I du présent ouvr., p. 284, et qui, de plus, a encore servi de base à la monographie de L. Baldacci (*Descrizione geologica dell' Isola di Sicilia*, Mem. descritt. della Carta geol. d'Italia, I, 1886. In-8°, xxxii-403 p., 11 pl., 1 carte géol.), de même qu'à la Carte géologique détaillée à 1 : 100 000. Le changement résulte, pour la plus grande part, des observations dues à Di Stefano. La dolomie est attribuée maintenant au Lias inférieur. D'ailleurs, toutes les difficultés tectoniques sont loin d'être complètement élucidées (*Guida geologica*, p. 239-243).

la Sila. La différence la plus importante est fournie par l'intercalation de dolomie dans le Lias inférieur; mais, d'un côté comme de l'autre, tout le Trias manque, si toutefois les couches d'Ali n'en sont pas une trace. On constate également, comme en Calabre, des transgressions du Lias supérieur; de même, le Tithonique déborde les couches très diverses qui le supportent. Le Crétacé et le Tertiaire sont transgressifs sur les terrains anciens. Il est à remarquer que sur le versant septentrional, près de Castoreale, au-dessus de Barcellona, Seguenza a découvert, entre l'Éocène et le gneiss, un lambeau de Cénomaniens africain à *Ostrea scyphax*.

Sous le Lias apparaît, vers le milieu de l'île, du Trias représenté par de nombreux niveaux; et en un point, sur le fleuve Sosio, dans la partie méridionale de la province de Palerme, on voit également du Permien marin. Il ressort des études très complètes de G. G. Gemmellaro qu'en Sicile il n'y a pas de séparation tranchée entre le faciès dinarique et le faciès alpin. Le Permien marin (couches du Trogkofel, III, p. 462) est un terme très caractéristique des Dinarides; il arrive tout près de la limite des Alpes, mais n'a cependant encore jamais été rencontré à l'intérieur de cette chaîne. Or, en Sicile, il se montre à côté des couches alpines typiques de Hallstatt, par exemple à côté de la faune de la zone à *Trachyceras aonoides*¹.

Si l'on met à part le bord péloritain, les couches du Sosio constituent les roches les plus anciennes de la Sicile; mais l'île tout entière a un soubassement de couches mésozoïques. Le Trias se rencontre jusqu'au Sud-Ouest de l'Etna, et l'on trouve encore l'*Harpoceras opalinum* dans l'extrême Ouest, près de Trapani. A partir des Madonies, le Trias se dirige vers l'W. le long de la côte septentrionale; une deuxième bande traverse le milieu de la province de Palerme et s'étend par de nombreux affleurements isolés jusqu'au Monte San Calogero di Sciacca, sur la côte méridionale. Quant à la structure, il y a divergence d'opinions. Lugeon et Argand admettent un charriage lointain, venant du Nord et s'étendant sur l'Ouest de la Sicile jusqu'à la côte méridionale, et ils se demandent si les massifs cristallins de la Calabre ne seraient pas eux-mêmes charriés (fig. 188). Di Stefano combat l'hypothèse de mouvements aussi importants. La solution définitive dépendra d'observations nouvelles².

1. G. G. Gemmellaro, *La fauna dei calcari con Fusulina della valle del fiume Sosio nella provincia di Palermo*. In-4°, 338 p., 37 pl., Palermo, 1887-1899; le même, *I Cefalopodi del Trias superiore della regione occidentale della Sicilia* (Giorn. publ. per cura della Soc. di Sc. Nat. ed Econom., Palermo, XXIV, 1904, p. ix-xxviii et 1-319, pl. I-XXX; en particulier note de la p. xxv). [Voir aussi S. Scalia, *I fossili del Trias superiore dell' Acquanuova e di Paraspora (Monte Scalpello)*. (Boll. Accad. Gioenia di Sc. Nat., Catania, fasc. 95, 1908, p. 10-12); *La fauna del Trias superiore del gruppo montuoso di Judica, Prov. di Catania* (Ibid., p. 17-25).]

2. M. Lugeon et Ém. Argand, *Sur de grands phénomènes de charriage en Sicile* (C. R. Acad.

Des traces visibles attestent l'effondrement d'un massif granitique. On a remarqué depuis longtemps que des blocs de granite, de syénite, de porphyre et d'autres roches sont dispersés en grande quantité sur l'Apennin; et Capellini a supposé que leur pays d'origine se trouverait dans la Tyrrhénide effondrée. En Ombrie, ils sont de petites dimensions dans le Flysch; leur niveau principal est le Miocène moyen. Sur quelques points, ils sont accompagnés de Trias et de roches vertes, ainsi que de roches montant jusqu'à l'Éocène. Au Monte Deruta, non loin de Foligno, De Angelis d'Ossat a admis qu'ils proviennent de la

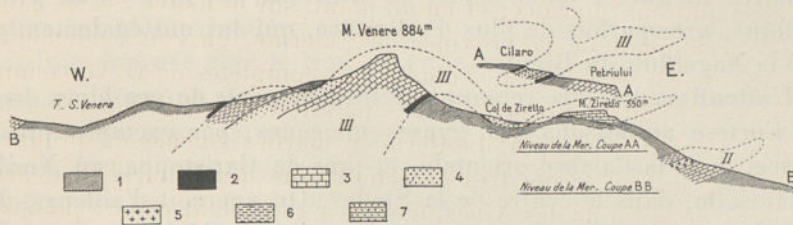


FIG. 188. — Plis couchés des Environs de Taormina (Sicile), d'après M. Limanowski (Bull. Laboratoire Géol. Univ. Lausanne, n° 13, 1909, pl. I, fig. 2).

1. Phyllades; 2. Verrucano; 3. Lias inférieur calcaire; 4. Toarcien schisteux; 5. Dogger; 6. Malm; 7. Tertiaire indéterminé. — Échelle de 1 : 50 000 (hauteurs et longueurs).

AA. Coupe de Cilaro à Petriului; BB. Coupe du Monte Venere au Monte Ziretto. — II. Pli de la Marica; III. Pli de Taormina.

Chaîne Métallifère et, par suite, d'une distance de 60 à 100 kilomètres, et il s'est posé, dès 1900, la question de savoir si, comme les galets exotiques de la Mollasse suisse, ces blocs ne seraient pas des restes de nappes¹.

Sc., CXLII, 1906. 1^{er} sem., p. 966-968); *Sur la grande nappe de recouvrement en Sicile* (Ibid., p. 1001-1003); *La racine de la nappe sicilienne et l'arc de charriage de la Calabre* (Ibid., p. 1107-1109); G. Di Stefano, *I pretesi grandi fenomeni di carreggiamento in Sicilia* (Rendic. R. Accad. Lincei, ser. 5^e, XVI, 1907, 1^o sem., p. 258-271 et 375-381). [Voir aussi P. Arbenz, *Zur Tektonik Siziliens* (Vierteljahrsschr. Naturforsch. Gesellsch. Zürich, LIII, 1908, p. 281-294), et surtout M. Limanowski, *Sur la tectonique des Monts Peloritains dans les environs de Taormina (Sicile)*. (Bull. Soc. Vaudoise Sc. Nat., Lausanne, 5^e sér., XLV, 1909, p. 1-64, pl. I-II: coupes et carte géol.; reprod. Bull. Laboratoire Géol. Université de Lausanne, n° 13). Ce mémoire fait connaître l'existence, au Nord-Est de la Sicile, d'une série de nappes déversées vers le S. W. et dont les racines, plus internes que celles des environs de Palerme décrites par Lugeon et Argand, sont à chercher du côté de la Calabre (fig. 188).]

1. G. De Angelis d'Ossat, *I ciottoli esotici del Miocene del Monte Deruta, Umbria* (Atti R. Accad. Lincei, Rendic., ser. 5^e, IX, 1900, 1^o sem., p. 384-391; D^o, 2^o sem., p. 40-44). A. Roccati signale des faits du même genre dans l'Apennin de Bologne, *Massi e ciottoli granitici nel terreno miocenico di Lojano* (Boll. Soc. Geol. Ital., XXIII, 1904, p. 409-418). [Voir aussi C. Viola e D. Sangiorgi, *Sopra i supposti giacimenti granitici dell' Appennino Parmense* (Atti R. Accad. dei Lincei, Rendic., ser. 5^e, XVI, 1907, 2^o sem., p. 332-337); A. Martelli, *Ciottoli di rocce cristalline nell' Eocene di Mosciano presso Firenze. Studio geologico-petrografico*. Firenze, 1909. In-8°, 32 p., pl. (Pubblicazioni del R. Istituto di Studi superiore).]

Deecke, qui les a reconnus au Sud, dans les environs du Vulture, n'a pas douté qu'ils provinssent de l'Ouest. Baldacci et Viola ont rencontré ces éléments exotiques en telle quantité, au Nord du Golfe de Policastro, et aussi sur le versant opposé des hautes montagnes triasiques de Lagonegro, qu'ils ont supposé l'existence de deux branches de roches cristallines partant de la Calabre, en s'appuyant à l'Est sur les affleurements de la Frida¹.

G. vom Rath a décrit à Fuscaldo, au Nord de Paolo, un conglomérat d'une épaisseur d'environ 100 mètres, reposant sous des couches tertiaires inclinées, dans lequel se trouvent des blocs d'un granite exotique, gros parfois de plus d'un mètre, qui lui ont également rappelé la Nagelfluh du Righi².

L'attention doit être retenue par les gisements de ces blocs décrits par Cortese au-dessous des gypses miocènes, par exemple près de Gerace, dans la Calabre orientale, et près de Garistoppa, au Nord de Caltanissetta, dans le centre de la Sicile³. On aperçoit d'ailleurs, dans la Calabre orientale, plusieurs entassements semblables qui ne sont sans doute que d'anciens *fiumare* locaux.

Les exemples cités suffisent pour confirmer l'hypothèse qu'une grande chaîne, en partie granitique, existait jadis à l'Ouest de la péninsule⁴.

Et dès lors, il semble qu'on soit en droit de reconnaître deux éléments distincts. Le premier serait une chaîne alpine, sorte de prolongement des Alpes proprement dites, qui viendrait du Nord-Est de la Corse, de l'île d'Elbe et du Monte Argentario, et dont l'Apennin constituerait un fragment oriental. De celle-ci feraient partie : les granites exotiques, le Trias de Lagonegro et de la Sicile et, comme premiers témoins ou comme lambeaux de recouvrement avancés, le Trias de la Chaîne Littorale.

Le deuxième élément serait formé par la Calabre réunie au Nord-Est de la Sicile. Celui-ci ne constitue pas, à proprement parler, un avant-

1. W. Deecke, *Zur Geologie von Unteritalien*, 2. Die sog. « erratischen Granite » in Apulien und in der Basilicata und ihre geologische Bedeutung (Neues Jahrb. f. Min., 1891, II, p. 49-61); Baldacci e Viola, mém. cité.

2. G. vom Rath, *Geognostisch-geographische Bemerkungen über Calabrien*, p. 162.

3. L. Baldacci, *Descrizione geologica della Sicilia*, p. 266.

4. De Stefani, De Lorenzo et Di Stefano contestent tout affaissement dans la Mer Tyrrhénienne, et même en partie la structure dissymétrique de l'Apennin (voir notamment Di Stefano, *Osservazioni geologiche nella Calabria settentrionale e nel circondario di Rossano* (Mem. descritt. della Carta geol. d'Italia, Appendice al vol. IX, 1904, p. 83-92). Par contre, Nicotra cherche à préciser les phases successives de l'affaissement; L. Nicotra, *Come siasi fatta l'Italia. Saggio di Paleogeografia del bel paese* (Rendic. e Mem. R. Accad. Zelanti, Aci Reale, ser. 3^a, IV, Cl. di Sc., p. 51-72, 1905). Je laisse entièrement de côté les faits d'ordre zoogéographique, qui ont donné lieu à de nombreuses publications.

pays, mais semble jouer dans l'Apennin, avec de beaucoup plus grandes proportions, un rôle analogue à celui de la Chaîne Métallifère, et aussi à celui que nous signalerons pour le Massif de Mouthoumet en avant des Pyrénées. Cet élément a certainement été affecté en partie par le plissement des Apennins.

Dans la Sicile elle-même se séparent deux régions, l'une, au Nord-Est, tout à fait analogue à Rossano, et où la série fossilifère commence avec le Lias inférieur autochtone, et l'autre comprenant tout le reste de l'île, où la série aurait été à peu près continue depuis le Permien marin.

L'Atlas Méditerranéen ¹. — Dans cette région montagneuse se reproduit, tournée vers le Sud, la structure de l'Apennin (I, p. 287). Une première zone, de nature volcanique, occupe en partie des îles; une deuxième zone, caractérisée par des massifs de gneiss et de schistes anciens, forme quelques presqu'îles et suit la côte ²; au Sud de celle-ci, on rencontre les longs plis d'une chaîne sédimentaire, qui s'étend jusqu'au Sahara.

Il en est ainsi à voir les choses en gros. Mais, dans le détail, les faits sont plus compliqués, et on doit tenir compte de certains traits importants. En particulier, dans l'Est, les masses gneissiques disparaissent déjà à l'Ouest de Bône, et les plis internes arrivent à la mer en décrivant des arcs de grand rayon, allongés vers l'E.N.E. et le N.E. Enfin, en Tunisie ³ se produit une conversion complète, en vertu de laquelle

[1. Sur la géologie de l'Algérie, en général, consulter la *Carte géologique de l'Algérie*, 3^e édition, rectifiée et complétée [par MM. Pouyanne, Ficheur et Jacob], 4 feuilles à 1 : 800 000, Paris, 1900; Ficheur, *Présentation de la Carte géologique de l'Algérie*, 3^e édition (Congrès Géol. Internat., C. R. VIII^e session en France, 1900, fasc. II, p. 729-742); Aug. Bernard et Em. Ficheur, *Les régions naturelles de l'Algérie* (Annales de Géogr., XI, 1902, p. 221-246, 339-365, 419-438, pl. XII-XV : coupes, carte hypsométr. et carte des régions nat.); E.-F. Gautier, *Les hauts plateaux algériens* (La Géographie, XXI, 1910, 1^{er} sem., p. 89-98, 3 cartes paléogéogr. dans le t.)]

[2. E. Ficheur, *Le massif ancien du littoral de la Berbérie. Son influence sur la tectonique des chaînes littorales de l'Algérie* (Ass. Fr. Av. Sc., C. R. 30^e sess., Ajaccio, 1901, 2^e partie : Notes et Mém., p. 345-351); P. Termier, *Sur le granite alcalin du Filfila, Algérie* (C. R. Acad. Sc., CXXXIV, 1902, 1^{er} sem., p. 371-373); *Sur les roches granitiques et les terrains cristallophylliens du massif des Beni-Toufout, entre El-Milia et Collo, Algérie* (Ibid., CXXXVI, 1903, 1^{er} sem., p. 328-330); E. Ficheur, *Les terrains anciens et l'Éocène métamorphique dans les massifs numidiens* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., III, 1903, p. 407-431); Termier, *Observations* (Ibid., p. 130 et 430); L. Fernandez Navarro, *La peninsula del Cabo Tres Forcas (Yebel Guork). Noticia fisico-geologica* (Bol. Soc. Esp. de Hist. Nat., IX, 1909, p. 421-436, pl. VIII-IX : carte géol.)]

[3. Ph. Thomas, *Essai d'une description géologique de la Tunisie, d'après les travaux des membres de la Mission de l'Exploration scientifique de 1884 à 1891, et ceux parus depuis*. 1^{re} partie : Aperçu sur la Géographie Physique; 2^e partie : Stratigraphie des terrains paléozoïques et mésozoïques. Paris, Impr. Nationale, 1907-1909. In-8°, xxxvi-728 p., 2 cartes h. t., 110 fig. (renferme un index bibliographique, énumérant 394 articles); R. Bartenstein, *Grundzüge der Bodenplastik von Tunesien* (Jahresber. Frankfurt. Ver. f. Geogr. u. Statist., LXXI-LXXII, 1906-1908, p. 5-89, 1 pl. : carte hypsométr. à 1 : 1 000 000.)]

les coulisses venant de Feriana passent peu à peu de la direction E.N.E. à la direction N.E. : orientées N.N.E., elles atteignent par le Zaghouan le Golfe de Tunis, sous la forme de rangées de brachyantoclinaux accompagnés de fractures longitudinales. Cette disposition ressort,

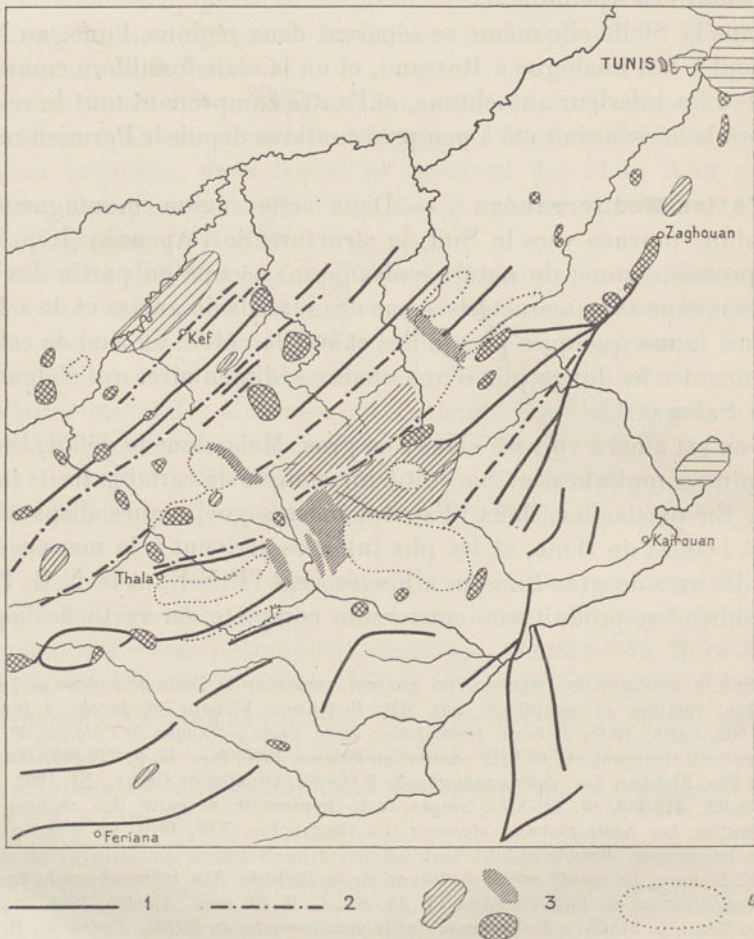


FIG. 189. — Croquis tectonique de la Tunisie Centrale, d'après L. Pervinquièrè (*Étude géologique de la Tunisie Centrale*. In-4°, Paris, 1903, p. 336, fig. 42).

1. Axes anticlinaux; 2. Axes synclinaux; 3. Dômes et plissements transversaux; 4. Cuvettes synclinales.
— Échelle de 1 : 2 000 000.

notamment, du croquis des lignes directrices de la Tunisie donné par Pervinquièrè (fig. 189)¹.

1. L. Pervinquièrè, *Étude géologique de la Tunisie Centrale* (Régence de Tunis, Direction générale des Travaux Publics. Carte géologique de la Tunisie). In-4°, vii-364 p., 3 pl. coupes, 36 phot., 1 carte, Paris, 1903; voir en particulier fig. 42, p. 336 [et *La Tunisie Centrale. Esquisse de Géographie physique* (Annales de Géogr., IX, 1900, p. 434-435, 4 pl. phot. et carte tecto-

Comme particulièrement instructive quant aux questions qui sont traitées ici, nous choisisons la région du Tell d'Oran, dont Gentil a donné une description très claire¹. Le Tell d'Oran commence dans la

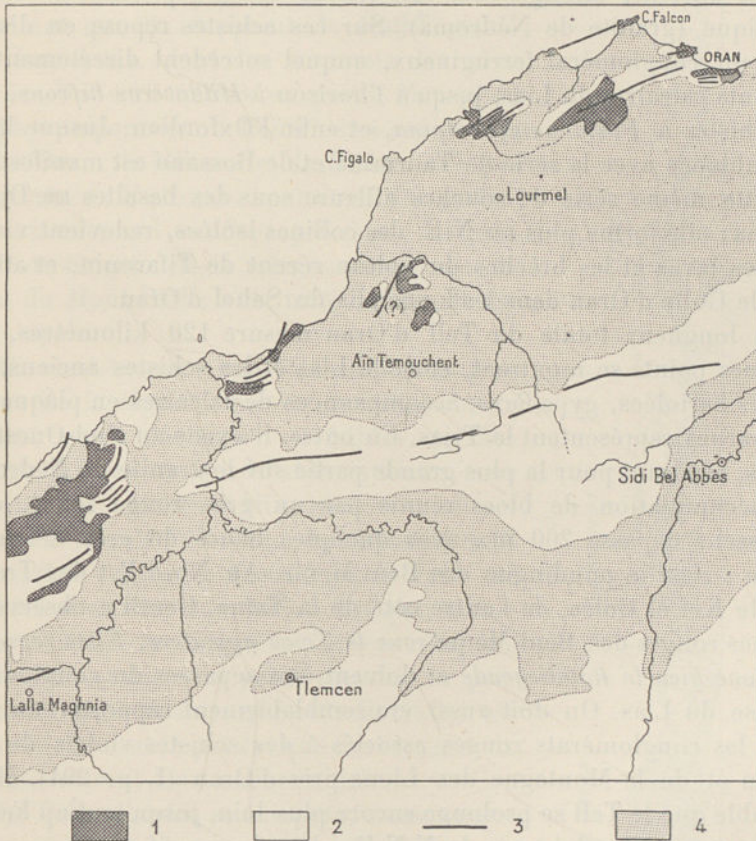


FIG. 190. — Schéma tectonique du bassin de la Tafna (Algérie), d'après L. Gentil (*Esquisse stratigraphique et pétrographique du Bassin de la Tafna*. In-8°, Alger, 1902, p. 512, fig. 121).

1. Affleurements antétriasiques; 2. Terrains secondaires et éocènes; 3. Axes anticlinaux; 4. Dépressions synclinales miocènes. — Échelle de 1 : 1 200 000 environ.

région des Traras, à l'Ouest de la Tafna, se dirige vers le N.E. avec des interruptions répétées, reste séparé de l'intérieur du pays par la

nique, pl. XI]. Baltzer, également, avait déjà vu que les chaînes se dirigent vers le Golfe de Tunis; A. Baltzer, *Beiträge zur Kenntniss des tunisischen Atlas* (Neues Jahrb. f. Min., 1893, II, p. 26-41, pl. III : coupes).

1. L. Gentil, *Esquisse stratigraphique et pétrographique du Bassin de la Tafna (Algérie)*. In-8°, 536 p., 5 pl. : coupes et cartes, Alger, 1902. [Voir aussi le *Rapport sur les recherches de M. L. Gentil faites en 1902 dans la région Nédroma-Nemours* (Bull. Soc. Géogr. et Archéol. Oran, XXVIII, 1908, p. 263-272); et une note de MM. Ficheur et Doumergue, *Sur l'existence du Crétacé dans les schistes d'Oran* (C. R. Acad. Sc., CXLII, 1906, 1^{re} sem., p. 1576-1579).]

Sebkha et plonge enfin dans la mer entre la ville d'Oran et le Cap Falcon (fig. 190).

Les montagnes des Traras sont constituées par un massif de schistes anciens, allongé vers le N.E. et traversé par une intrusion granitique (granite de Nédroma). Sur ces schistes repose en discordance un conglomérat ferrugineux, auquel succèdent directement les puissants calcaires du Lias, jusqu'à l'horizon à *Hildoceras bifrons*, puis des schistes à *Posidonomya alpina*, et enfin l'Oxfordien. Jusque-là, la ressemblance avec la série de Taormina et de Rossano est manifeste.

Cette même série de couches affleure sous des basaltes au Djebel Skouna; elle forme plus au N.E. des collines isolées, redevient visible sous les laves et les brèches du volcan récent de Tifarouin, et atteint enfin le Golfe d'Oran dans les longs plis du Sahel d'Oran.

La longueur totale du Tell d'Oran mesure 120 kilomètres. Sur quelques points se montrent, entre le Lias et les schistes anciens, des marnes bariolées, gypsifères, accompagnées de calcaires en plaquettes. Ces marnes représentent le Trias. En outre, il existe au Sud-Ouest des Traras, reposant pour la plus grande partie sur le granite de Nédroma, une accumulation de blocs réunis par un grès rouge foncé, dont l'épaisseur dépasse 200 m., avec quelques bancs de grès de même nature : c'est le poudingue des Beni Menir. Au Nord-Est des Traras, près de Kef el Goléa, de l'autre côté de la Tafna, Gentil a observé ces couches rouges des Beni Menir *sous le Trias gypsifère. Elles représentent donc bien le Rothliegende* et doivent être séparées du conglomérat de base du Lias. On doit aussi vraisemblablement rapporter au Permien les conglomérats rouges associés à des schistes violets du Cap Falcon et de la Montagne des Lions près d'Oran (I, p. 291). Il est probable que le Tell se prolonge encore plus loin, jusqu'au Cap Ferrat.

Beaucoup plus loin vers le N.N.E., dans le massif montagneux de Miliana, au Sud de Cherchel, Gentil n'a pas rencontré seulement les couches des Beni Menir et les schistes violets du Cap Falcon, surmontés par un peu de Trias gypsifère, mais aussi des porphyrites¹. On y trouve également les schistes anciens; et dans la Chaîne de Blida, qui est le prolongement oriental du Massif de Miliana, les calcaires du Lias reposent directement, d'après Ficheur, sur ces schistes anciens (fig. 191)².

1. L. Gentil, ouvr. cité, p. 84, 97.

2. E. Ficheur, *Les plissements du massif de Blida* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 3^e sér., XXIV, 1896, p. 982-1041, pl. XXXI-XXXIII : coupes et carte, en particulier p. 285). Il reste d'ailleurs frappant qu'on n'a jamais trouvé de fossiles dans ces schistes, alors que le Carbonifère inférieur est connu jusque dans le prolongement Sud-Ouest des montagnes de Tlemcen, qu'il faudrait peut-être regarder, d'après Gentil, comme le prolongement du Djebel Béchar vers le Nord (L. Gentil, *Recherches stratigraphiques sur le Maroc Oriental*, C. R. Acad. Sc., CXLVI, 1908, 1^{er} sem., p. 428).

ALTAÏDES POSTHUMES.

Ces circonstances, la nature des couches des Beni Menir, la présence de porphyrites, la discordance sur les schistes anciens, recouverts eux-mêmes par les gypses du Trias, montrent que là réapparaît le Rothliegende du Haut-Atlas, dont les sommets les plus élevés sont eux-mêmes en partie formés de porphyrite permienne. Les schistes anciens du Tell d'Oran, de Miliana et de Blida, ainsi que le granite de Nédroma, sont donc des parties des Altaïdes qui ont été reprises par les plissements récents, de la même manière que la zone du Mont-Blanc s'est trouvée incorporée aux Alpes.

Et ainsi se pose une fois de plus le problème de la signification des schistes violets et des traces de gypse, si faibles qu'elles soient, qui, dans le Nord-Est de la Sicile, sous le nom de « couches d'Ali », recouvrent directement le Massif Péloritain. La difficulté qu'il y a parfois à prouver l'existence du Trias est bien mise en évidence par ce fait que, même après 1890, beaucoup d'observateurs expérimentés n'ont pas ou à peine reconnu sa présence en Algérie, alors que cette formation est répartie sur tout le pays et que tous les grands chotts en tirent leur teneur saline¹.

Le Trias algérien se compose, comme nous l'avons déjà dit, de marnes bariolées à gypse, anhydrite et sel, puis de cargneules et de calcaires en plaquettes. Dans ces derniers, on a rencontré près de Constantine *Myophoria vulgaris* et *Gervillia socialis*, fossiles du Muschelkalk germanique, et Marcel Bertrand a fait

1. Voir, par exemple, l'ouvrage d'ailleurs si précieux d'A. Pomel, *Explication de la deuxième édition de la Carte géologique provisoire de l'Algérie au 1 : 800 000*. In-4°, vii-217 p., Alger, 1890; en appendice : J. Curie et G. Flamand, *Roches éruptives, étude succincte*, 101 p. On ne sait rien de précis sur les traces d'Ammonitidés et de *Walchia*, non plus que sur les traces de Conifères que Jourdan, Coquand et d'autres observateurs ont signalé jadis le long de la côte d'Oran, en particulier à la montagne des Lions (voir Pomel, ouvr. cité, p. 11-14).

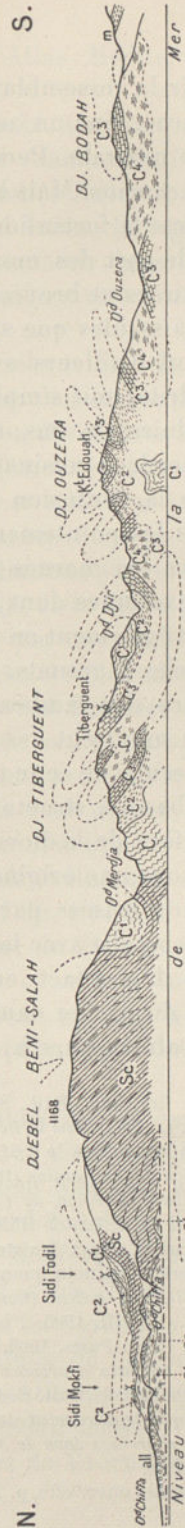


Fig. 191. — Coupe des plissements du Massif de Blida, d'après E. Ficheur (Bull. Soc. Géol. de France, 3^e sér., XXIV, 1896, pl. XXXII, fig. 8).

Sc. Schistes de la Chiffa; c¹. Néocomien; c². Gault; c³. Cénomannien; c⁴. Sémonien; m. Helvétien; all. Quaternaire. — Échelle de 1 : 100 000 (longueurs et hauteurs).

ressortir la ressemblance complète de ces calcaires avec le Trias de la Provence¹. Sur un autre point, on a signalé *Mytilus psilonoti*. Dans la Tunisie centrale, Pervinquière a trouvé *Myophoria Goldfussi* et *Ostrea Montis caprilis*. Mais les marnes gypsifères ont, comme le Trias du Jura et comme la formation salifère des Alpes Calcaires Orientales, absorbé une telle part des mouvements orogéniques qu'elles ont été très souvent étirées et broyées, et que les calcaires en plaquettes ne sont plus reconnaissables que sous forme d'éclats, pétris dans leur masse. Elles semblent d'ailleurs avoir une tendance, soit par suite du foirage de l'anhydrite, soit simplement sous l'influence des pressions latérales, à s'introduire de bas en haut suivant les lignes de dislocation et à entraîner leur voisinage dans ce mouvement. Telle est sans doute l'origine de la confusion qui, pendant longtemps, a fait regarder comme éruptifs les pointements de sel et de nombreux pointements de gypse².

Dans les marnes gypsifères ainsi bouleversées, on rencontre des blocs exotiques dont la dimension peut atteindre plusieurs mètres. On connaît également en place, dans le substratum, des gneiss à sillimanite, des gneiss à grenats, des granulites et des syénites micacées, qui sont peut-être des lambeaux de poussée entraînés vers la surface. Mais à côté se montrent des roches intrusives diverses. Gentil, qui s'est beaucoup occupé de cette question, cite des ophites (ce sont, pour la plupart, des diabases à structure ophitique), de la diorite, ainsi que de la diorite quartzifère, de la diorite à dipyre et du gabbro, et pense que toutes ces roches ont une origine commune. Toutes sont intrusives, presque sans exception brisées par les mouvements tectoniques, et souvent pétries en une brèche avec la formation gypsifère. Comme elles ont exercé des actions de contact, en donnant par exemple de l'albite, de la tourmaline et du dipyre dans le calcaire, elles sont plus récentes que le Trias et probablement, d'après Gentil, d'âge soit jurassique, soit crétacé³.

1. M. Bertrand, Bull. Soc. Géol. de Fr., 3^e sér., XXIV, 1896, p. 1184; J. Blayac et L. Gentil, *Le Trias dans la Région de Souk-Ahras* (Ibid., 3^e sér., XXV, 1897, p. 523-548, pl. XXI : coupes, 1 carte dans le t.). [Voir aussi E. Ficheur, *Le massif du Chettaba et les îlots triasiques de la région de Constantine* (Ibid., 3^e sér., XXVII, 1899, p. 85-114, carte dans le t.); J. Blayac, *Le Trias dans la région de Clairefontaine au Sud de Souk-Ahras. Observations sur le Trias de l'Algérie et de la Tunisie* (Ibid., 4^e sér., VII, 1907, p. 272-283, carte dans le t.).]

2. Termier admet l'existence en Tunisie de grands charriages superposés au Trias; on peut différer d'opinion quant à leur amplitude; P. Termier, *Sur les phénomènes de recouvrement du Djebel Ouenza (Constantine) et sur l'existence de nappes charriées en Tunisie* (C. R. Acad. Sc., CXLIII, 1906, 2^e sem., p. 137-139); id. in L. De Launay, *Les richesses minérales de l'Afrique*. In-8°, Paris, 1903, p. 341. [Voir aussi G. Gourguechon, *Sur l'interprétation tectonique des contacts anormaux du Djebel Ouenza (Algérie) et de quelques phénomènes similaires observés en Tunisie* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., VIII, 1908, p. 46-53); P. Termier, *Notes de tectonique tunisienne et constantinoise* (Ibid., p. 102-124); L. Joleaud, *Sur l'existence d'une nappe de charriage dans le Nord-Est de l'Algérie* (C. R. Acad. Sc., CXLVII, 1908, 2^e sem., p. 480-482).]

3. L. Gentil, ouvr. cité, p. 210 et suiv., p. 274-275; voir aussi Curie et Flamand, ouvr. cité.

On rencontre des ophites à travers tout l'Atlas Méditerranéen, depuis le Maroc jusqu'à la Tunisie.

Il est à peine besoin d'insister sur la ressemblance frappante de cette formation avec les blocs contenus dans les couches salifères des Alpes Calcaires Orientales, ou de rappeler l'existence simultanée de la diorite, de la diorite quartzifère et du gabbro à Ivrée. Les gneiss à sillimanite, à grenat et à cordiérite, qui appartiennent dans l'Oranie aux terrains du substratum, semblent y jouer le même rôle que la kinzigite en Calabre et près d'Ivrée. —

Lorsque, partant de l'Angleterre, on marche vers le Sud-Est, en se dirigeant vers les Alpes, on vient d'une région où l'ensemble du Trias est représenté par une série de sables et d'argiles salifères dans laquelle il est difficile de démêler des niveaux distincts. C'est seulement dans les horsts rhénans que s'intercale le Muschelkalk, et que l'on atteint le type germanique du Trias (II, p. 425). A l'époque rhétienne se produit un mouvement positif, qui persiste avec des oscillations jusque dans le Lias; loin au Nord, dans l'Île de Skye, bien au delà de la limite d'extension du Trias, le Rhétien est encore représenté par une série marine (II, p. 446). Sur tout le pourtour de la Méditerranée Occidentale, depuis le Var jusqu'à la Tunisie, domine, à l'exception des Baléares et de la basse vallée de l'Èbre, le développement plus ou moins atrophié du Trias germanique. On en a également rencontré des traces en Sardaigne. Le plus souvent, il consiste en argiles lagunaires avec gypses, accompagnées de calcaires à Myophories. Dans tout ce domaine, le mouvement positif, qui n'a cessé de se faire sentir depuis le Rhétien, a superposé le Lias à ce Trias. L'avancement progressif du Rhétien, puis du Lias a été mentionné (III, p. 595) sur le bord Ouest du Plateau Central.

C'est seulement au delà de cette large bordure et au delà du Jura et des Alpes Helvétiques que l'on atteint, en Piémont et dans les Alpes Orientales, dans les Dinarides et en Sicile, les sédiments franchement pélagiques de la Téthys.

Avec ces résultats concordent pleinement l'existence de restes des Altaïdes dans le Tell Oranais, près de Miliana, etc., ainsi que la superposition du Lias. Mais ils correspondent également fort bien aux faits constatés dans le Nord-Est de la Sicile et au Nord-Est de la Sila. *Une trace des Altaïdes, ou tout au moins une large surélévation ancienne, s'intercale en Calabre entre l'Apennin Méridional et les Dinarides.*

La façon dont la Méditerranée Occidentale est entourée par le Trias germanique montre en même temps l'inexactitude de la conception ancienne, d'après laquelle ce Trias aurait été, en Allemagne, séparé du Trias alpin par une longue chaîne, la Chaîne Vindélicienne.

Depuis l'extrémité des Monts Péloritains près de Taormina jusqu'à

la saillie des Altaïdes Africaines près de Figuig, il n'y a pas d'encadrement tranché; et le Plateau du Sahara forme, pour l'Atlas Méditerranéen, un avant-pays comparable à la Plate-forme Russe entre les restes effondrés de la Chaîne Cimmérienne et la première apparition des traces Sudétiques sur le Sann, par exemple.

Cette circonstance influe sur l'allure des plis dans l'Atlas Méditerranéen.

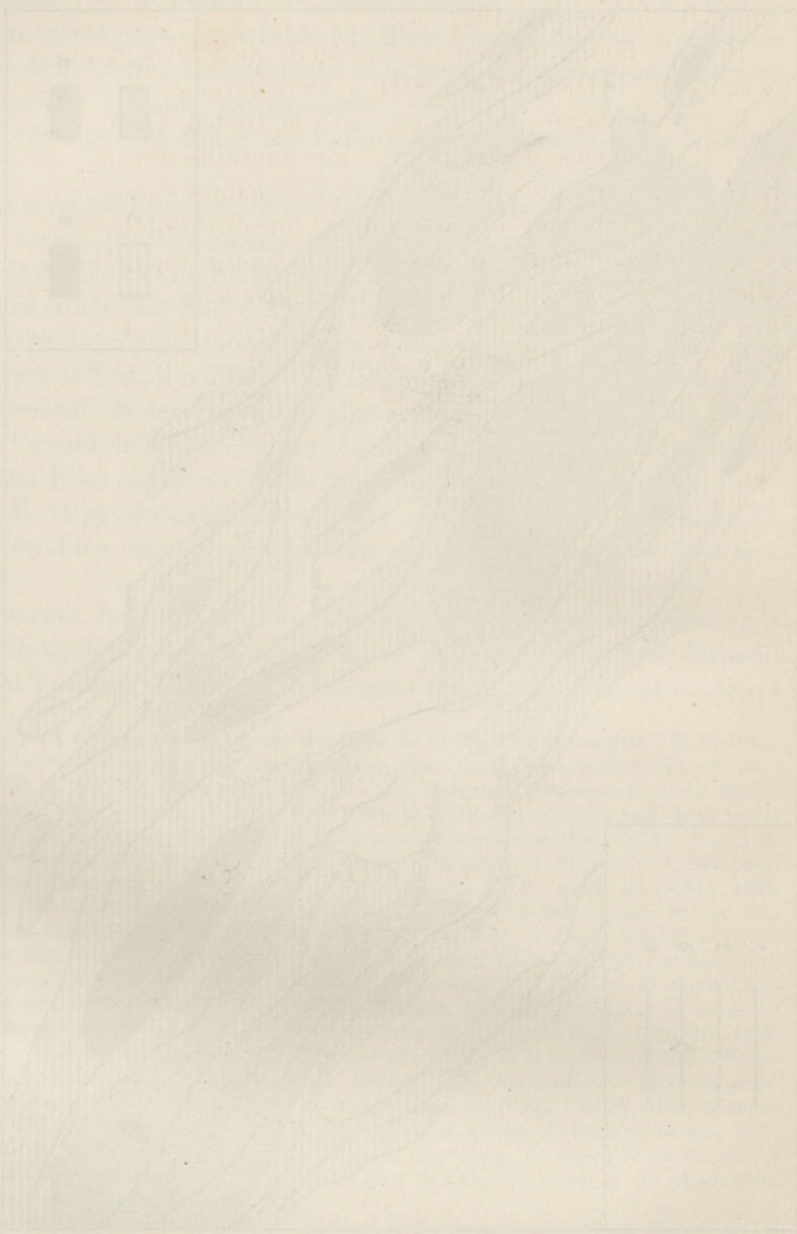
Ces plis ne sont pas parallèles. Le Tell Oranais se dirige à peu près E.N.E., et ses prolongements probables au Cap Ferrat et dans les chaînes de Miliana et de Blida conservent la même direction jusqu'aux montagnes situées au Sud d'Alger. Ils longent au Sud les gneiss de la côte¹. Dans la région montagneuse beaucoup plus large qui vient ensuite vers le Sud, il n'affleure pas, d'après les observations recueillies jusqu'à présent, de terrains d'âge plus ancien que le Trias. Le Crétacé domine. Ce sont de larges chaînes plissées, séparées par les dépressions des Chotts. Elles commencent au Sud avec un tracé voisin de la direction W.-E. et passent, en décrivant une courbe de grand rayon, à l'E. 0° N.², ou bien sortent directement du désert avec cette direction E. 30° N.

Les parties les plus méridionales de la région montagneuse sont parfois désignées sous le nom d'Atlas Saharien; elles ne forment cependant pas une chaîne continue, mais plutôt une série de coulisses

[1. Principaux travaux récents sur la structure de l'Atlas Tellien oriental : E. Ficheur, *Le Crétacé inférieur dans le Massif des Matmatas, Alger* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 3^e sér., XXVIII, 1900, p. 559-589, carte géol. dans le t.); J. Savornin, *Structure du Djebel Maddid et du Talemtaga* (Ibid., 4^e sér., IV, 1904, p. 137-155, pl. VII : coupes, carte géol. dans le t.); J. Savornin, *La chaîne des Biban pour le géographe et le géologue* (Ass. Fr. Av. Sc., C. R. 34^e sess., Cherbourg, 1905, 2^e partie : Notes et Mém., p. 388-394); E. Ficheur et J. Savornin, *Sur les terrains tertiaires de l'Ouennougha et de la Medjana* (C. R. Acad. Sc., CXXI, 1905, 2^e sem., p. 148-150); J. Savornin, *La dépression de l'Ouennougha-Medjana* (Ass. Fr. Av. Sc., C. R. 35^e sess., Lyon, 1906, 2^e partie : Notes et Mém., p. 284-290); A. Joly, *Étude sur le Titteri* (Bull. Soc. Géogr. Alger, XI, 1906, p. 15-47; carte hypsométr. au t. XII, 1907); J. Savornin, *Sur le géosynclinal miocène du Tell méridional (Départements d'Alger et de Constantine)* (C. R. Acad. Sc., CXLIV, 1907, 1^{er} sem., p. 1300-1302); D. Joleaud, *Sur l'âge et la nature des plissements les plus récents des reliefs intérieurs de l'Atlas tellien oriental* (Ibid., CXLVIII, 1909-1^{er} sem., p. 803-804); A. Joly et L. Joleaud, *Sur la structure de la partie centrale des Hautes Plaines constantinoises* (Ibid., p. 1128-1129); J. Dareste de la Chavanne, *Sur l'histoire géologique et la tectonique de l'Atlas tellien de la Numidie orientale* (Ibid., CXLIX, 1909, 2^e sem., p. 371-373, 429-431); E. F. Gautier, *Entre Berrouaghia et Aumale* (Annales de Géogr., XIX, 1910, p. 245-259, carte dans le t.); J. Dareste de la Chavanne, *La région de Guelma. Étude spéciale des terrains tertiaires* (Bull. Service Carte géol. de l'Algérie, 2^e sér., n° 5), Alger, 1910. In-8°, 267 p., 5 pl. : coupes et cartes géol.]

[2. J. Savornin, *Esquisse orogénique des chaînons de l'Atlas au nord-ouest du Chott el Hodna* (C. R. Acad. Sc., CXL, 1905, 1^{er} sem., p. 155-157); *Sur la tectonique au sud-ouest du Chott el Hodna* (Ibid., CXXI, 1905, 2^e sem., p. 784-786); *Essai sur l'Hydrologie du Hodna. Régime artésien, sources vaucusiennes, sources thermo-minérales*. In-8°, 124 p., nombr. pl. et cartes, Alger, 1908 (Bull. Service Carte Géol. de l'Algérie, 3^e sér., n° 1); A. Joly, *Le plateau steppien d'Algérie. Relief et structure* (Annales de Géogr., XVIII, 1909, p. 162-173, 238-252, pl. VIII-VIII bis : cartes).]

1. *[Faint, illegible text]*



disposées en quinconce, assez semblables au bord oriental des Montagnes Rocheuses (fig. 192).

Près de Figuig, la limite méridionale de l'Atlas Méditerranéen est marquée par le Djebel Melias (III, p. 683), déversé vers le Sud. A partir de là, les Montagnes des Ksour, puis le Djebel Amour¹ dominant, il est vrai, l'immense désert comme une muraille abrupte et rectiligne (I, p. 294); mais, près de Laghouat, les chaînes s'éloignent du désert, en gagnant l'intérieur du pays, suivant une direction E. 30° N. A partir de ce point, une limite continue, vers le Sud, n'apparaît que par intervalles. L'une après l'autre, les coulisses parallèles, orientées E. 30° N., entrent du désert dans la région montagnaise. La plus connue est le Djebel Bou Khaïl. Plusieurs se réunissent dans l'intérieur de la chaîne pour constituer le puissant Massif de l'Aurès. Le désert empiète davantage vers le Nord; et assez loin au Nord, entre les extrémités des coulisses, se trouve Biskra. A partir de là, on constate de plus en plus nettement que les coulisses successives prennent d'abord leur élan dans la direction W.-E., avant de s'incurver vers l'E. 30° N. A partir du Djebel Cherchar², le désert recule de nouveau peu à peu vers le Sud, et la direction E.-W. prend une importance croissante dans le Sud de la Tunisie. Un anticlinal crétacé continu s'étend, notamment, de Négrine à Gafsa; des chaînons crétacés orientés E.-W. accompagnent les Chotts el Djerid et el Fedjedj, et on les retrouve encore à Gabès (I, p. 457)³.

Dans nombre de ces coulisses, de Figuig au Chott el Fedjedj, les marnes gypsifères apparaissent sous le Crétacé ou le Jurassique, et l'on voit également avec elles des ophites⁴.

[1. Voir la monographie d'Et. Ritter, *Le Djebel-Amour et les Monts des Oulad-Nayl*. In-8°, 102 p., 4 pl. coupes, 10 fig. Alger, 1902 (Bull. Service Carte Géol. Algérie, 2° sér., n° 3).]

[2. J. Blayac, *Le pays des Nemenchas à l'Est des Monts Aurès, Algérie* (Annales de Géogr., VIII, 1899, p. 141-159, pl. 5 : carte, 2 cartes dans le t.); J. Joleaud, *Note sur la géologie de la région de Négrine, Algérie* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4° sér., VII, 1907, p. 263-271, carte géol. dans le t.); Roux et H. Douvillé, *La géologie des environs de Redeyef, Tunisie* (Ibid., 4° sér., X, 1910, p. 646-660).]

3. L'on s'est appuyé ici, en se rattachant à un précédent exposé, sur la description plus récente que Rolland a donnée de la bordure externe : G. Rolland, *Chemin de fer Transsaharien. Géologie du Sahara Algérien*. In-4°, Paris, 1899, p. 14-29, pl. IV. Voir aussi la carte à 1 : 800 000 du Service géologique. Un certain nombre de répétitions étaient inévitables pour que la continuité pût être reconnue. — Les différents chaînons qui portent le nom d'ensemble de Djebel Tebaga affectent à partir de Gabès la direction W.-E. et forment une presque île au milieu du Chott el Djerid; M. Idoux, *Notes sur le Nefzaoua, Tunisie méridionale* (Annales de Géogr., XI, 1902, p. 439-447). [Le modelé de ces chaînons, ainsi d'ailleurs que celui d'une grande partie des reliefs du Sud algérien, a été magnifiquement figuré dans les *Matériaux d'Étude topologique pour l'Algérie et la Tunisie*, qui font partie de la collection des *Cahiers du Service Géographique de l'Armée* (séries III à VII, Paris, 1902-1908. In-8°). Voir aussi le grand ouvrage du Général Berthaut : *Topologie. Étude du terrain*. 2 vol. in-4°, Paris, Service Géogr. de l'Armée, 1909-1910, *passim*; et Emm. de Martonne, *Traité de Géographie Physique*. In-8°, Paris, 1909, p. 499, fig. 230.]

4. Voir, en particulier, Ph. Thomas, *Recherches sur quelques roches ophitiques du Sud de*

De fait, le plissement de l'Atlas Méditerranéen a été gêné par l'encadrement, qui s'étend jusqu'à Figuié. Le Djebel Amour est la dernière grande coulisse qui sorte de l'encadrement, et toutes celles qui suivent, à l'Est de Laghouat, se trouvent à l'extérieur du Djebel Amour et n'ont pas de prolongement vers l'Ouest. Les plus externes et les dernières sont les coulisses qui se dirigent vers Gabès, avec l'orientation E.-W. C'est un groupe de chaînons plus interne qui atteint Tunis avec la direction N.N.E. Il résulte de là, en outre, que toute la côte orientale de la Tunisie, jusqu'à Gabès, appartient aux contreforts de l'Atlas.

Nous nous trouvons maintenant en face d'un problème qui ne peut guère être résolu avec certitude, par suite de la vaste étendue masquée par la mer, et en raison aussi de l'état encore incomplet des recherches.

Que, d'une façon générale, les lignes directrices de l'Apennin se relie avec l'Atlas, c'est là un fait admis d'un commun accord. Haug a fait toutefois ressortir qu'en Afrique, les faciès des sédiments diffèrent de ceux de la Sicile, et que la direction N.N.E. qui règne en Tunisie est en contradiction avec les directions dominantes en Sicile. La diversité des faciès s'expliquerait par cette circonstance que la nappe charriée de la Sicile, admise par Lugeon et Argand, n'aurait pas atteint l'Afrique. Le contraste des directions serait en rapport avec un rebroussement des plis (*Schaarung*) entre la Sicile et l'Afrique, et à l'angle aigu ainsi déterminé correspondraient les îles volcaniques de Pantellaria et de Linosa¹.

Le point de départ de cette conception est parfaitement juste; toutefois, l'énigme pourrait bien être plus compliquée.

L'opposition des faciès entre la Sicile et l'Afrique est très réelle; mais le faciès africain se présente également dans toute sa netteté à Rossano; et l'opposition se reproduit sur le sol même de la Sicile. Ce contraste n'intéresse d'ailleurs que le Permien marin et le Trias. Déjà dans le Lias il y a similitude. Zittel, par exemple, a pu reconnaître

la Tunisie (Bull. Soc. Géol. de Fr., 3^e sér., XIX, 1890-91, p. 430-472). [Le Trias, constitué par des gypses, des calcaires et des grès, se prolonge vers le Sud-Est, en plein domaine Saharien, en allant vers la Tripolitaine; il est recouvert, dans cette région (Dahar, Jefara), par une série jurassique puissante (Bathonien-Kimeridgien), à laquelle succèdent les différents étages du terrain crétacé moyen et supérieur; A. Joly, *Extension du Trias dans le Sud de la Tunisie* (C. R. Acad. Sc., CXLV, 1907, 2^e sem., p. 143-146), et *Notes géographiques sur le Sud Tunisien* (Bull. Soc. de Géogr. d'Alger, XIII, 1908, p. 281-301, carte géol. à 1 : 800 000; XIV, 1909, p. 223-250); H. Jourdy, *Observations dans l'Extrême-Sud tunisien* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., VIII, 1908, p. 144-151, 1 carte); H. Douvillé, *Le Jurassique de l'Extrême-Sud tunisien* (ibid., p. 152-154); L. Pervinquier, *Le Sud Tunisien* (Revue de Géogr. annuelle, de Ch. Vélain, III, 1909, p. 395-470, 33 fig.)]

1. Ém. Haug, *Sur les relations tectoniques et stratigraphiques de la Sicile et de la Tunisie* (C. R. Acad. Sc., CXLII, 1906, 1^{er} sem., p. 1105-1107; voir aussi Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., VI, 1906, p. 355, 356).

près de Constantine l'horizon très spécial des calcaires gris liasiques du Tyrol méridional, qui se rencontre aussi très souvent dans l'Apennin; on a insisté de même sur la grande ressemblance du Tithonique du Djebel Ressay, près de Tunis, avec celui de la Sicile; aux environs de Constantine se montrent dans le Flysch les grands *Inoceramus salisburgensis* (atteignant jusqu'à 50 cm.), qui, dans les Alpes Orientales, caractérisent, avec *Inoceramus Cripsi*, etc., les sédiments septentrionaux¹.

La direction des plis en Tunisie s'accorderait, dans le Nord, avec l'existence d'un rebroussement, mais non leur peu de cohésion et moins encore leur allure dans la Tunisie méridionale; en Sicile, il est particulièrement difficile d'indiquer pour l'Ouest une direction précise². Décisive deviendrait la direction des terrains autochtones masqués par la nappe charriée; des couches de cette nature sont, par malheur, absolument inconnues.

Par contre, la diversité de configuration de l'avant-pays influe clairement sur la structure. L'altitude du substratum a entraîné l'absence complète ou le développement lagunaire du Trias. Sur le plateau du Sahara, le plissement de l'Atlas se dissocie et s'étale, en finissant par s'éteindre, et la mer masque les liaisons. Il faudrait avant tout reconnaître si, en Sicile, le Trias pélagique ne se rencontre réellement que sous forme de nappes, déterminer en outre la signification du Trias que l'on trouve au Monte Cocuzzo et près de Terranova, et enfin savoir si le Trias de Lagonegro s'interrompt au Sud ou s'incurve vers l'Ouest.

Jusqu'à plus ample informé, il est permis de distinguer :

1° Des régions où le substratum est inconnu et où la série commence avec le *Permien pélagique*, auquel fait suite le Trias pélagique (Ouest et Centre de la Sicile jusqu'au Monte Judica, au Sud de l'Etna);

2° Des régions dans lesquelles le substratum est connu ou inconnu et où la série débute soit par le Rothliegende, soit par le Trias gypsifère et le *Muschelkalk germanique*, soit encore par un conglomérat de base du *Lias inférieur* (Atlas Méditerranéen, Nord-Est de la Sicile, Nord-Est de la Sila);

3° Des régions où, sur un substratum connu, au-dessus du terrain

1. Zittel, Bull. Soc. Géol. de Fr., 3^e sér., XXIV, 1896, p. 1175, 1181 et suiv.

2. A l'extrémité occidentale de la Sicile, près de Trapani, dans le Trias et le terrain jurassique, règne la direction N.E., de même qu'aux Iles Egades, à Levanzo et Marettimo (?). Mais, au Sud de ces points, à partir des environs de Corleone, on voit apparaître la direction E.-W., qui domine également dans la plus grande des Egades, Favignana (Baldacci, *Descrizione geologica della Sicilia*, p. 187 et suiv.). Une suite de récifs (Sylvia — 13 m., Hekaté — 7 m., etc.) semblent prolonger à partir de là, vers le Sud, la direction E.-W. du côté de la Galite; mais on sait que les témoignages relatifs à cette île sont contradictoires (voir le présent ouvr., I, p. 287, note 3).

houiller d'origine continentale, la série marine commence au *Dogger* (massif corso-sarde);

4° Des régions où, sur un substratum connu, la série commence avec le *Cénomanién* (Sahara; partie du massif gneissique péloritain).

En même temps, le premier terme marin indiqué dans chacun de ces cas s'étend également (à l'exception peut-être du *Muschelkalk*) sur toutes les notions énumérées antérieurement; c'est-à-dire que, le Lias de 2 s'étend également sur 1, le *Dogger* de 3 s'étend sur 1 et 2, le *Cénomanién* de 4 s'étend sur 1, 2 et 3.

Il n'est pas absolument invraisemblable d'admettre que ces conditions reflètent l'allure des isohypses anciennes. A mesure que l'on accroîtra en surface l'étendue embrassée par des comparaisons de ce genre, on parviendra sans doute à les rendre plus indépendantes des transformations d'origine tectonique.

Cordillère Bétique. — En ce qui concerne le prolongement ultérieur des lignes directrices, des divergences d'opinion ne se sont pas fait jour. Tous les voyageurs qui ont eu l'occasion, dans ces dernières années, de visiter le Rif et les régions voisines notent la régularité de l'arc suivant lequel l'Atlas Méditerranéen s'incurve vers Gibraltar ¹. Le rocher de Gibraltar, regardé comme jurassique, est maintenant considéré comme liasique ².

Pour la *Cordillère Bétique*, on devra se reporter au 1^{er} volume de cet ouvrage (p. 295). Le sens des poussées a, une fois de plus,

[1. Cette continuité entre le Rif et les chaînes du Tell Algérien, que suggère à première vue l'examen de la carte, n'a pas été confirmée par les travaux récents, et en particulier par les observations de L. Gentil : d'après ce géologue, le Moyen-Atlas ne prend pas naissance au Maroc, comme on l'admet généralement, mais résulte d'une brusque inflexion vers le Sud-Ouest, dans la région de la Moulouya, des chaînes plissées venant de l'Est. Quant au Rif, il représenterait l'amorce d'un arc autonome, et ne ferait pas partie de l'Atlas. D'autre part, les Monts de Tlemcen et des Beni Bou Zeggou appartiennent à un vaste massif tabulaire, s'étendant sur les hauts-plateaux oranais et séparant le faisceau du Tell, qui est énergiquement plissé et en partie charrié vers le Sud, de la Chaîne Saharienne, laquelle se prolonge, vers l'Ouest, par le Haut-Atlas marocain; L. Gentil, *Sur la tectonique du littoral de la frontière algéro-marocaine* (C. R. Acad. Sc., CXLVI, 1908, 1^{er} sem., p. 712-715); *Sur la constitution géologique du Massif des Beni Snassen* (Ibid., p. 1344-1346); *Esquisse géologique du Massif des Beni Snassen* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., VIII, 1908, p. 391-417, pl. VIII-IX : carte et coupes); *Rapport sur une mission scientifique au Maroc en 1908* (Nouv. Archives des Missions Scientifiques, XVIII, 1909, p. 29-71); *Aperçu géologique sur le Massif des Kebdana, Maroc Oriental* (C. R. Acad. Sc., CLI, 1910, 2^e sem., p. 781-785); *Le cours inférieur de la Mlouya, Maroc Oriental* (Ibid., p. 1094-1097); *L'amalat d'Oujda. Étude de Géographie physique* (La Géographie, XXIII, 1911, 1^{er} sem., p. 17-38 et 331-356, coupes et phot.). Voir aussi A. Brives, *Les Beni-Snassen, Maroc* (Bull. Soc. Géogr. Alger, XIII, 1908, p. 1-16); Auf. Bernard, *Quelques rectifications à la carte du Maroc. La vallée de la Moulouya* (La Géographie, XXII, 1910, 2^e sem., p. 389-396, carte dans le t.), et *Les Confins Algéro-Marocains*. Paris, 1911. In-8°, xvi-420 p., 5 cartes en couleurs, 42 pl. fotogr.]

2. P. Choffat, *Sur l'âge du Rocher de Gibraltar* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 3^e sér., XX, 1892, p. 1x).

complètement changé; elles sont désormais dirigées vers le N.; l'avant-pays, la Sierra Morena, se trouve au Nord; les volcans sont au Sud. Des importants travaux produits par les savants français, à la suite du tremblement de terre de 1884¹, il résulte que les hauts massifs montagneux du Sud, depuis la Sierra de Ronda jusqu'à la Sierra Nevada, présentent la même constitution que le Tell Oranais. Ces chaînons correspondent, eux aussi, à de larges croupes de schistes anciens, sur lesquelles se sont conservés çà et là des lambeaux de Rothliegende. Ces reliefs sont par conséquent, eux aussi, des parties des Altaïdes.

Sur leur versant septentrional s'étend le Trias germanique, plus nettement divisé dans cette région, à ce qu'il semble, en Grès bigarré, Muschelkalk (avec *Gervillia socialis*, etc.) et argiles bariolées avec gypse du Keuper (renfermant *Myophoria vestita*). Sur le versant méridional se rencontrent des calcaires dolomitiques très épais, dans lesquels Barrois a réussi à trouver, dans la Sierra de Almirajara, des bancs remplis de petits Mégalodontes. Cette découverte a conduit à supposer que les hautes montagnes schisteuses marquent la limite entre le faciès lagunaire et le faciès pélagique².

Ces recherches ont également fait naître l'hypothèse que les zones internes de la Cordillère Bétique sont traversées par trois rejets importants, en forme de décrochement, s'orientant vers le N.W. Le premier passerait par Malaga, le second par Motril et par le maximum du tremblement de terre situé près de Zafarraya, le troisième irait du Cap de Gata vers Guadix³.

Le versant septentrional, et surtout la Cordillère dite « Subbétique », est particulièrement instructif.

Nicklès a constaté que les plis se continuent sans interruption de Jaen jusqu'au Cap de la Nao, sur plus de 350 kilomètres, et que des charriages vers le N. sont visibles au moins sur la moitié de cette longueur (fig. 193)⁴.

Suivons la description qu'a donnée Robert Douvillé, pour un par-

1. *Mission d'Andalousie. Études relatives au tremblement de terre du 25 décembre 1884 et à la constitution du sol ébranlé par les secousses.* Directeur de la Mission : M. F. Fouqué; collaborateurs : MM. Michel-Lévy, Marcel Bertrand, Barrois, Offret, Kilian, Bergeron et Bréon (Mém. présentés par divers savants à l'Acad. des Sc. de l'Inst. Nat. de France, XXX, n° 2). In-4°, 772 p., 42 pl. dont 2 cartes, Paris, 1889.

2. Barrois, *Mission d'Andalousie*, p. 84; Bertrand et Kilian, *ibid.*, p. 406 et 573; les indications données autrefois par Gonzalo y Tarin sur les fossiles des calcaires de la Sierra de Gador (*Edad geologica de las calizas metalíferas de la Sierra de Gador en la provincia de Almeria*, Bol. Comisión del Mapa Geol. de Esp., IX, 1882, p. 104) auraient besoin d'être confirmées.

3. Voir la carte montrant la structure de la Chaîne Bétique, dans Barrois et Offret, fig. 10, p. 117.

4. R. Nicklès, *Sur l'existence de phénomènes de charriage en Espagne dans la zone subbétique* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., IV, 1904, p. 223-247, 23 fig.; voir aussi C. R. Acad. Sc., CXXXIV, 1902, 1^{er} sem., p. 493-495).

cours de 60 kilomètres environ compris entre Martos, Jaen et la Sierra Sagra¹ (fig. 194).



FIG. 193. — Vue du front septentrional de la Peña Rubia (Province de Murcie), d'après R. Nicklès (Bull. Soc. Géol. de France, 4^e sér., IV, 1904, p. 230, fig. 8).

K. Keuper; J. Jurassique; N. Néocomien.

La région située au Sud du Guadalquivir se partage en un bas-pays et un haut-pays. Le premier, le plus voisin du fleuve, est recouvert en suivant ses rives par un liséré fertile de Miocène supérieur et de Pliocène; à cette bande succèdent vers le Sud des étendues très stériles de Keuper gypsifère plissé, sur lequel reposent des lambeaux épars de Crétacé inférieur. On atteint ensuite le bord du haut pays.

Ce bord est formé par le front d'un grand pli couché, morcelé en multiples fragments par l'érosion; le plus important de ces témoins est le fragment oriental, long de 20 kilomètres, haut de plus de 2 000 mètres et dominant de 1 300 à 1 400 mètres le bas-pays. Le front est constitué principalement par des calcaires jurassiques, qui, par leurs teintes sombres et leur pauvreté en fossiles, contrastent avec les calcaires jurassiques autochtones, lesquels sont de teintes claires. Il est recourbé vers le bas et se replie vers l'intérieur, de sorte que l'on rencontre pincés à sa base les restes renversés, en grande partie écrasés, d'ailleurs, des couches crétacées et éocènes qui, primitivement, étaient superposées au Jurassique. Les mêmes dépôts ont également formé jadis le toit du pli. Mais Robert Douvillé nous dit que, probablement après l'arrêt du mouvement principal, un décollement s'est produit dans ce toit au niveau du Cénomanien; après quoi le Crétacé moyen et supérieur se sont avancés, d'un mouvement propre, sur certaines parties du bas-pays.

Le pays d'origine des calcaires jurassiques foncés est inconnu;

1. R. Douvillé, *Esquisse géologique des Préalpes subbétiques (partie centrale)*. In-8°, 222 p., 22 pl. : phot., coupes, cartes et panoramas. Paris, 1906.

quant à la provenance du pli, on peut seulement dire qu'il vient du Sud.

Ces affleurements tirent leur intérêt de ce qu'ils mettent hors de doute, par un exemple simple, la configuration du pli couché. Mais d'autres circonstances sont également importantes. Les vues antérieurement émises sur l'âge récent de la fracture située au Sud des montagnes, et en même temps sur l'âge récent du Déroit de Gibraltar, se trouvent confirmées d'une manière formelle¹. Les intrusions ophitiques accompagnent, ici encore, le Trias et pénètrent, dans certains cas

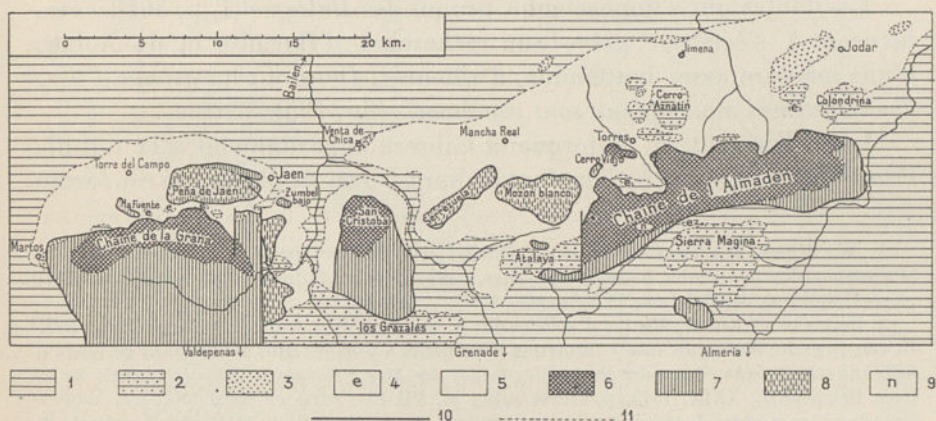


FIG. 194. — Lambeaux de recouvrement des Environs de Jaen (Andalousie), d'après R. Douvillé (*Esquisse géologique des Préalpes subbétiques*. In-8°, Paris, 1906).

Terrains en place : 1. Trias; 2. Jurassique; 3. Crétacé inférieur (Néocomien, Aptien); 4. Éocène; 5. Miocène. — Terrains charriés : 6. Jurassique; 7. Crétacé inférieur; 8. Crétacé moyen et supérieur; 9. Éocène. — 10. Contacts anormaux; 11. Contacts normaux. — Échelle de 1 : 500 000.

1. Bertrand et Kilian, *Mission d'Andalousie*, p. 576; R. Douvillé, ouvr. cité, p. 108. — D'après les dernières notes de M. Gentil, qui me parviennent au cours de l'impression de ce volume, les choses se seraient passées de la façon suivante : pendant le Miocène supérieur (II^e étage méditerranéen), jonction par le Nord de la Cordillère Bétique; pendant le Pliocène inférieur (III^e étage méditerranéen), jonction par Fez; pendant le Pliocène supérieur (IV^e étage méditerranéen), le Déroit de Gibraltar doit avoir été déjà ouvert : en effet, les dépôts correspondants ne dépassent pas l'altitude de 120 m.; or l'arc montagneux ne s'abaisse en aucun point jusqu'à ce niveau, et pourtant le Pliocène supérieur existe à Tétouan, en affectant exactement les mêmes caractères que sur le littoral de l'Atlantique (*Renseignements Coloniaux*. Suppl. au Bulletin du Comité de l'Afrique Française, févr. 1908; Gentil, rapport daté de Tanger p. 34). [Ces premières indications ont été précisées et rectifiées par L. Gentil, qui a montré que « le déroit Sud-Rifain s'est ouvert entre la Chaîne du Rif et le Moyen-Atlas, par une transgression continue des mers miocènes vers le seuil de Taza, du côté Atlantique comme du côté Méditerranéen; le passage était largement établi à la fin du Miocène moyen et durant le Miocène Supérieur » (*La Géographie*, XXIII, 1911, 1^{er} sem., p. 28). Voir aussi les notes du même auteur : *Sur la formation du déroit de Gibraltar* (C. R. Acad. Sc., CXLVIII, 1909, 1^{er} sem., p. 1227-1230); *Sur les dépôts du déroit Sud-Rifain* (Ibid., CLII, 1911, 1^{er} sem., p. 293-296); *Sur la formation du déroit Sud-Rifain* (Ibid., p. 415-418); *Sur le déroit Sud-Rifain* (C. R. Sommaire Soc. Géol. de Fr., 1911, p. 21-22). Consulter en outre L. Gentil et A. Boistel, *Sur l'existence d'un remarquable gisement pliocène à Tétouan, Maroc* (C. R. Acad. Sc., CXL, 1905, 1^{er} sem., p. 1725-1727); et J. Bergeron, *Sur l'âge de la formation du déroit de Gibraltar* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., IX, 1909, p. 228-229).]

du moins, jusque dans le Lias supérieur¹. Les accumulations de bloes de la Calabre et de la Sicile, en relation avec le gypse du deuxième étage méditerranéen, semblent se reproduire dans le Bassin de Grenade sous la forme de la « formation miocène à bloes » (*miocène Blockformation*) de R. von Drasche².

La même structure et la même succession de couches règnent vers le N.E. jusqu'au Cap de la Nao; et dans la Sierra Mariola, au Nord d'Alcoy, Nicklès a encore rencontré un pli important, charrié vers le Nord, qui peut être comparé au pli de Jaen³.

Les doutes qui s'imposaient à propos des *Baléares* (I, p. 301), commencent à s'éclaircir grâce aux recherches d'Hermite et de Nolan, d'une manière assez inattendue, d'ailleurs⁴. *Dans ce petit groupe d'îles, deux systèmes montagneux sont représentés* (fig. 195).

Iviza, Formentera, Majorque et Cabrera appartiennent à la Cordillère Bétique. En particulier, tout le Nord-Ouest de Majorque est formé

1. W. Kilian, *Mission d'Andalousie*, p. 527-532; les diabases passent, par diminution de la grosseur des feldspaths, à des porphyrites, celles-ci par addition du péridot à des mélaphyres (spilites), Michel-Lévy et Bergeron, *Ibid.*, p. 220-223.

2. Bertrand et Kilian, *Mission d'Andalousie*, p. 489 et suiv.; voir en particulier, p. 507. R. von Drasche distingue une « formation de Guadix » plus récente de l'« amas de bloes » miocène (*Geologische Skizze des Hochgebirgsteiles der Sierra Nevada in Spanien* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XXIX, 1879, p. 112 et suiv., pl. VII-IX : carte et vues); Sur ces dépôts singuliers, voir aussi L. Siegert, *Das Becken von Guadix und Baza* (Zeitschr. Gesellsch. f. Erdkunde, Berlin, 1905, p. 528-534 et 586-614, 5 pl. fotogr.), et W. H. Hobbs, *Guadix-Formation of Granada, Spain* (Bull. Geol. Soc. of America, XVII, 1906, p. 285-294, pl. 35, 36).

3. R. Nicklès, *Recherches géologiques sur les terrains secondaires et tertiaires de la province d'Alicante et du Sud de la province de Valence*. In-8°, 219 p., 3 cartes, 7 pl., 1892 (Annales Hébert, 1); voir en particulier fig. 49, p. 151.

4. H. Hermite, *Études géologiques sur les Îles Baléares, I. Majorque et Minorque*. In-8°, 357 p., 5 pl. dont 2 cartes, Paris, 1879; H. Nolan, *Note sur le Trias de Minorque et de Majorque* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 3^e sér., XV, 1886-87, p. 593-599), et *Sur les terrains triasiques et jurassiques des Îles Baléares* (C. R. Acad. Sc., CXVII, 1893, 2^e sem., p. 821-823 et 874); le même, *Structure géologique d'ensemble de l'Archipel Baléaire* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 3^e sér., XXIII, 1895, p. 76-91, 3 cartes dans le t.), et *Notice préliminaire sur l'île de Cabrera* (*Ibid.*, 3^e sér., XXV, 1897, p. 303-305). Nolan distingue dans le Trias supérieur : 1^o zone du *Trachyceras Curionii* et du *Trachyceras Vilanovæ*; 2^o zone de la *Daonella Lomeli*; 3^o zone de la *Hœrnesia pseudosocialis* et de la *Monotis salinaria*. Puis vient la série générale du Lias et du Jurassique; à Majorque, elle est percée de nombreux filons de mélaphyre. [Voir aussi la traduction du mémoire d'Hermite et de la note de Nolan, publiée sous le titre de *Estudios geológicos de las Islas Baleares* (Bol. Com. del Mapa geol. de España, XV, 1888, p. 1-343, pl. A-D, dont 1 carte géol. générale à 1 : 400 000, établie d'après les levés de H. Hermite, L. M. Vidal et E. Molina, 1879-1880).]

LÉGENDE DE LA FIGURE 195.

1. Terrains primaires et secondaires plissés de la Région septentrionale de Minorque; 2. Cordillère principale de Majorque; 3. Plis accessoires et chaînes orientales d°; 4. Îlots centraux; 5. Noyau triasique et jurassique des anticlinaux d'Iviza; 6. Couverture crétacée des plis d'Iviza; Miocène horizontal de Majorque et du Sud de Minorque; Quaternaire de Formentera; 7. Anticlinaux; 8. Failles; 9. Limites des deux Régions de Minorque. — Courbes bathymétriques (en mètres), d'après la Carte d'Espagne du *Stieler's Hand Atlas*, éd. 1903, feuilles 33 et 35. — Échelle de 1 : 1 500 000.

par un tronçon de chaîne, long de 80 kilomètres et haut de 1571 mètres, qui se subdivise en écaillés poussées vers le N., possède la direction bétique et apparaît de la manière la plus nette comme étant un prolongement de l'édifice bétique¹. Des couches lacustres à *Anthracotherium* sont un prolongement des formations semblables de l'Est de l'Espagne. Elles prouvent qu'un lac s'étendait pendant la période oligocène jusqu'à Majorque, qui faisait alors partie du continent². La mer est venue ensuite. Déjà, à l'époque de la *Natica crassatina*, le bord méridional actuel formait une côte. Un calcaire miocène recouvre en couches horizontales une grande partie de la région moyenne de l'île³.

Toutes autres sont les conditions à Minorque.

Une fracture traverse toute l'île du N.W. (Golfe d'Algaires) au S.E. (Port-Mahon). La moitié Sud est un plateau horizontal de calcaire miocène, qui s'appuie en discordance contre la fracture. Dans la moitié Nord, plus élevée, on reconnaît comme terrain le plus ancien un calcaire dévonien qui, d'après ses fossiles, correspond à peu près au Dévonien de l'Eifel. Nulle part, dans les montagnes plissées récentes qui entourent la Méditerranée Occidentale, on n'a jusqu'à présent rencontré rien de semblable. Hermite signale en outre des empreintes de plantes, qui appartiennent peut-être au Culm. D'après les indications de Nolan, ces couches se disposent suivant trois anticlinaux, celui du milieu étant à beaucoup près le plus important et se dirigeant N. 5° E.

Par conséquent, quoique Majorque s'étende sans diminuer de largeur vers Minorque, la direction essentiellement différente des anticlinaux et la présence du Dévonien empêchent d'admettre que ces deux îles fassent partie d'un même ensemble. Cette circonstance doit d'autant plus nous étonner qu'à Minorque, le plissement s'est aussi fait sentir jusqu'à une époque assez tardive de l'ère secondaire, et qu'une similitude parfaite règne de part et d'autre dans la constitution des sédiments mésozoïques.

Sur le continent, on retrouve jusqu'au delà d'Alcoy, pour le Trias, la succession qui caractérise la Cordillère Bétique; déjà à Iviza, puis à Minorque, on rencontre des grès bigarrés puissants, puis du Muschelkalk, comme sur le continent; mais à la place des marnes bigarrées du

[1. Voir Léon-W. Collet, *Quelques observations sur la Géologie de la Sierra de Majorque* (Archives des Sc. phys. et nat., Genève, 4^e période, XXVII, 1909, 1^{er} sem., p. 598-615, pl. IV).]

2. L.-M. Vidal, *Note sur l'Oligocène de Majorque* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., V, 1905, p. 651-654). [Sur la présence d'un faciès nummulitique dans l'Oligocène de Majorque, voir la note préliminaire de J. Boussac et P. Fallot, C. R. Sommaire Soc. Géol. de Fr., 1911, p. 38-39.]

[3. Voir R. Hoernes, *Eine geologische Reise durch Spanien* (Mitteil. Naturwiss. Ver. f. Steiermark, XLII, 1905, p. 318-365).]

Keuper se montrent des calcaires en plaquettes à *Daonella Lomelli* et à *Trachyceras*. Nous avons donc atteint ici, pour le Keuper, la limite du faciès germanique, et nous voyons apparaître les avant-coureurs du Trias pélagique de la basse vallée de l'Èbre. Comme on a cité également ce faciès à Iviza, il en résulte que, cette fois, *la limite des faciès ne coïncide pas avec la limite tectonique.*

Malgré la faible distance qui les sépare du continent, Nolan constate que, pour le Trias, les Baléares ressemblent plus à la Sicile qu'à l'Espagne.

Suivant toutes les apparences, les Alpides prennent fin non avec les Baléares, mais déjà avec Majorque. Nous devons toutefois faire remarquer qu'on n'y observe pas d'indices d'un plissement récent, comme il s'en montre fréquemment aux extrémités libres des systèmes de plis. Les plateaux horizontaux de calcaire miocène indiquent au contraire que les mouvements qui se sont fait sentir plus à l'Ouest ne se sont pas propagés jusque-là.

II. — Les plis Provençaux.

La rencontre de la partie orientale des plis provençaux, poussés vers l'E. et vers le N., avec les Alpes Piémontaises et Helvétiques se produit sur le Var¹. Nous avons indiqué l'âge récent des plissements provençaux dans cette région. Des traces de ces plissements, cachés sur un long espace, dans la vallée de la Durance, par des dépôts néogènes, reparaissent plus au Nord, au delà du champ de fractures de Banon; elles affectent alors, jusqu'au voisinage de Sisteron, la direction E.-W., qui contraste avec l'allure des lambeaux de recouvrement provenant des Alpes.

Ces plis occupent une étendue considérable; quoique construits sur un plan uniforme, ils ne constituent pas cependant de chaîne continue, mais forment seulement, au Nord et à l'Ouest, des faisceaux de plis isolés. Vers le Sud, ils vont jusqu'à la mer. Au Sud-Ouest, ils se relient suivant un mode assez spécial aux chaînons externes des Pyrénées.

Il est utile de jeter au préalable un coup d'œil sur l'avant-pays, formé au Nord-Ouest par la Montagne Noire et les Cévennes, avec lesquelles les montagnes de Catalogne offrent, au Sud des Pyrénées, une ressemblance toute particulière.

[1. Sur la structure des Préalpes Maritimes, au Sud-Ouest du Var, voir les comptes rendus de la *Réunion extraordinaire de la Société Géologique de France*, rédigés par A. Guébbard, courses du 5 au 8 septembre 1902 (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., II, 1902, p. 528-637, pl. XVIII-XXXVIII : fotogr., calques tectoniques, coupes et cartes); Zürcher, *Feuille de Nice. Études de détail* (Bull. Service Carte Géol. de la Fr., XVI, 1904-1905, n^o 105, p. 168-172; coupes de la p. 171).]

La **Montagne Noire** se présente sur les cartes comme une sorte d'annexe du Plateau Central au Sud-Ouest¹. Elle s'étend de Castelnaudary à Lodève et s'abaisse au Sud vers la plaine de Béziers. Mais tandis que le gneiss du Rouergue (au Sud et au Sud-Est de Rodez) se dirige vers le N.W., suivant la direction armoricaine, et appartient au Plateau Central, les terrains de la Montagne Noire s'orientent N. 60° E. Bergeron, à qui nous devons une grande partie des connaissances relatives à cette région, a montré que trois grandes lames de Silurien et de Dévonien ont été poussées l'une après l'autre, du S.E., sur la Montagne Noire. A l'Est de la coupure de l'Orb, sur une largeur de près de 5 kilomètres, on voit le Silurien et le Dévonien reposer presque horizontalement sur la tranche des couches plissées du Carbonifère inférieur².

Le terrain houiller des environs de Graissessac recouvre obliquement et en discordance les roches anciennes de la Montagne Noire; il montre que ce massif fait partie des Altaïdes³.

La manière dont les roches cambriennes et les diverses bandes plissées du bord oriental de la Montagne Noire réapparaissent au delà des Causses, dans les Cévennes, et surtout la façon dont elles plongent sous la couverture mésozoïque, près de Saint-Affrique, pour ressortir près du Vigan, prouvent que la structure de la Montagne Noire se prolonge jusque-là. Et ainsi s'affirme également son individualité vis-à-vis de l'édifice varisque⁴.

Les **Montagnes Catalanes** ont été décrites par Almera et par Bergeron. Sur la côte, entre le Cap Bagur et l'embouchure du Llobregat,

[1. Voir les feuilles de Castres (231), Bédarieux (232) et Carcassonne (243) de la *Carte géologique détaillée de la France*, publiées de 1896 à 1901. Les contours géologiques, dans la Montagne Noire, sont dus à J. Bergeron.]

2. J. Bergeron, *Étude géologique du massif ancien situé au Sud du Plateau Central* (Annales des Sc. Géol., XXII, 1889, iv-362 p., 10 pl. dont 1 carte géol.); le même, *Étude du versant méridional de la Montagne Noire* (Bull. Soc. Géol. de Fr., XXVI, 1898, p. 472-487); le même, *Note sur la base du Carbonifère dans la Montagne Noire* (Ibid., XXVII, 1899, p. 36-43), et *Sur les nappes de recouvrement du versant méridional de la Montagne Noire* (C. R. Acad. Sc., CXXXVIII, 1904, 1^{er} sem., p. 394-395), et surtout : *Réunion extraordinaire de la Société Géologique de France sur le versant méridional de la Montagne Noire* (Bull., XXVII, 1899, p. 605-790, pl. XVIII-XXI). A l'Est de cette région tourmentée appartient le Dévonien Inférieur, souvent cité, de Cabrières; Ch. Barrois, *Sur le Calcaire à Polypiers de Cabrières, Hérault* (Annales Soc. Géol. du Nord, XIII, 1885-86, p. 74-97, pl. I); Fr. Frech, *Die paläozoischen Bildungen von Cabrières, Languedoc* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch., XXXIX, 1887, p. 360-488, pl. XXIV : carte, 2 tableaux); etc.

3. C'est ce que confirme la superposition du Stéphanien et des couches permienes entre Albi et Castres; A. Dereims, *Feuille d'Albi. Terrains primaires* (Bull. Service Carte Géol. de la Fr., X, 1898-1899, n° 63, p. 118-120).

4. J. Bergeron, *Feuille de Bédarieux. Extrémité orientale du massif ancien de la Montagne Noire* (Bull. Service Carte Géol. de la Fr., X, 1898-1899, n° 63, p. 125), et *Feuilles de Saint-Affrique et du Vigan* (Ibid., XIII, 1901-1902, n° 91, p. 577-581).

se trouve une chaîne de hauteurs dont l'orientation générale, de même que la direction tectonique, est N. 60° E., comme dans la Montagne Noire. Vers la mer, cette chaîne se termine suivant une fracture longitudinale. On constate un chevauchement au N.W.; et les subdivisions de la série paléozoïque inférieure, qui s'étend jusqu'à la base du Carbonifère, sont identiques à celles de la Montagne Noire¹.

Des conglomérats éocènes très puissants supportent le couvent du Montserrat, sur le versant septentrional des Montagnes Catalanes. On les considère comme une preuve que cette chaîne offrait encore pendant l'ère tertiaire une grande étendue dans la direction actuelle de la mer. Depéret fait remarquer que les conglomérats de Castelnaudary, à l'extrémité Sud de la Montagne Noire, ressemblent beaucoup à ceux du Montserrat et sont exactement du même âge; au Montserrat, ils représentent toute la série éocène, et leurs niveaux les plus élevés correspondent au « Poudingue de Palassou » des Pyrénées. L'Éocène, resté horizontal, constitue la bordure du bassin de l'Èbre du côté de la Meseta; ce bassin est lui-même rempli par des sédiments oligocènes (gypses, puis niveau à *Cyrena semistriata*, etc.)².

La Montagne Noire et les Cévennes forment par conséquent une branche des Altaïdes, de direction N. 60° E., poussée vers le N.W., et elles sont séparées par les Pyrénées d'un fragment analogue, les montagnes catalanes.

Provence. — Abordons maintenant les plissements plus récents.

Au Sud-Est de l'espace encadré d'un côté par les Alpes, de l'autre par la Montagne Noire et les Cévennes, on voit apparaître des gneiss, des micaschistes et des phyllades. Le terrain houiller supérieur et le Permien qui recouvrent ces roches en discordance prouvent que, là encore, affleure une partie des Altaïdes. Cette partie se compose de plusieurs tronçons juxtaposés, qui occupent ensemble un espace s'allongeant vers le S.W. Le premier tronçon est l'Esterel, entre Cannes et la vallée de l'Argens; le second, le plus important, est formé par la

1. J. Bergeron, *Note sur les terrains paléozoïques des environs de Barcelone et comparaison avec ceux de la Montagne Noire, Languedoc* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 3^e sér., XXVI, 1898, p. 867-875); J. Almera et J. Bergeron, *Note sur les nappes de recouvrement des environs de Barcelone* (Ibid., 4^e sér., IV, 1904, p. 705-721). [Voir aussi A. Rühl, *Geomorphologische Studien aus Catalonien* (Zeitschr. Gesellsch. f. Erdkunde, Berlin, 1909, p. 226-257 et 297-316, 4 pl., Bibliogr.); et la *Carte schématique de la chaîne catalane* à 1 : 800 000 jointe à la note de G.-F. Dollfus : *Relation entre la Géologie et l'Hydrographie en Catalogne* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 3^e sér., XXVI, 1898, p. 876-883; fig. 1, p. 880). Une partie de cette région est représentée sur la belle carte de D. Jaime Almera, *Mapa topográfico y geológico detallado de la Provincia de Barcelona*, 1 : 40 000, feuilles 1, 2 et 3, 1891-1900.]

2. Ch. Depéret et L. Vidal, *Sur le bassin oligocène de l'Èbre et l'histoire tertiaire de l'Espagne* (C. R. Acad. Sc., CXLII, 1906, 1^{er} sem., p. 752-755).

ALTAÏDES POSTHUMES.

Chaîne des Maures entre l'Argens et les environs de Toulon, avec un prolongement jusqu'au Cap Sicié; les Iles d'Hyères enfin peuvent passer pour un troisième tronçon. Tous ces fragments sont désignés sous le nom collectif de *Chaîne des Maures*¹. Un sillon continu, occupé par des sédiments permien (dépression de Cuers), limite les Maures du côté du continent; de l'autre côté de cette dépression, on entre dans le domaine compliqué des plis provençaux.

C'est précisément cette région, depuis la dépression de Cuers jusqu'à Marseille et jusqu'à la Durance, qui a été le théâtre des travaux classiques de Marcel Bertrand, dont sont sorties une bonne part des idées nouvelles sur la structure des montagnes les plus récentes de l'Europe².

1. Au début de ces études, j'ai moi-même présenté ce massif comme faisant encore partie de l'avant-pays des Alpes, sous le nom de « Massif d'Hyères ».

2. Quelques-uns des plus importants sont : M. Bertrand, *Coupes de la chaîne de la Sainte-Beaume* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 3^e sér., XIII, 1884-85, p. 115-130, pl. VI-VII : carte et coupes); et *Nouvelles études sur la chaîne de la Sainte-Beaume. Allure sinuieuse des plis de la Provence* (Ibid., 3^e sér., XVI, 1887-88, p. 748-778, pl. XXVI-XXVII : coupes et carte); *Plis couchés de la région de Draguignan* (Ibid., 3^e sér., XVII, 1888-89, p. 234-246); *Le Massif d'Allauch* (Bull. Service Carte géol. de la Fr., III, 1891-1892, n^o 24, p. 283-333, pl. I-II : cartes et coupes); *La Basse-Provence. Relief et lignes directrices. Les massifs montagneux et les vallées* (Annales de Géogr., VI, 1897, p. 212-229, pl. VI : carte, et VII, 1898, p. 14-33, pl. I : carte); *Le bassin crétacé de Fuveau et le bassin houiller du Nord* (Annales des Mines, 9^e sér., XIV, 1898, p. 5-85, pl. I-III : cartes et coupes); *La grande nappe de recouvrement de la Basse Provence* (Bull. Service Carte Géol. de la Fr., X, 1898-1899, n^o 68, p. 397-467, pl. I-III : cartes et coupes). [Voir surtout le grand Mémoire posthume de Marcel Bertrand, couronné par l'Académie des Sciences en 1890, et publié seulement après la mort de l'auteur en 1908 : *Mémoire sur les refoulements qui ont plissé l'Écorce terrestre et sur le rôle des déplacements horizontaux*. In-4^o, 261 p., 132 fig., 1 pl. Extr. des Mémoires de l'Académie

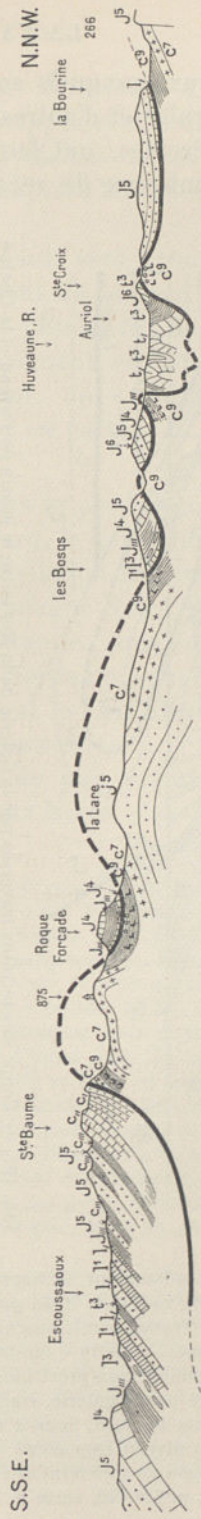


FIG. 196. — Coupe de la Chaîne de la Sainte-Beaume à la Bourne, d'après Marcel Bertrand (*Livret-guide des Excursions en France du VIII^e Congrès Géologique International*, Paris, 1900. XX, Basse-Provence, pl. finale, fig. 2).

J¹. Marnes irisées; J². Rhétien; J³. Dolomites infra-liasiques; J⁴. Calcaires à silex (Lias et Bajocien); J⁵. Bathonien; J⁶. Oxfordien; J⁷. Dolomites; J⁸. Calcaires blancs; Cnr. Hauteriviien; Cu. Urgonien; C'. Sénonien (Marnes et grès, calcaires à Hippurites); C''. Crétacé supérieur lacustre (Valdonnien et Fuvélien, série supérieure, pondingres). — Le trait noir fort représente la trace, sur le plan de coupe, d'une surface de charriage. — Echelle de 1 : 40 000 (longueurs et hauteurs).

Ces travaux, auxquels sont venus s'ajouter ceux de Zürcher, puis ceux de Fournier et d'autres géologues, guidés en partie par des conceptions différentes, ont fait voir que la Provence est constituée par de grands lambeaux de recouvrement empilés les uns sur les autres

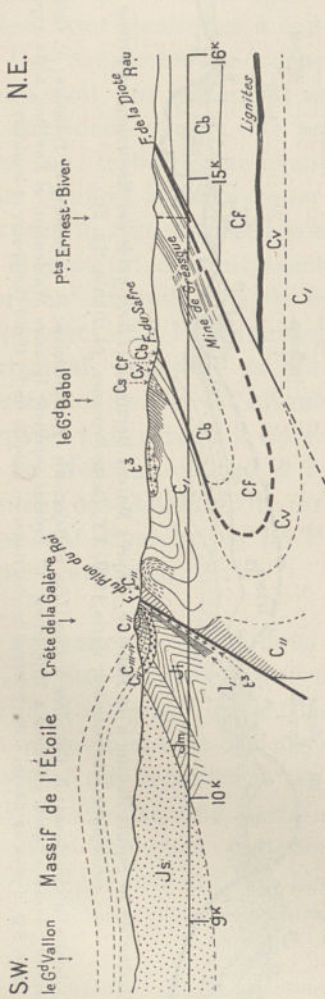


FIG. 197. — Coupe des terrains traversés par la Galerie de la Mer entre le Bassin de Fuveau et la Chaîne de l'Étoile, d'après H. Domage et A. Boistel (*Bull. Soc. Géol. de France*, 4^e sér., V, 1905, p. 729, fig. 4).

v, Marnes irisées; I, Infralias; Ji, Jm, Js, Jurassique inférieur (Bathonien, Callovien), moyen (Oxfordien, Séquanien), supérieur (Dolomies); Cv, Valenginien; Cii-iv, Hauterivié; Cii, Urgonien; C, Aptien; Cs, Sénonien marin; Cv, Cf, Cb, Série lacustre (Valdonnien, Fuvélien, Bégudien). — Echelle de 1 : 60 000 (longueurs et hauteurs

(fig. 196). Ils forment des massifs plus ou moins nettement circonscrits (massifs du Beausset, de la Sainte-Baume, d'Alauch, de l'Étoile, etc.). C'est seulement plus au Nord que viennent des plis plus allongés, s'orientant de l'E. à l'W.¹

Un complément essentiel est fourni à cette vue d'ensemble par la remarque de Kilian, que la direction E.-W. est déjà la direction dominante dans les lambeaux de recouvrement du Sud, par opposition à la direction N.E.-S.W. de la dépression de Cuers, qui forme la limite naturelle des Maures. On en a conclu, probablement avec raison, que les Maures, malgré quelques témoins mésozoïques que l'on rencontre à leur surface, n'offrent pas avec les plis provençaux une liaison aussi intime, aussi organique pour ainsi dire, que le Mont-Blanc avec les Alpes Helvétiques, par

des Sciences, Paris, t. L, n° 2. La plus grande partie de ce travail (p. 49-186, fig. 11-99 et pl. I : carte) est consacrée à la Provence (chap. iv : Les plis couchés

de la Provence). — Pour une bibliographie des principaux documents relatifs à cette région, antérieurs à 1900, voir le t. II du présent ouvrage, p. 194-195.]

1. La galerie d'écoulement, longue de 14,3 km., qui passe sous le Massif de l'Étoile, a été achevée depuis. Dans le « lambeau de Gardanne » [lame de charriage], au Nord de l'Étoile, conformément aux prévisions de Marcel Bertrand, le Trias qui affleure au jour n'a pas été rencontré par la galerie, établie dans l'Aptien (fig. 197). Ainsi se trouvent confirmés les recouvrements du Nord. Sous le massif même de l'Étoile, la galerie recoupe les terrains jurassiques à un niveau trop élevé pour permettre des constatations décisives; A. Boistel, *Résultats géologiques du percement de la galerie de Gardanne à la mer* (*Bull. Soc. Géol. de Fr.*, 4^e sér., V, 1905, p. 724-740, carte p. 726, et coupes comparatives p. 728-729).

exemple. Ils affectent plutôt, en effet, les caractères d'un fragment d'avant-pays qui aurait été recouvert de nappes et ensuite dénudé par l'érosion, c'est-à-dire d'une fenêtre; et les racines de ces nappes peuvent soit avoir appartenu à la couverture aujourd'hui détruite, soit être situées dans l'effondrement tyrrhénien¹.

Les plis s'avancent alors, en s'atténuant, vers l'Ouest et vers le Nord, avec la direction E.-W.; ils séparent de la mer, à l'Ouest de Marseille, la grande lagune des Martigues [Étang de Berre] et disparaissent sous le delta du Rhône mais atteignent ce fleuve en amont d'Arles; plus au Nord, près de Montélimar, on a même signalé un dernier pli, que le Rhône recoupe de part en part².

Basses Cévennes. — Dans l'avant-pays se produit une déviation. Près d'Alais, dans le bassin houiller du Gard, le Carbonifère lui-même est poussé contre les Cévennes. Une dénivellation importante des calcaires jurassiques des Causses qui, de la Montagne Noire, court au N.E. vers les Cévennes, la Montagne de la Séranne, joue, dans la haute vallée de l'Hérault, le rôle de frontière résistante pour l'avant-pays. Contre cet obstacle se sont butés le Trias et le Lias, dont les couches viennent s'empiler en formant six écaillés successives³.

C'est là le début d'une longue suite de plis, entravés dans leur mouvement par le bord Sud de la Montagne Noire. Ces accidents, qui

1. W. Kilian, *Remarques sur la tectonique de la Basse-Provence* (Bull. Service Carte géol. de la Fr., XVI, 1904-1905, n° 110, p. 449-451). [Voir en outre W. Kilian, *Essai d'une monographie hydrologique des environs de Garéoult, Var* (Bull. Service Carte géol. de la Fr., XVI, 1904-1905, n° 111, p. 475-493, 4 pl. coupes); et *Sur le régime hydrologique complexe des environs de Garéoult* (Ass. Fr. Av. Sc., Compte rendu de la 34^e sess., Cherbourg, 1905, II : Notes et Mém., p. 340-358, pl. VI : coupes).] Vasseur et Fournier signalent le fait que, à partir du Cap Sicié, où les Maures et la dépression de Cuers s'affaissent sous la Méditerranée, une falaise sous-marine se prolonge dans la direction de l'Ouest jusqu'au Sud de Marseille; en même temps, à la Pointe Rouge, non loin de cette ville au Sud, on trouve en place un conglomérat rempli de roches permienes. Ces deux circonstances sont considérées comme l'indice du prolongement des Maures; Vasseur et E. Fournier, *Preuves de l'extension sous-marine, au sud de Marseille, du massif ancien des Maures et de l'Esterel* (C. R. Acad. Sc., CXXII, 1896, 1^{er} sem., p. 209-213, carte). [Sur la structure du Massif des Maures et les rapports des roches cristallines avec les terrains sédimentaires du pourtour, voir Alb. Michel-Lévy, *Feuille de Toulon au 80 000^e. Revision* (Bull. Service Carte géol. de la Fr., XVIII, 1907-1908, n° 119, p. 170-174; XX, 1909-1910, n° 126, p. 186-189).]

[2. Entre le Mont Ventoux et la vallée du Rhône, au Sud de Vaison, on a signalé récemment l'existence de plusieurs surfaces de charriage, ramenant le Trias sur les couches plus récentes, jusqu'à la base de la série tertiaire. Ces accidents, qui se rattachent au faisceau de la Montagne de Bluye, regardent au S.E.; ils appartiennent déjà, par conséquent, au domaine des chaînes subalpines dauphinoises; L. Joleaud, *Sur la présence du Trias dans les montagnes de Gigondas (Vaucluse), et sur les phénomènes de charriage qui s'observent dans ce massif* (C. R. Acad. Sc., CXLV, 1907, 2^e sem., p. 1233-1235).]

3. R. Nicklès, *Sur les plis couchés de Saint-Jean-de-Buèges, Hérault* (C. R. Acad. Sc., CXL, 1905, 1^{er} sem., p. 329-331.) Ici, l'obstacle (Jurassique supérieur) est formé de terrains plus récents que les sédiments refoulés.

s'étendent jusqu'à Saint-Chinian (fig. 198), ont été décrits par Nicklès¹.

Tandis que des lambeaux isolés indiquent à partir de Montpellier, entre cette bordure et la mer, la continuation des plis provençaux jusqu'à la Montagne de la Clape, près de Narbonne, on voit se réaliser, auprès de Saint-Chinian, des circonstances qui sont importantes pour l'intelligence des Pyrénées.

La figure 199 est empruntée à une carte tectonique donnée en 1890 par Emm. de Margerie. De nombreux détails nouveaux ont été constatés depuis; les plis ont pris, notamment, plus de continuité; mais ce

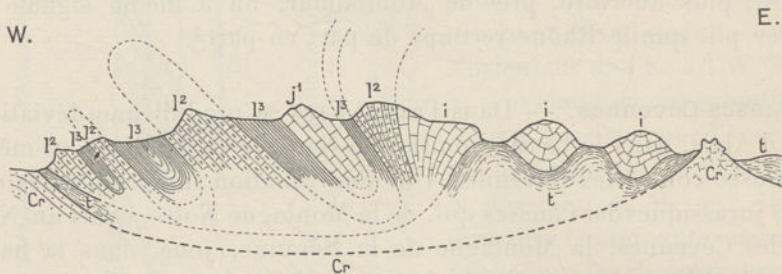


FIG. 198. — Coupe de l'écaïlle plissée du Roucan (Hérault), d'après R. Nicklès (*Bull. Soc. Géol. de France*, 3^e sér., XXVII, 1899, p. 717, fig. 2).

t. Keuper; i. Infralias; P. Charmouthieu; P. Toarcien; j¹. Bajocien; Cr. Grès, marnes et calcaires de Rognac (Danien). — Échelle de 1 : 25 000.

croquis simplifié met en évidence d'une manière très nette les lignes principales².

Le pli de Saint-Chinian se sépare de la Montagne Noire en décrivant un arc de cercle. Depéret distingue sur ce point plusieurs plis concentriques. L'anticlinal qui s'avance le plus au Nord montre, au-dessous du Trias et de l'Infralias, l'étage éocène de Rognac, puis des couches nummulitiques s'étendant jusqu'à Bize, et enfin un calcaire à *Planorbis pseudoammonius*. Entre ce pli couché et les terrains paléo-

1. R. Nicklès, *Excursion aux environs du Mas Capel et de Saint-Blaise* (*Bull. Soc. Géol. de Fr.*, 3^e sér., XXVII, 1899, p. 715-720); *Sur le lambeau secondaire de Fouzilhon-Gabian* (*Ibid.*, p. 743-746); *Sur la tectonique des terrains secondaires dans la région de Clermont-l'Hérault* (*Ibid.*, p. 771-778); *Excursion au Roc des Vierges* (*Ibid.*, p. 780-787).

2. Emm. de Margerie, *Notes sur la structure des Corbières* (*Bull. Service Carte géol. de la Fr.*, II, 1890-1891, n^o 17, p. 283-320, pl. I : carte); voir en outre, parmi les travaux antérieurs : D'Archiac, *Les Corbières. Études géologiques d'une partie des départements de l'Aude et des Pyrénées-Orientales* (*Mém. Soc. Géol. de Fr.*, 2^e sér., VI, Mém. n^o 2, 1859, p. 209-446, pl. III-VI : coupes et carte); en fait de travaux plus récents : L. Carez, *Composition et structure des Corbières, et de la région adjacente des Pyrénées* (*Bull. Soc. Géol. de Fr.*, 3^e sér., XX, 1892, p. 470-506, pl. XIII-XVI : cartes et coupes); L. Doncieux, *Monographie géologique et paléontologique des Corbières Orientales* (*Annales Univ. de Lyon, nouv. sér.*, I, fasc. 11, 1903, 404 p., 7 pl. foss., 1 pl. coupes, 1 carte); O. Mengel, *Observations géologiques sur la partie Sud-Est des Corbières. Région de Maury et Estagel* (*Bull. Soc. Géol. de Fr.*, 4^e sér., IV, 1904, p. 256-281, carte et coupes dans le texte).

zoïques de la Montagne Noire s'amorce le synclinal du Minervois, qui va en s'élargissant rapidement vers l'Ouest, dans la direction de Carcassonne. Près de Bize se détache vers le S.S.W. un petit dôme éocène, qui constitue l'extrémité libre de cet anticlinal.

Un second anticlinal, parallèle au précédent, est formé de la même série de couches¹.

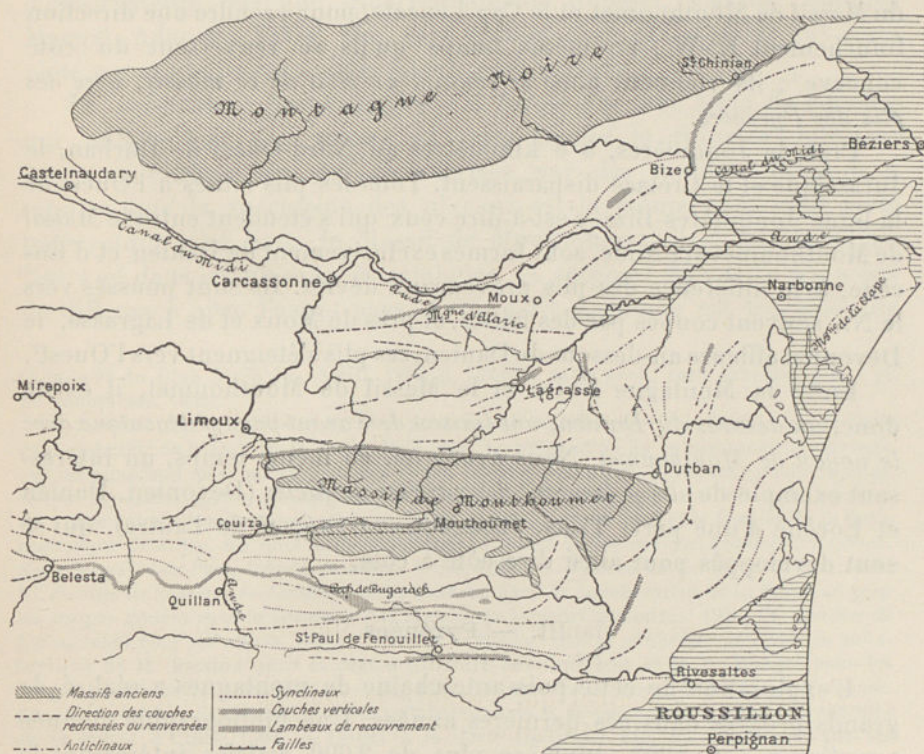


FIG. 199. — La vallée de l'Aude et les Corbières, d'après Emm. de Margerie (Bull. Service Carte Géol. de la France, II, 1890-1891, n° 17, pl. 1).

Échelle de 1 : 800 000 environ.

Corbières. — A l'Ouest de Bize, dans le Minervois, l'Éocène s'étale; au Nord de l'Aude, il n'y a plus aucun pli; le pied de la Montagne Noire est libre, et se trouve pour ainsi dire dans un angle mort. Au Nord des Pyrénées s'élève le massif paléozoïque de Mouthoumet², qui a 45 kilomètres de longueur et jusqu'à 15 de large. Sa série stratifiée est celle de la Montagne Noire. Son bord septentrional se montre refoulé vers

1. Ch. Depéret, Bull. Service Carte géol. de la Fr., VII, 1895-1896, n° 44, p. 86-88, et X, 1898-1899, n° 69, p. 515-517.

[2. Voir les Coupes de la région des Hautes-Corbières, par A. Bresson, dans L. Carez, *La Géologie des Pyrénées Françaises*, fasc. V, 1908, pl. XXVII, fig. 1-15. Texte, p. 2683 et 3276.]

le N. ; des plis mésozoïques venant de l'Ouest s'y incorporent ; le massif est sans doute influencé par le plissement pyrénéen. Malgré cela, il a lui-même dévié les plis mésozoïques. L'angle Nord-Est, près de Durban, joue un rôle très important. Les plis provençaux, formés de Trias, de Jurassique et de Crétacé (à l'exclusion de l'Éocène) et arrivant de la dépression de Narbonne, s'incurvent peu à peu entre le bord oriental du Massif de Mouthoumet et le Cap Leucate, pour prendre une direction franchement E.-W., en même temps qu'ils se renversent du côté concave¹ ; ils viennent ainsi se réunir, au Sud de ce massif, avec les plis des Pyrénées.

Près de Jonquières, à 8 kilomètres au Nord-Ouest de Durban, le Jurassique et le Crétacé disparaissent. Tous les plis situés à l'Ouest de la ligne Jonquières-Bize, c'est-à-dire ceux qui s'étendent entre le Massif de Mouthoumet et l'Aude, sont formés exclusivement de Danien et d'Éocène, à la différence des plis provençaux déviés. Ils sont poussés vers le N., souvent coupés par des failles, et près de Moux et de Lagrasse, le Dévonien affleure au-dessous du Danien ; ces plis s'éteignent vers l'Ouest².

Entre la Montagne Noire et le Massif de Mouthoumet, il existe donc, au-dessous du Danien, une liaison de l'avant-pays paléozoïque avec le noyau de Mouthoumet. Nous avons ici, en même temps, un intéressant exemple de plis présentant deux sortes de faciès (Dévonien, Danien et Éocène d'une part ; Trias, Jurassique et Crétacé de l'autre), qui se sont développés pour ainsi dire côte à côte.

III. — Pyrénées.

L'exploration de cette puissante chaîne de montagnes a réalisé de grands progrès dans ces dernières années. Une bibliographie donnée par Carez, en 1903, énumère plus de 2 000 articles intéressant la Géologie. On peut distinguer trois phases dans ces progrès. La première correspond aux travaux de l'Archiac et de Leymerie³ ; la seconde est marquée par la publication de la carte de Carez, en 1892⁴, et par l'esquisse de la structure de toute la chaîne, publiée presque en même temps par Emm. de Margerie et Fr. Schrader⁵. Dans la troisième

1. Ch. Depéret, Bull. Service Carte géol. de la Fr., XVI, 1904-1905, n° 110, p. 402 : fenêtre de Vingrau, au Nord-Ouest de Rivesaltes.

2. Par exemple, Emm. de Margerie, Notes citées ; A. Bresson, Bull. Service Carte géol. de la Fr., IX, 1897-1898, n° 59, p. 349-352, etc.

3. Voir le mémoire, déjà cité, de D'Archiac sur *Les Corbières* ; A. Leymerie, *Description géologique et paléontologique des Pyrénées de la Haute-Garonne*. In-8°, xvii-1010 p., atlas de 51 pl., carte géol. à 1 : 200 000, Toulouse, 1878-1881 ; et d'autres publications.

4. L. Carez et G. Vasseur, *Carte géologique de la France*, 1 : 500 000. Feuilles X, S.E. ; XI, S.O. ; XI, S.E. ; XIII, N.E. ; XIV, N.O. ; XIV, N.E.

5. Emm. de Margerie et Fr. Schrader, *Aperçu de la structure géologique des Pyrénées*

période, nous pouvons provisoirement citer la monographie de Carez, dont la publication a commencé en 1903¹, l'étude de Bresson sur les terrains primaires des Hautes-Pyrénées (1903)², et les travaux de Léon Bertrand dans l'Est. La réunion de la Société Géologique de France dans les Pyrénées Occidentales, en 1906, a été féconde en résultats pour quelques questions fondamentales³. Les mémoires de Mallada et d'observateurs tels que Stuart-Menteath, Roussel, Caralp, Seunes, Mengel, Adan de Yarza, etc., sans oublier ceux de Lacroix, ont complété nos connaissances dans plusieurs directions.

Le substratum des Pyrénées est formé par une série de couches qui débute par des gneiss et qui, depuis le Silurien inférieur jusqu'au Carbonifère, est caractérisée par des fossiles. Bresson a montré que la succession des niveaux est la même pour cette série paléozoïque que dans le Massif de Mouthoumet, dans la Montagne Noire et dans les montagnes catalanes. A ce point de vue, il n'y a pas de différence avec l'avant-pays. Cette série ancienne est traversée de

(Annuaire du Club Alpin Fr., XVIII, 1891, p. 557-619, carte géol., carte schématique, 1 pl. de panoramas, 1892).

1. L. Carez, *La Géologie des Pyrénées françaises* (Mém. pour servir à l'explic. de la Carte géol. détaillée de la Fr.). In-4°, Paris, 1903-1909. [La publication de ce monumental ouvrage, qui ne comprend pas moins de 3 900 pages de texte et de 39 planches (photographies, coupes générales, cartes géologiques partielles, cartes tectoniques), a eu lieu en six volumes ou « fascicules », consacrés chacun au commentaire d'une ou plusieurs feuilles de la Carte géologique détaillée. En voici la nomenclature : I. *Index bibliographique. Feuilles de Bayonne, Saint-Jean-Pied-de-Port, Orthez, Mauléon, Urdos*, 1903; II. *Feuilles de Tarbes et de Luz*, 1904; III. *Feuilles de Bagnères-de-Luchon et Saint-Gaudens*. Avec la collaboration de L. Bertrand pour les coupes générales et la structure des régions de terrains primaires, 1905; IV. *Feuilles de L'Hospitalet, Foix et Pamiers*, 1906; V. *Feuilles de Prades, Quillan et Carcassonne*. Avec la collaboration de M. Bresson pour la région primaire des Corbières et de M. Mengel pour les coupes générales de la feuille de Prades, 1908; VI. *Feuilles de Céret, Perpignan et Narbonne. Structure générale. Supplément*. Avec la collaboration de M. Bresson pour les coupes générales de la feuille d'Urdos, 1909. — Quant à la *Carte géologique détaillée* elle-même, sur les 18 feuilles qui se rapportent à la région pyrénéenne, 13 ont été publiées de 1900 à 1910 : elles portent les nos 226 (*Bayonne*); 238 (*S^t-Jean-Pied-de-Port*), 239 (*Mauléon*), 240 (*Tarbes*), 241 (*S^t-Gaudens*), 242 (*Pamiers*), 243 (*Carcassonne*), 244 et 245 (*Narbonne et Marseillan*), 250 (*Urdos*), 251 (*Luz*), 252 (*Bagnères-de-Luchon*), 254 (*Quillan*), 255 (*Perpignan*), et ont pour auteurs L. Bertrand, A. Bresson, L. Carez, Ch. Depéret, Doncieux, E. Fournier, L. Lacroix, G. Loutré, J. Seunes, P. Termier, C. Vasseur. Il ne reste plus à paraître que les feuilles 227 (*Orthez*), au N. W., 253 (*Foix*), au centre, et 256 (*L'Hospitalet*), 257 (*Prades*), 258 (*Céret*), longeant la frontière d'Espagne, au S.E. Un premier essai de coordination d'ensemble a été présenté en 1910, à propos de l'Exposition Universelle Internationale de Bruxelles, par L. Bertrand : *Notice sommaire sur le panneau des Pyrénées françaises, du Sud de l'Aquitaine et de la Montagne-Noire* (Ministère des Travaux Publics. Carte géologique de la France et Topographies Souterraines. In-8°, Paris, Impr. Nationale, 1910, p. 7-100; résumé, par P. Lemoine, dans *La Géographie*, XXIII, 1911, p. 133-136, 2 fig.); voir aussi L. Carez, *Résumé de la Géologie des Pyrénées* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4° sér., X, 1910, p. 425-427, 480, 670-681.)]

2. A. Bresson, *Études sur les formations anciennes des Hautes et Basses-Pyrénées (Haute-Chaîne)*. (Bull. Service Carte géol. de la Fr., XIV, 1902-1903, n° 93, p. 45-322, pl. I-VII : coupes et cartes).

3. *Réunion extraordinaire de la Société Géologique de France dans les Pyrénées Occidentales (Luz, Gavarnie, les Eaux-Chaudes)*. (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4° sér., VI, 1906, p. 777-852).

batholithes granitiques qui sont d'âge anté-permien, et qui manquent dans le Massif de Mouthoumet. Les recherches de Lacroix sur ces batholithes offrent un grand intérêt, en ce qui concerne la mise en place du granite par digestion des roches encaissantes¹.

Les Altaïdes jouent un rôle très important dans la structure des Pyrénées, où elles sont désignées sous le nom de « série primaire ». A l'intérieur du Massif de Mouthoumet, des plis de direction S.W. se rencontrent avec d'autres plis orientés à peu près E.-W.². Au milieu des Pyrénées, on trouve des régions où le Permien rouge et le Crétacé supérieur de teinte claire reposent en transgression sur ces plis anciens; c'est la même succession qu'en Bohême et dans certaines parties du Haut-Atlas. A l'extérieur de ces parties anciennes se trouvent, au Nord et au Sud, des plis plus récents. La série secondaire n'offre aucun caractère pélagique jusqu'au Crétacé. Le seul symptôme de cette nature est fourni par la découverte, due à Caralp, de fossiles permien marins dans une des avant-chaines du Nord³. Le Trias est représenté par du gypse, des marnes salifères et des cargneules.

Le Nord. — Les plis provençaux passent derrière le Massif de Mouthoumet. En même temps qu'ils réapparaissent à l'Ouest, après s'être coudés à angle droit, pour former la partie septentrionale des Pyrénées, on voit se manifester la poussée énergique, venant du Sud, à laquelle ils ont été soumis. Le Massif de Mouthoumet acquiert ainsi une situation analogue à celle du Massif d'Oufa, en avant de l'Oural, et à celle du Massif des Adirondacks, en avant des Appalaches. La bordure septentrionale des Pyrénées est soumise vers l'Ouest à une virgation forcée qui

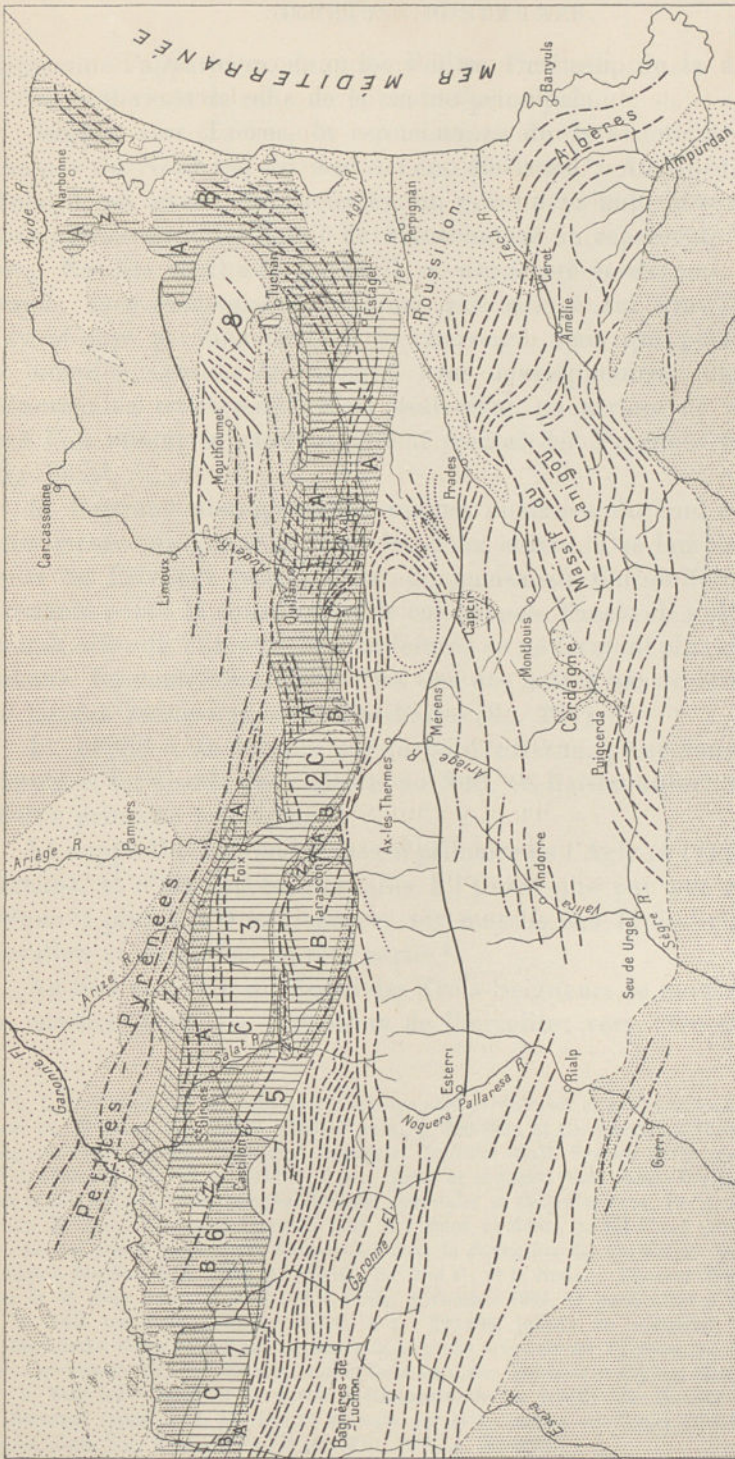
1. A. Lacroix, *Le granite des Pyrénées et ses phénomènes de contact*, I (Bull. Service Carte géol. de la Fr., X, 1898-1899, n° 64, p. 241-308, pl. I-III); II (Ibid., XI, 1899-1900, n° 71, p. 50-I à 50-LXVIII, 3 pl.).

2. L. Bertrand, *Sur l'allure des plis anciens dans les Pyrénées centrales et orientales* (C. R. Acad. Sc., CXLIV, 1907, 1^{re} sem., p. 289-292, carte); L. Bertrand compare cette jonction avec le rebroussement qui se produit dans le Plateau Central.

3. J. Caralp, *Le Permien de l'Arizège, ses divers faciès, sa faune marine* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., III, 1903, p. 635-650). Dans le Nord de l'Europe, le Permien marin existe également, sous la forme du Zechstein; mais on n'en connaît pas dans les Alpes, et les gisements découverts par Caralp correspondent à ceux de l'Europe Méridionale et des Dinarides; d'après Haug, ils renferment des espèces de la Sicile et de l'Oural.

LÉGENDE DE LA FIGURE 200.

1. Terrains postérieurs aux plissements pyrénéens (Aquitainien, Miocène, Pliocène et Quaternaire);
 2. Terrains Éocènes et Crétacés de la région sous-pyrénéenne et du versant méridional; 3. Nappe pré-pyrénéenne (Cénomaniens, etc.); 4. Nappes nord-pyrénéennes (Jurassique, Crétacé inférieur et moyen); 5. D^o (Terrains primaires); 6. Terrains primaires de la zone centrale (Haute-Chaîne) et du massif autochtone de Mouthoumet; 7. Anticlinaux; 8. Synclinaux 9. Contacts anormaux; 10. Direction des couches.
- Massifs primaires isolés dans la zone nord-pyrénéenne : 1. Massif de l'Agly; 2. Massif du Saint-Barthélemy; 3. Massif de l'Arize; 4. Massif des Trois-Seigneurs; 5. Massif de Castillon; 6. Massif d'Aspet-Milhas; 7. Massif de la Barousse



- 1 [Pattern: Dotted]
- 2 [Pattern: Horizontal lines]
- 3 [Pattern: Diagonal lines (top-left to bottom-right)]
- 4 [Pattern: Vertical lines]
- 5 [Pattern: Horizontal lines (wider spacing)]
- 6 [Pattern: Empty box]
- 7 [Pattern: Dashed lines]
- 8 [Pattern: Dotted (coarser)]
- 9 [Pattern: Solid line]
- 10 [Pattern: Dotted (finest)]

FIG. 200. — Croquis tectonique de la partie Nord-Est des Pyrénées, d'après une esquisse de Léon Bertrand (*Bull. Service Carte géol. de la France*, XVII, 1906-1907, n° 118, p. 371, fig. 1), complétée par l'auteur. — Échelle 1 : 1 250 000.

détermine l'apparition, dans les Petites Pyrénées, de la direction du N.W., différente de celle de la chaîne principale.

Jusque vers Tarbes, la connaissance de la structure des hautes chaînes du Nord-Est est due à Léon Bertrand¹. Au Nord, on trouve d'abord, en avant des Pyrénées, un avant-pays autochtone (I, *Région sous-pyrénéenne*); le Massif de Mouthoumet en représente le substratum. Ensuite vient une nappe (I, a, *nappe pré-pyrénéenne*, Léon Bertrand; *zone cénomanienne*, Carez) qui est, il est vrai, séparée de l'avant-pays par une surface de charriage, mais qui possède encore la même succession de couches, avec développement important du Cénomaniens transgressif. C'est seulement en arrière de cette nappe que l'on atteint le chevauchement frontal des Pyrénées elles-mêmes (fig. 201)².

L. Bertrand distingue trois nappes charriées du Sud au Nord, la plus élevée masquant souvent les deux autres. Des lambeaux importants de Primaire (série allant du gneiss au Carbonifère inférieur) prennent part à la constitution de ces nappes. Tantôt ils s'élèvent à une grande altitude, et tantôt ils sont écrasés en ne formant plus que d'étroits rubans. Ils demeurent séparés les uns des autres par de longues zones ou bandes mésozoïques intermédiaires (fig. 201).

La nappe A se montre sur le bord externe, passe sous les autres nappes et est visible par endroits au Sud, en liaison autochtone avec la chaîne primaire principale.

La nappe B comprend le massif primaire de l'Agly (à l'Ouest de Perpignan), et n'est représentée plus à l'Ouest que par une zone mésozoïque³; plus à l'Ouest encore, les massifs des Trois-Seigneurs, de Castillon et de Milhas en font partie⁴.

Au Sud et à l'Est du Massif des Trois-Seigneurs se montre un liséré de marbre avec des intrusions de lherzolite; vers l'Ouest, la zone

1. L. Bertrand, *Sur les nappes de charriage nord-pyrénéennes et pré-pyrénéenne, à l'ouest de la Neste* (C. R. Acad. Sc., CXLV, 1907, 2^e sem., p. 890-892), et *Contribution à l'histoire stratigraphique et tectonique des Pyrénées Orientales et Centrales* (Bull. Service Carte géol. de la Fr., XVII, 1906-1907, n° 118, p. 365-547, 5 pl. : cartes et coupes); [Voir aussi : *Esquisse de la structure et de l'histoire géologique des Pyrénées Orientales et Centrales* (Ass. Fr. Av. Sc., Compte rendu 37^e sess., Clermont-Ferrand, 1908, II : Notes et Mém., p. 464-473, 1 carte dans le t.); *Le rôle des grands mouvements horizontaux dans la formation des chaînes de montagnes* (Rev. générale des Sc., XIX, 1908, p. 152-162, fig. 2 et 4); et la Notice : *Titres et Travaux scientifiques de M. Léon Bertrand*. In-4°, 78 p. Paris, Novembre 1909, en particulier p. 6-12 et 15-17.]

[2. Voir les deux grandes cartes, à 1 : 320 000, jointes au mémoire, déjà cité, de L. Bertrand : *Carte géologique provisoire de la partie orientale des Pyrénées* (pl. I), et *Essai de Carte structurale des Pyrénées Centrales et Orientales, des Corbières et Régions voisines* (pl. II).]

[3. Voir les coupes de la partie méridionale de la feuille de Quillan données par L. Bertrand (mém. cité, pl. III); et sa note *Sur la tectonique des Gorges de l'Aude en amont d'Axat* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér. VIII, 1908, p. 510-519).]

[4. L. Bertrand, mém. cité, pl. V : coupes.]

mésozoïque s'élargit et les intrusions basiques continuent. Grâce à deux fenêtres d'érosion pratiquées dans la nappe B, au Nord-Est et au Nord-Ouest ¹ du Pic des Trois-Seigneurs, l'avant-pays pré-pyrénéen et en partie aussi le Crétacé affleurent en pleine montagne; la présence de la nappe A peut être constatée, sous forme de restes laminés, sur le pourtour de ces fenêtres, au-dessous de la nappe B et au-dessus de l'avant-pays mis au jour ².

La nappe C, la plus élevée, se compose principalement de massifs primaires; on doit considérer comme tels ceux du Saint-Barthélemy, de l'Arize (au Nord des Trois-Seigneurs), et peut-être aussi celui de la Barousse.

Ces résultats pleins d'intérêt, que M. Léon Bertrand a eu l'amabilité de me rendre plus sensibles en me communiquant des cartes inédites, font songer aux Alpes par le charriage de grandes masses du substratum ancien et aussi par la présence de bandes de marbre et d'intrusions basiques. Les Trois-Seigneurs et la nappe A occupent la même situation que la Haute-Tatra, dans les Carpathes. L. Bertrand considère les nappes comme des « replis » de la haute chaîne primaire méridionale; en outre, il signale ce fait que les nappes sont nettement limitées au Sud par des zones mésozoïques, tandis qu'elles sont reliées au Nord par une enveloppe commune de marnes albiennes, dans lesquelles les charnières des anticlinaux sont conservées, et qui auraient peut-être joué un rôle analogue au Flysch alpin.

A l'Est du point où l'Ariège sort de la région montagneuse se dressent quelques plis de Crétacé et d'Éocène, orientés W.N.W.; ces rides s'écartent de plus en plus de la direction des Pyrénées et forment bientôt la chaîne assez bien individualisée des *Petites Pyrénées*. A l'Ouest du cours médian de la Garonne s'étend un cône de déjection très aplati, facile à discerner sur la carte grâce à la disposition en éven-

[1. C'est la fenêtre crétacée d'Oust-Massat; L. Bertrand, mém. cité, pl. IV : carte géol.]

[2. La découverte d'affleurements du Crétacé supérieur au-dessous de la nappe B, entre les massifs de Castillon et de Milhas, est venue confirmer d'une manière aussi brillante qu'inattendue la justesse de l'interprétation précédente; L. Bertrand, *Sur l'existence d'une nouvelle fenêtre de terrains prépyrénéens au milieu des nappes nord-pyrénéennes, aux environs d'Arbas, Haute-Garonne* (C. R. Acad. Sc., CXLVII, 1908, 2^e sem., p. 717-720); *Feuilles de Quillan, Foix et Bagnères-de-Luchon* (Bull. Service Carte géol. de la Fr., XIX, 1908-1909, n^o 122, p. 95-102, carte géol. et carte tectonique hors texte).]

LÉGENDE DE LA FIGURE 201.

- γ. Granites; ζ. Gneiss et Micaschistes; sx. Schistes à séricite; s². Ordovicien; s³. Gothlandien; d. Dévonien; h. Carbonifère; rt. Grès permo-triasiques; t. Trias avec ophites; J. Jurassique et Lias. c¹. Calcaires urgo-aptiens; Jc^m. Faciès marmoréen du Jurassique et du Crétacé inférieur avec Iherzolites; c². Schistes albiens; c³. Cénomaniens; c⁴. Crétacé supérieur; c⁵. Maestrichtien; g. Garumnien; e¹. Calcaire à Miliolites; e². Marnes nummulitiques; e³. Poudingues de Palassou. — A, B, C. Nappes nord-pyrénéennes et zone primaire centrale; Z. Nappe pré-pyrénéenne; c¹-e³. Terrains sous-pyrénéens. — Échelle (longueurs et hauteurs) : 1 : 200 000.

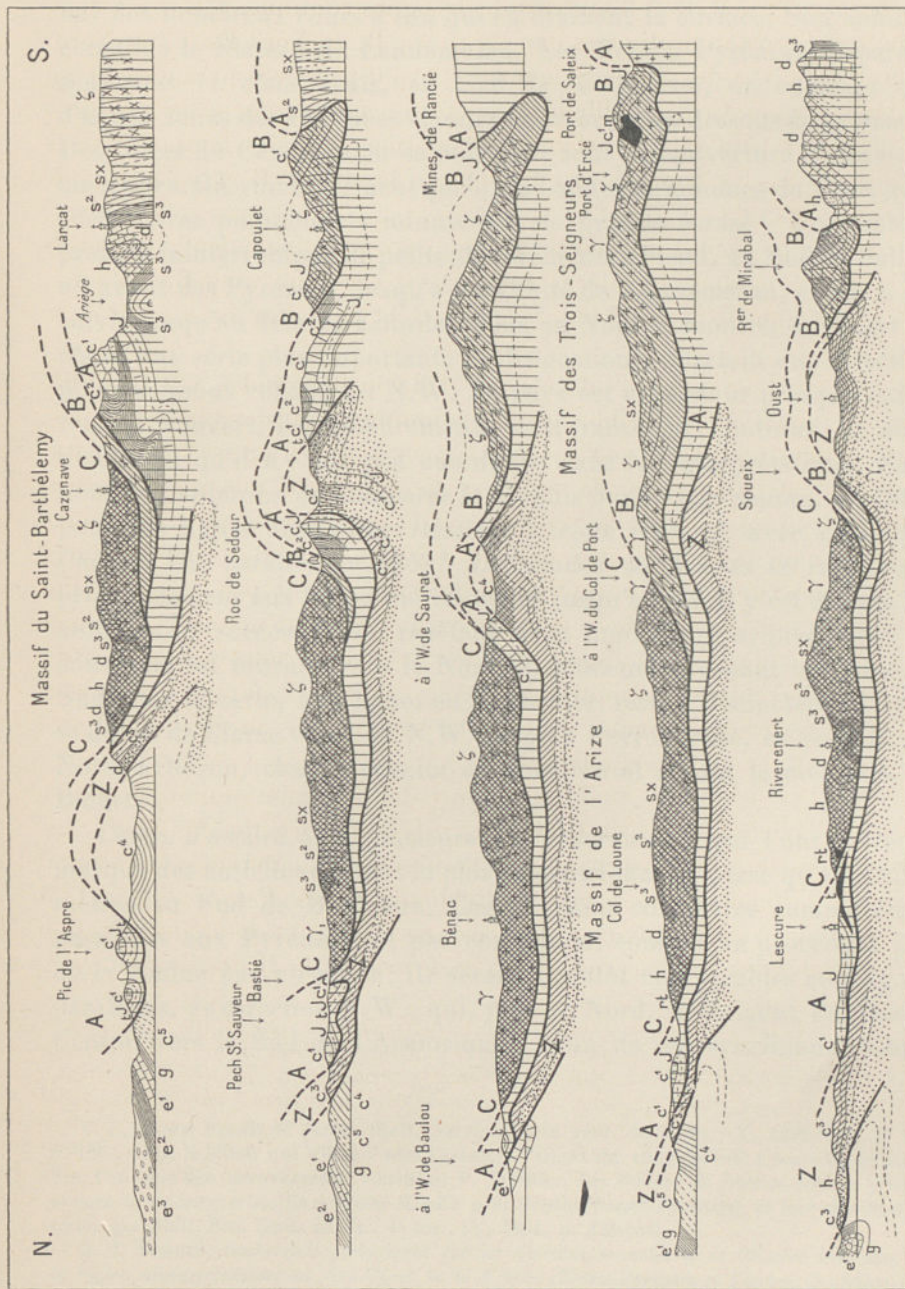


Fig. 201. — Coupes structurales des Pyrénées Ariégoises, d'après Léon Bertrand (*Bull. Service Carte géol. de la France*, XVII, 1906-1907, n° 118, pl. V, fig. 3, 5, 6, 7, 9).

tail des nombreux cours d'eau qui en drainent la surface. Son sommet constitue le Plateau de Lannemezan. Les Petites Pyrénées disparaissent sous ce cône; mais, au Sud de ce chaînon, on constate que d'autres zones des Pyrénées viennent s'amorcer au-dessous de sa masse. Des traces du Cénomaniens se montrent sous la couverture d'alluvions anciennes. On voit également quelques bandes autonomes de Trias gypsifère, avec pointements minuscules de granite écrasé¹. Une traînée presque ininterrompue de petits affleurements s'étend, au Sud de Salies, en avant des Pyrénées, jusqu'à proximité de Lannemezan, et elle a été suivie jusqu'au delà de Lourdes. Plus au Nord se montre, à l'Ouest du cône, une série plus importante de dislocations, affectant une direction plus ou moins voisine du N.W. Le pays est cependant presque entièrement couvert, les affleurements sont rarement continus, et ainsi s'explique qu'il n'y ait pas unanimité dans les interprétations. Nous nous contenterons de comparer le croquis donné par Seunes, en 1890, pour les lignes directrices relatives à cette région², avec celui que Carez a fait paraître en 1903³. Les études de Seunes se rapportent principalement aux lignes méridionales jusqu'à Dax. Il y est dit que les anticlinaux successifs se répètent avec une allure arquée dont la convexité est tournée vers le Nord, le plissement venant toujours du Sud. Sur la carte, une ligne, en particulier, ressort distinctement; elle se dirige de Clarac vers l'W.N.W. jusqu'à Peyrehorade, en passant au Nord d'Oloron, change ensuite de direction et atteint la mer près de Bidart.

Carez, d'accord avec plusieurs des observateurs qui l'ont précédé, marque des anticlinaux dont le plus septentrional ne passe qu'à 28 kilomètres au Sud de Bordeaux. Ces plis sont considérés comme étant parallèles aux Pyrénées, et par conséquent comme ne procédant pas de la chaîne par virgation; ils seraient plutôt comparables aux lignes parallèles, de direction N.W., qui, plus au Nord, se dirigent du Massif Central vers le Sud de l'Armorique⁴. L'un de ces synclinaux, toute-

1. L. Carez, *Feuille de Tarbes* (Bull. Service Carte géol. de la Fr., X, 1898-1899, n° 63, p. 166); dans le sillon qui s'étend vers Tarbes, à l'Ouest du cône, pointe encore du granite. Sur l'énergie des mouvements, consulter P. Termier, *Les brèches de friction dans le granite et dans le calcaire cristallin à Moine-Mendia, près Hélette (Basses-Pyrénées), et leur signification tectonique* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., IV, 1904, p. 833-838).

2. J. Seunes, *Recherches géologiques sur les terrains secondaires et l'Éocène inférieur de la région sous-pyrénéenne du Sud-Ouest de la France (Basses-Pyrénées et Landes)* (Annales des Mines, 8^e sér., XVIII, 1890, p. 209-458, pl. I-IX : carte et coupes; en particulier p. 412 et suiv.).

3. L. Carez, *La Géologie des Pyrénées françaises*, I, 1903, p. 671 et suiv., pl. II : carte des plis de la zone sous-pyrénéenne occidentale. Un croquis de la région où ces lignes sont recoupées par la Garonne, assez différent de l'interprétation antérieure de Leymerie, est donné par L. Carez dans le Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., II, 1902, pl. XVII, fig. 7.

[4. Voir ci-dessus, p. 598, fig. 111.]

fois, celui qui s'étend de Pau vers Gaas, au Nord de Peyrehorade, est représenté comme ayant bien la courbure observée par Seunes.

Il est certain que les dislocations sont encore visibles à une distance tout à fait inattendue des Pyrénées; des ophites les accompagnent également jusqu'au voisinage de Dax.

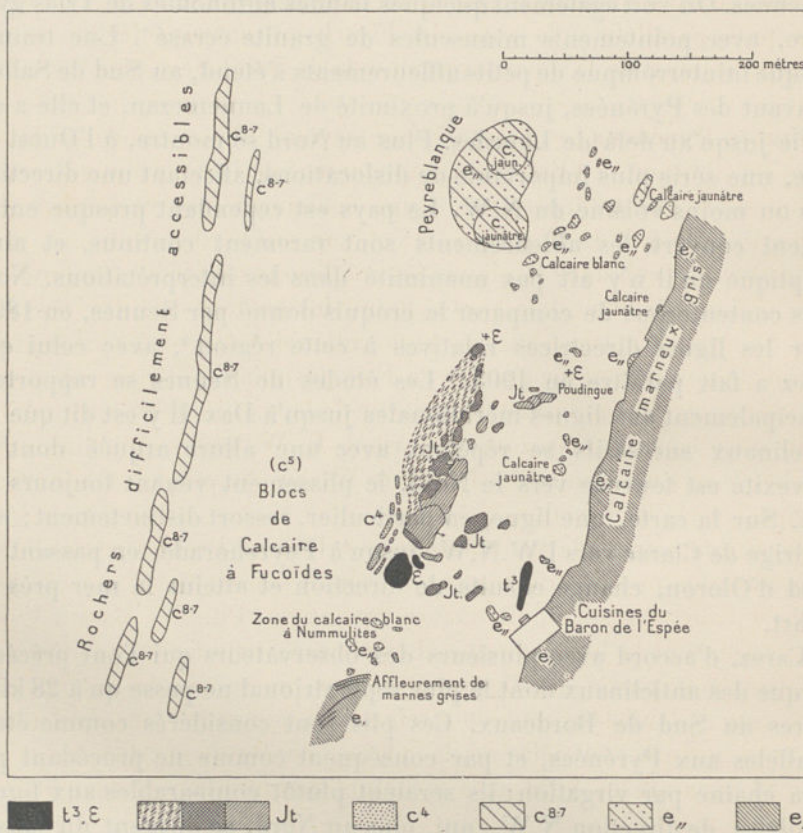


FIG. 202. — Croquis des Rochers de la Plage, au Sud de Biarritz, d'après H. Douvillé et L. Bertrand (*Carte géologique détaillée de la France*, feuille 226 : Bayonne, 1905).

t³. Argile gypsifère du Trias; ε. Ophite (le signe + indique les blocs non en place); Jt. Jurassique (Calcaires, brèches et poudingues); c⁴. Cénomaniens; c⁵. Calcaire à Fucoides; c⁶⁻⁷. Sénonien et Danien; e₁. Calcaire blanc à Nummulites et calcaire jaunâtre (Lutétien inférieur et moyen); e₂. Calcaire marneux gris (Lutétien supérieur). — Échelle de 1 : 6 000.

La courbure est commandée, comme l'a d'ailleurs reconnu Seunes, par la présence d'un élément étranger qu'elle contourne. C'est le massif granitique et gneissique du Labourd, large et peu élevé, surgissant au Sud de Hasparren; à 20 kilomètres de celui-ci, sur la frontière espagnole, on trouve en outre le massif granitique de La Aja (ou Haya), long de 12 kilomètres, qui est traversé dans sa partie septentrionale par la Bidassoa et qui forme un prolongement du Labourd.

Cette disposition générale est rendue plus frappante encore par ce fait que, à peu de distance au Sud de Biarritz, on voit sortir de la mer une série de rochers s'alignant au S.S.W., dont les terrains constitutifs affectent une variété prodigieuse (fig. 202), et dont en même temps la direction correspond sensiblement à celle que prendrait une ligne analogue entourant à distance le Massif du Labourd; elle se montre de plus à peu près parallèle à la zone du Flysch qui entoure le gneiss de Labourd, le long de la mer, jusqu'au delà de Saint-Sébastien¹.

Hautes Pyrénées. — L'espace qui revient à cette portion de la chaîne est diminué, à l'Est, par l'empiétement de l'effondrement récent du Roussillon : cette dépression coupe également une partie des plis provençaux, venant du Cap Leucate; et, sur son bord méridional, près de la sortie du Tech dans la plaine, les conditions sont très compliquées. En revanche, vers l'Ouest, la haute chaîne devient tout de suite très continue. Sa largeur mesure, suivant le méridien d'Andorre, 72 kilomètres environ depuis le Sud du granite de Foix jusqu'au voisinage du point où le Sègre sort des montagnes. A partir de là, sa limite septentrionale, du côté de la bordure mésozoïque, s'oriente E.-W, tandis qu'à l'intérieur de la haute chaîne domine la direction W. 30° N. et que le bord Sud se rapproche de la direction N.W.

De cette manière, la largeur diminue vers l'Ouest. Près d'Urdo, elle ne comprend plus que 22 kilomètres environ. A peu de distance à l'Ouest, au Pic d'Anie, elle se réduit encore davantage. Puis les Basses-Pyrénées remplacent la haute chaîne. Les terrains primaires, qui forment la plus grande partie des Hautes Pyrénées, ne se montrent plus que sous forme de lambeaux de recouvrement ou de bandes pincées. Un peu plus loin encore, au delà de la plaine de Mauléon, le gneiss du Labourd apparaît au Nord et la structure des montagnes devient tout autre.

Nous avons dit que, sur le Tech, les conditions se montraient très compliquées. D'après les descriptions fort instructives données par Mengel, l'état des choses, à l'Est, est le suivant :

Les terrains primaires forment un large massif, qui porte le nom de son sommet le plus septentrional, le *Roc de France* (1 449 m.), au Sud de Céret. Sa limite se dirige de la haute vallée du Ter vers le N.E., traverse la frontière espagnole au Nord-Est de Camprodon, reste paral-

1. Des cartes de ces récifs ont été données par L. Bertrand (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., II, 1902, pl. 1) et par H. Douvillé (Ibid., 4^e sér., V, 1903, p. 23, fig. 2). La série de terrains suivants y est représentée : Trias et ophite, calcaire jurassique modifié, Cénomannien, Sénonien, Danien et plusieurs étages de l'Éocène. Toutes les dislocations sont antérieures à l'Aquitainien.

lèle au Tech jusqu'au delà d'Amélie-les-Bains et s'incurve entre Céret et le Roc de France vers le S.E. Avec cette direction, elle arrive par Masarach à la plaine qui entoure le Golfe de Rosas. Il n'existe que de faibles lambeaux mésozoïques sur la bordure. Tout *ce Massif du Roc de France est poussé vers le Nord*, comme un coin largement émoussé, qui pénétrerait de l'Espagne dans la haute chaîne.

A l'Ouest du Tech et de la limite Camprodon-Amélie les Bains, que jalonne un liséré très resserré de Dévonien et de Carbonifère, se trouve le large massif primaire du Canigou; celui-ci *est poussé vers le Sud, de telle sorte que la ligne du haut Tech peut être considérée comme la limite de ces deux mouvements*¹.

A partir de là, tout le Sud des Hautes Pyrénées est poussé vers le Sud et, pour une large part, se décompose en écaïlles regardant dans cette direction. C'est ainsi, par exemple, que les montagnes espagnoles situées au Sud du massif granitique qui porte la Maladetta (3404 m.) sont constituées par des plis ou des écaïlles de terrains paléozoïques déversés vers le Sud. Le Trias y est, comme au Nord, formé de gypse et d'ophite; il se montre sous la forme d'un étroit liséré, précédant les couches mésozoïques².

Grâce au zèle des géologues français, en tête desquels il faut nommer ici Bresson et Carez, on peut se faire une idée nette de la structure de la haute chaîne dans la vallée du Gave de Pau, qui sort de la région montagneuse à Lourdes, et dans la vallée voisine du Gave d'Ossau, située plus à l'Ouest³. Au Sud de Lourdes, la bordure mésozoïque se dirige de l'E. à l'W.; elle est constituée par du Crétacé inférieur, avec du Jurassique et un peu de Trias; les plis sont déjetés vers le N. En aval d'Argelès, ils se terminent brusquement le long d'une dislocation abrupte, de direction E.-W. Les marnes aptiennes s'y montrent très

1. O. Mengel, Bull. Service Carte géol. de la Fr., XVI, 1904-1905, n° 110, p. 414-422, et XVII, 1905-1906, n° 115, p. 217-225, carte des massifs du Canigou et du Roc de France face à la p. 124 (220). [Voir aussi O. Mengel, *Feuilles de Prades et Céret (Albères et Cerdagne)*. (Ibid., XVIII, 1907-1908, n° 119, p. 110-117, carte en regard de la p. 111); *Feuille de Prades* (Ibid., XIX, 1908-1909, n° 122, p. 124-130; XX, 1909-1910, n° 126, p. 132-145); Ch. Depéret et G. Loutrel, *Feuille de Céret* (Ibid., XIX, 1908-1909, n° 122, p. 108-119; XX, 1909-1910, n° 126, p. 120-125); O. Mengel, *Sur la tectonique du revers méridional des massifs du Canigou et du Puigmal* (C. R. Acad. Sc., CXLVIII, 1909, 1^{er} sem., p. 1347-1350).]

2. L. Bertrand, Bull. Service Carte géol. de la Fr., XVI, 1904-1905, n° 105, p. 110. [Voir aussi O. Mengel, *Coupe du versant méridional des Pyrénées au Nord de la Province de Barcelone* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., X, 1910, p. 475-478); *Stratigraphie et tectonique de l'ilot primaire de La Guardia entre le Sègre et la Noguera Pallaresa* (C. R. Acad. Sc., CLI, 1910, 2^e sem., p. 836-839).]

3. Comme sources principales il faut indiquer le mémoire déjà mentionné de Bresson (Bull. Service Carte géol. de la Fr., XIV, 1902-1903, n° 93), puis l'ouvrage de L. Carez : *La Géologie des Pyrénées françaises*, fasc. IV : *Feuilles de Tarbes et de Luz*, 1904, et surtout le compte rendu de la Réunion extraordinaire de la Société Géologique de France dans les Pyrénées Occidentales (Bull., 4^e sér., VI, 1906, p. 777-825).

nie et à l'Est par le Cirque de Troumouse. Dans les parties profondes de la fenêtreaffleure le substratum, constitué par du Silurien inférieur (S_{1-3} , fig. 204) métamorphisé par du granite, puis au-dessus, en liaison autochtone, le Campanien à Rudistes, et sur ces couches crétaées, jusqu'aux hautes cimes du Piméné, du Mount-Herran et du Pic de la Munia (3 150 m.), la partie de la nappe isolée par la fenêtre (fig. 205). Bresson suppose que le grand mouvement vers le Sud s'est effectué sur

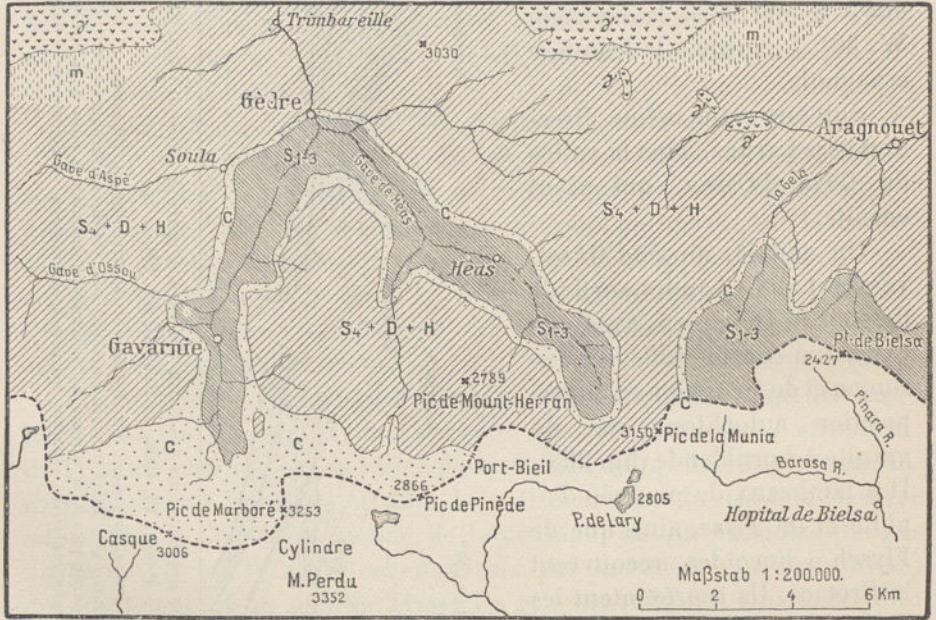


FIG. 204. — La frontière franco-espagnole aux Environs de Gavarnie, d'après la feuille de Luz (251) de la *Carte géologique détaillée de la France*.

S_{1-3} . Silurien métamorphisé par du granite; $S_4 + D + H$. Silurien supérieur, Dévonien et Carbonifère; C. Crétacé supérieur; γ. Granite; m. Zone de contact du granite.

la puissante série des schistes à Graptolites. Il en résulte que, comme le substratum appartient au Silurien inférieur, on pourrait avoir une succession de couches parfaitement normale en apparence, si le Crétacé avait tout à fait disparu par laminage. En tous cas, si l'on en juge par la superposition autochtone du Crétacé, S_{1-3} doit avoir été décapé antérieurement au dépôt de ce terrain.

Le fond du Cirque de Gavarnie forme une muraille gigantesque de Campanien et de Danien énergiquement plissés. La nappe paléozoïque ne s'étend donc pas jusque-là. A la montée du Port de Gavarnie, sa limite est très fortement redressée vers le Crétacé¹.

1. L. Carez, *La Géologie des Pyrénées françaises*, II, 1904, pl. IX, fig. 2; au Port-Bieil

Comme ce Crétacé redressé se rattache à celui de la fenêtre, cette limite ne peut pas être une faille. Les plis des calcaires crétacés, empilés les uns sur les autres, constituent ensuite, le long de la frontière espagnole, une série de sommets dont l'altitude dépasse 3000 mètres (Marboré, 3253 m.), et ils forment, au delà de la frontière, le Mont-Perdu (3352 m.). En outre, tant au Marboré que dans la région des cimes du Mont-Perdu, on a trouvé des Nummulites.

D'après cela, il semble que le substratum S_{1-3} a possédé un revêtement autochtone s'étendant du Campanien à l'Éocène; tout ce revêtement serait ensuite devenu solidaire de la nappe charriée qui le recouvre, et elle l'aurait entraîné et laminé jusqu'à son terme le plus profond, dans lequel les Hippurites sont transformés en disques ressemblant à des assiettes. Le redressement et le gonflement subits de cette couverture dans le Cirque de Gavarnie et le long de la frontière espagnole n'auraient peut-être pas d'autre signification qu'une turgescence brusque,

sur le versant Sud-Est du Piméné, on voit encore plus nettement le recouvrement du Campanien et du Danien (Ibid., pl. VIII, fig. 2); sur les relations du Crétacé et des terrains de recouvrement, voir Bresson, mém. cité, p. 292-

298, et ailleurs. Le nom de Piméné n'a pas été gravé sur la fig. 204; il devrait être placé près de l'extrémité Nord de $S_4 + D + H_1$, au Sud de Gèdre. [Pour les prolongements de la grande nappe de recouvrement des environs de Gavarnie vers le S.E., au Sud de la frontière espagnole (Cirque de Barrosa, Espierba, P^a Suelza, vallée de Gistaïn), voir la thèse de M. Dalloni, *Étude géologique des Pyrénées de l'Aragon*. In-4^o, Marseille, 1910, p. 367-381, carte tectonique à 1 : 800 000 et carte géol. à 1 : 200 000 à la fin du vol., coupes fig. 30-38.]

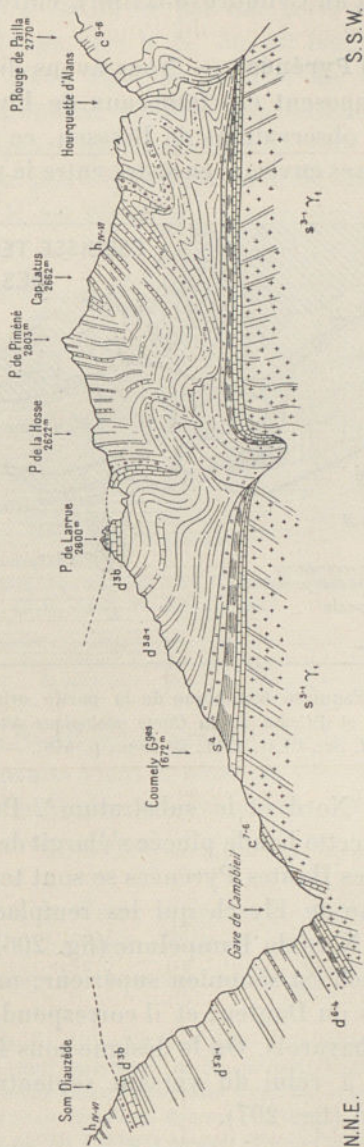


FIG. 205. — Coupe de la nappe de recouvrement des Environs de Gavarnie, d'après A. Bresson (Bull. Service Carte Géol. de la France, XIV, 1902-1903, n° 93, pl. IV, fig. 2).

S^{1-2} , S^{3-4} , S^{5-6} , Silurien moyen granitifié; d^{1-4} , d^{2-3} , d^{3-4} , d^{4-5} , Dévonien inférieur (Schistes et grauwackes fossilifères); d^{1-4} , Calcaire à Polyptères siliceux; d^{1-4} , Calcaire dolomitique (Dalle) du Dévonien moyen et supérieur; h^{1-6} , Schistes et quartzites du Carbonifère inférieur (Dinantien); c^{1-2} , c^{3-4} , c^{5-6} , Crétacé supérieur. — Échelle des longueurs 1 : 80 000; échelle des hauteurs 1 : 50 000.

sur le bord de la nappe qui la comprimait. Avec ces faits s'accorde d'ailleurs la description qu'Emm. de Margerie a donnée, dès 1886, de synclinaux crétaçés s'empilant les uns sur les autres et s'ouvrant vers le Sud, notamment au Cylindre (3327 m.), entre le Marboré et le Mont-Perdu¹.

Basses Pyrénées. — Nous avons dit que sur le Crétacé des Eaux-Chaudes reposent des lambeaux de Flysch à Fucoïdes. Vers l'Ouest, d'après les observations de Bresson, ce Flysch se prolonge encore sur 30 kilomètres environ, encastré entre la nappe de charriage paléozoïque

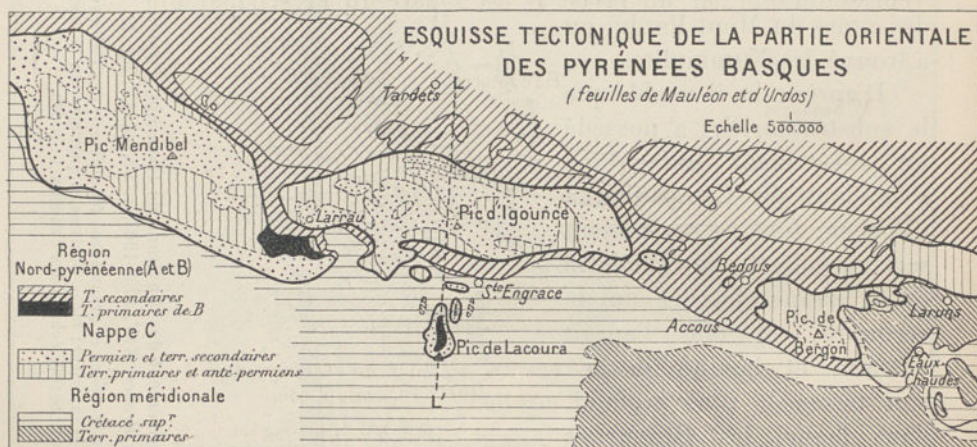


FIG. 206. — Esquisse tectonique de la partie orientale des Pyrénées Basques (feuilles de Mauléon et d'Urdos de la Carte géologique détaillée de la France), d'après L. Bertrand (C. R. Acad. Sc., CLII, 1911, 1^{er} sem., p. 478). — LL'. Tracé de la coupe fig. 207.

venant du Nord et le substratum². Puis, au Nord du Pic d'Anie (2 504 m.), cette bande pincée s'élargit de plus en plus; elle forme enfin, après que les Hautes Pyrénées se sont terminées au Pic d'Anie, l'importante chaîne de Flysch qui les remplace et qui, de Sainte-Engrace, s'étend au Nord de Pampelune (fig. 206).

Ce Flysch est sénonien supérieur; on trouve à sa partie supérieure des fossiles du Danien; et il correspond, par conséquent, comme âge, au Flysch bavarois. On le désigne sous le nom de Flysch espagnol, par opposition à celui du versant septentrional, qui est regardé comme cénomaniens (fig. 207).

1. Emm. de Margerie, *Notes géologiques sur la région du Mont-Perdu* (Annuaire du Club Alpin Fr., XIII, 1886, p. 609-625); H. Douvillé et L. Bertrand attribuent également ces plis à un simple « refoulement » (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., VI, 1906, Réunion extraord. dans les Pyrénées Occid., p. 820-825).

2. A. Bresson, *Feuille d'Urdos* (Bull. Service Carte géol. de la Fr., XVI, 1904-1905, n° 110, p. 385-392, carte de la p. 390 [reprod. ci-après, p. 920, fig. 208]).

Nous emprunterons aux travaux d'Eug. Fournier la coupe transversale suivante des Basses Pyrénées¹ :

Au Nord se trouve la plaine crétacée de Mauléon. Puis vient un long anticlinal. Le versant Nord est formé par une série normale qui s'étend jusqu'au Trias; elle plonge vers le N. ou est légèrement renversée dans cette direction. Dans l'axe se montre du Carbonifère inférieur ou un puissant conglomérat permien (poudingue de Mendibelza). Le versant Sud est toujours fortement couché vers le S.; mais le flanc méridional n'est que peu développé, et n'est généralement représenté que par du Trias. Il est séparé du Flysch par une surface

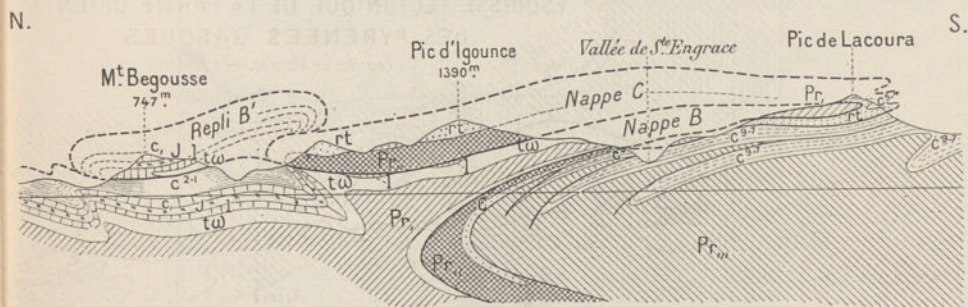


FIG. 207. — Coupes des Pyrénées Basques au Sud de Tardets, d'après L. Bertrand (C. R. Acad. Sc., CLII, 1911, 1^{er} sem., p. 640).

Pr, Pr_m, Pr_m. Terrains primaires anté-permiens des nappes B, C de la zone axiale; rt. Poudingues et grès permo-triasiques; tω. Trias gypseux et ophiolite; l. Lias; J. Jurassique; c. Aptien; c²⁻¹. Albien; c¹⁻¹. Cénomaniens; c³⁻¹. Crétacé supérieur. — Échelle de 1 : 160 000 (longueurs et hauteurs).

de charriage plongeant vers le Nord, qui se poursuit sur toute l'étendue de cette partie de la chaîne. Ensuite vient la série du Flysch et des calcaires crétacés, qui occupe des altitudes beaucoup plus grandes et qui forme dans cette région l'axe orographique des Pyrénées (Pic d'Orhy, 2 017 m.).

Dans la rainure qui sépare le Trias et le bord septentrional du Flysch, près de Sainte-Engrace, on voit affleurer un peu de Silurien inférieur; et, en conformité avec le mouvement dirigé vers le Sud²,

1. Eug. Fournier, *Études géologiques sur la partie occidentale de la chaîne des Pyrénées entre la vallée d'Aspe et celle de la Nive* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., V, 1905, p. 699-723, 16 fig., Bibliographie). [Voir aussi, du même auteur : *Nouvelles études sur la partie occidentale de la chaîne des Pyrénées entre la vallée d'Ossau et celle de Roncevaux (Valcarlos)* (Ibid., 4^e sér., VII, 1907, p. 138-137, 23 fig.), et *Études sur les Pyrénées basques (Basses-Pyrénées, Navarre et Guipuzcoa)* (Bull. Service Carte géol. de la Fr., XVIII, 1907-1908, n° 121, p. 491-548, 33 fig.); L. Carez, *Études géologiques sur la feuille de Mauléon (Basses-Pyrénées)* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., X, 1910, p. 73-90, pl. I-II : coupes).]

2. A. Bresson en a donné une carte et une coupe (Bull. Service Carte géol., XVI, 1904-1905, n° 110, p. 390-391). [D'après L. Bertrand, la structure en grandes nappes charriées vers le Nord, qui caractérise plus à l'Est la région nord-pyrénéenne, se poursuit jusque dans cette partie occidentale de la Chaîne des Pyrénées. Le déversement d'un certain nombre

un lambeau de recouvrement constitué par du Permien, du Cénomani-
en et du Silurien repose sur le Flysch (fig. 208, 209).

L'Ouest et le Sud. — Stuart-Menteath a donné un croquis d'en-
semble des environs du Labourd, et plus tard une carte détaillée du

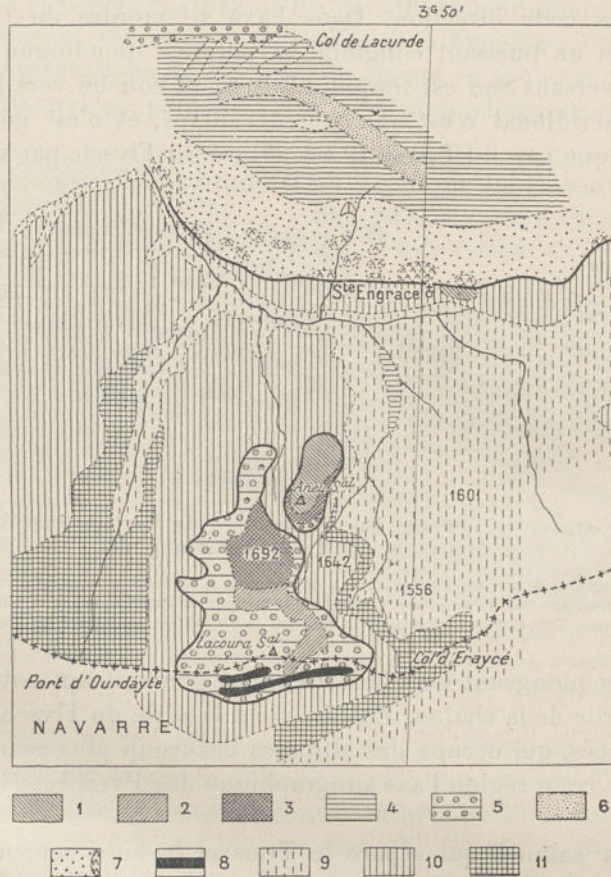


Fig. 208. — Carte géologique des Environs de Sainte-Engrace (Basses-Pyrénées), d'après
A. Bresson (*Bull. Service Carte géol. de la France*, XVI, 1904-1905, n° 110, p. 390, fig. 1).

1. Ordovicien; 2. Gothlandien; 3. Schistes maclifères gothlandiens; 4. Dinantien; 5. Poudingues permien; 6. Permien supérieur et moyen; 7. Trias avec diabases ophitiques; 8. Cénomani: Calcaire à Caprines et conglomérats; 9. Calcaire à Hippurites, Calcaire des Canyons; 10. Flysch gréseux à Fucoides; 11. Danien et Éocène. — Échelle de 1 : 100 000.

Nord; Adán de Yarza a fait paraître une carte du Sud-Ouest, et Mallada
une carte du Sud-Est. Termier a décrit le granite de la Haya¹.

d'écailles vers le Sud, constaté aux environs de Sainte-Engrace, ne serait qu'un phénomène
local, lié à l'existence de replis secondaires dans ces nappes; L. Bertrand, *Sur la prolongation
des nappes nord-pyrénéennes dans les Pyrénées Occidentales* (C. R. Acad. Sc., CLII, 1911, 1^{er} sem.,
p. 476-478), et *Sur la structure des Pyrénées Occidentales* (Ibid., p. 639-642).]

1. P.-W. Stuart-Menteath, *Sur la Géologie des Pyrénées de la Navarre, du Guipuzcoa et du*

A l'extrémité Nord-Est du massif, près d'Hasparren, se trouve du gneiss granitique, formant la Montagne d'Ursouia (673 m.), qui se détache à peine de la plaine située à son pied. Ce gneiss est suivi par une ellipse irrégulière, allongée du N.E. au S.W. sur 60 kilomètres environ, dans laquelle affleurent des terrains paléozoïques et, plus près du bord, le granite de la Peña de Aja (816 m.). Du Crétacé supérieur transgressif se montre sur quelques points.

La carte de Stuart-Menteath prouve, sans qu'il puisse subsister aucun doute, que l'anticlinal de Trias et de Jurassique qui vient de Sainte-Engrace, en formant le côté Nord des Basses-Pyrénées, se moule sur le flanc oriental du Massif du Labourd et se dirige au N.W. vers

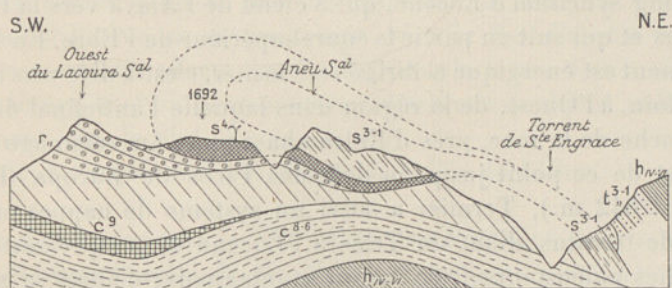


Fig. 209. — Coupe des lambeaux de recouvrement situés au Sud de Sainte-Engrace, d'après A. Bresson (*Bull. Service Carte géol. de la France*, XVI, 1904-1905, n° 110, p. 391, fig. 2). S⁴⁻¹. Ordovicien; S³⁻¹. Schistes maclifères gothlandiens; h_{v-v}. Dinantien; r. Poudingues permien; t¹. Trias avec diabases ophitiques; c⁹. Calcaire à Hippurites, calcaire des Canyons; c⁸⁻⁶. Flysch gréseux à Fucoides; c. Danien et Éocène. — Échelle des longueurs 1 : 100 000 environ.

Hasparren. De là, cette même zone s'infléchit vers l'Ouest autour du massif ancien; et les observations d'Adán de Yarza et de Mallada nous apprennent que le reste du massif, sur presque tout son pourtour, jusque vers Roncevaux, est entouré de sédiments semblables. Par dessus s'étale un large manteau de calcaire crétacé et de Flysch, qui longe la côte par Fontarabie, se poursuit dans le Guipuzcoa et vient se réunir, au Nord de Pampelune, avec le Flysch de la chaîne principale des Pyrénées.

Il résulte de là que les Pyrénées sont séparées de la mer, sur la

Labourd (*Bull. Soc. Géol. de Fr.*, 3^e sér., IX, 1880-81, p. 304-333, pl. VI : carte), et *Note sur une carte géologique de la haute et basse Navarre* (*Ibid.*, 3^e sér., XIX, 1890-91, p. 917-921, pl. XX : carte); R. Adán de Yarza, *Descripción física y geológica de la Provincia de Guipuzcoa* (*Mem. Comision del Mapa Geol. de Esp.*, 1884, 175 p., 9 pl. dont 1 carte géol.), et *Provincia Guipuzcoa; Geología agrícola, Bosquejo petrografico*. In-4°, 26 p., carte, San Sébastian, 1900; L. Mallada, *Reconocimiento geológico de la Provincia de Navarra* (*Bol. Comision del Mapa Geol. de Esp.*, IX, 1882, p. 1-64, pl. A : carte géol.); Termier, *Le granite de la Haye ou des Trois Couronnes, Pays-Basque* (*Bull. Soc. Géol. de Fr.*, 4^e sér., VII, 1907, p. 9-17). [Voir aussi R. Adán de Yarza, *El pais vasco en las edades geológicas* (*Bol. Com. del Mapa Géol. de Esp.*, XXVIII, 1906, p. 45-63, pl. I : carte géol. à 1 : 400 000).]

Bidassoa et près de Saint-Sébastien, par une zone de Flysch continue. Sur cette étendue, elles sont plissées vers le N., d'après Adán de Yarza, et même couchées par endroits. Le Flysch du Guipuzcoa est également plissé vers le N. Dans le Flysch surgit un massif d'ophite, long de 16 kilomètres et large de 6 à 8 kilomètres.

Les klippe de Biarritz sont parallèles à la direction que le Flysch affecte dans la vallée inférieure de la Bidassoa; mais en Biscaye, la direction N.W. s'accuse nettement dans un territoire encore occupé par le Flysch. Elle se traduit par une longue traînée d'ophite, qui est peut-être la continuation de l'affleurement mentionné plus haut, puis par un long anticlinal de Crétacé inférieur passant par Bilbao, et enfin par un long synclinal d'Éocène, qui s'étend de l'Alava vers la Province de Burgos et qui suit en partie le cours supérieur de l'Èbre. En Biscaye, le plissement est énergique et dirigé vers la mer, c'est-à-dire vers le N.E. ¹.

Non loin, à l'Ouest, de la région dans laquelle l'anticlinal de Bilbao se rapproche de la mer, près d'Entrambasaguas, au voisinage de Santander, et de ce point jusqu'au delà des Picos de Europa (Peña de Cerredo, 2 642 m.), Termier a suivi un système de nappes empilées, formées de terrains allant du Trias à l'Éocène et comprenant au Sud des couches paléozoïques; ce massif montagneux, d'après sa situation dans l'ensemble, doit être regardé comme sortant au Sud de la zone du Flysch ². Son extrémité, plissée vers le N., atteint Oviedo (II, p. 204).

On peut penser, dès lors, que ce chaînon ne doit pas être attribué aux Pyrénées ³. —

Nous n'avons que quelques mots à dire sur le Sud. Il y a d'ailleurs peu à ajouter aux descriptions déjà anciennes d'Emm. de Margerie et Schrader et de Mallada ⁴.

1. R. Adán de Yarza, *Descripción física y geológica de la Provincia de Alava* (Mem. Comisión del Mapa Geol. de Esp., 1885, 175 p., 3 pl. dont 1 carte géol.); et *Descripción física y geológica de la Provincia de Vizcaya* (Ibid., 1892, xiv-192 p., 8 pl. dont 2 cartes géol.).

2. P. Termier, *Sur la structure géologique de la Cordillère cantabrique dans la Province de Santander* (C. R. Acad. Sc., CXXI, 1903, 2^e sem., p. 920-922).

3. La même opinion a été exprimée par Penck (*Die Picos de Europa und das Kantabrische Gebirge*, Hettner, Geogr. Zeitschr., III, 1897, p. 278-281), qui, en conséquence, cherche le prolongement tectonique de cette chaîne dans les Sierras de la Demanda, de Urbión et de Moncayo. Dans les premières domine la direction E.-W. (Larrazet, *Recherches géologiques sur la région orientale de la Province de Burgos et sur quelques points des Provinces d'Alava et de Logroño*. In-8°, 310 p., 3 pl., Paris, 1896; [du même, *Notes stratigraphiques et paléontologiques sur la Province de Burgos* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 3^e sér., XXII, 1894, p. 366-384, pl. XIII; trad. espagnole dans le] Bol. Comisión del Mapa Geol. de Esp., XXII, 1895, p. 121-143, pl. XXX-XXXI), tandis que plus au Sud, vers Soria et le Moncayo, la direction S.E. de l'Èbre devient prépondérante (R. Chudeau, *Contribution à l'étude géologique de la Vieille-Castille*, thèse de doctorat. In-8°, 92 p., carte, Paris, 1896).

4. Emm. de Margerie et Fr. Schrader, *Aperçu de la Structure géologique des Pyrénées*, p. 605 et suiv. L'une des sources principales est toujours la monographie de L. Mallada, *Descripción física y geologica de la Provincia de Huesca* (Mem. Comisión del Mapa Geol. de Esp.). In-8°, xv-439 p., 2 pl. : carte et coupes, 1878. [Voir surtout la thèse, déjà citée, de

En partant du Nord-Ouest, le bord méridional de la haute chaîne est accompagné par une zone mésozoïque assez étroite, principalement crétacée, à laquelle appartient d'ailleurs le Flysch crétacé des environs de Sainte-Engrace. Ensuite vient une large zone d'Éocène médiocrement plissé, qui s'étend de Pampelune jusqu'au delà de Jaca (*zone de l'Aragon*). Celle-ci est limitée au Sud par un retour de Trias avec ophite et de Crétacé, qui débute par une bande longue et étroite entre le Rio Aragon et le Rio Gallego, recule vers le Nord suivant une ligne irrégulière au N.E. de Huesca, et bientôt augmente de largeur et d'étendue; elle va rejoindre les Pyrénées, sur les bords du haut Segre (Sierra del Monsech, 1 693 m.), par une série de tronçons disposés en arc de cercle. C'est la *zone des Sierras*. La zone de l'Aragon se trouve ainsi barrée en même temps vers le Sud-Est. Ce retour des terrains secondaires affecte, au Nord-Ouest, la forme d'un anticlinal ou d'une fracture, et l'on peut encore y discerner quelques indices d'un mouvement vers le Sud.

Des dépôts miocènes remplissent la vallée de l'Èbre.

Coup d'œil général. — En avant des Pyrénées se trouvent deux massifs étrangers, celui de Mouthoumet, qui est manifestement une partie de la Montagne Noire, et celui du Labourd. Des plissements qui se relieut à ceux des Pyrénées les enveloppent. N'était cette circonstance, on serait tenté de dire que les Pyrénées se terminent déjà à l'Est du Labourd et que ce massif est situé en dehors des Pyrénées.

A l'encontre des autres chaînes récentes de l'Europe, les Pyrénées montrent nettement des poussées dirigées vers le Nord et des poussées dirigées vers le Sud. Quand ces deux mouvements se superposent, les couches prennent une disposition plus ou moins redressée, en éventail, qui a pour effet, comme nous l'avons vu sur le Gave de Pau, de mettre le Dévonien inférieur en contact avec l'Albien.

Le mouvement vers le Nord peut se suivre, en partant du Var, à travers toute la Provence; il entoure et influence le Massif de Mouthoumet, dont le bord Ouest montre une intrication (*Verfaltung*) de sédiments mésozoïques. A cette même allure obéit également le Massif du Roc de France, qui s'étend au Sud-Est du Tech jusqu'au bord méridional des Pyrénées. Les grands charriages du versant Nord des Pyrénées (Trois-Seigneurs, Saint-Barthélemy, etc.), les Petites Pyrénées, tous les plis qui se prolongent vers le N.W. jusqu'à Dax et bien au

M. Dalloni, *Étude géologique des Pyrénées de l'Aragon*. In-4°, 444 p., carte tectonique, carte géol., 1 pl. coupes générales, 56 fig. dans le t. Marseille, 1910 (Extr. des Annales de la Fac. des Sc., t. XIX); et L. Carez, *Sur quelques points de la géologie du Nord de l'Aragon et de la Navarre* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., X, 1910, p. 682-690.)

delà sous la plaine, et avec eux la lisière externe des Basses Pyrénées, qui enveloppe de même le gneiss du Labourd, la zone du Flysch de la Bidassoa, les montagnes de Biscaye et enfin tout le Nord de l'Espagne jusqu'aux Picos de Europa participent également à ce mouvement vers le Nord. Il règne des environs de Cannes jusqu'au delà d'Oviedo, et il a été général, peut-être avec un rebroussement dans l'Ouest du Guipuzcoa. Non seulement le Massif de Mouthoumet, mais aussi celui du Labourd ont été « flottés » (*geflösst*) vers le Nord; il en a été, de même, évidemment, pour toute la partie aujourd'hui poussée vers le Sud.

Le mouvement vers le Sud est très énergique, mais il est limité en étendue. D'après l'état actuel des observations, il commence sur le Tech, au Sud-Est du Canigou, mord bientôt profondément sur les Pyrénées, et affecte ensuite toute la largeur de la Haute-Chaine; puis, il s'atténue au delà d'Urdos, et ouvre le synclinal pincé de Flysch dans la direction des Basses Pyrénées, mais règne encore dans celles-ci jusqu'à leur extrémité, à l'exception de la bordure septentrionale. Au Sud, dans les avant-monts crétacés et tertiaires des Sierras, le plissement est également dirigé vers le Sud; mais il s'atténue bientôt et n'atteint pas l'Èbre.

Cette localisation parle en faveur d'un effondrement. Le fait que, près de Gavarnie, au fond de la fenêtre ouverte par les Gaves, le Crétacé recouvre en liaison autochtone le Silurien inférieur, et que ce substratum représente par conséquent une surface érodée, que surmontaient des couches allant jusqu'au Campanien et à l'Éocène, tend à suggérer la même hypothèse.

On pourrait concevoir qu'une masse poussée vers le Nord, donc, en toute hypothèse, soumise à des tensions énergiques, se serait trouvée interrompue par un effondrement, et que ces tensions auraient été compensées par un mouvement dirigé en sens inverse, c'est-à-dire vers le Sud. Cette conception cadrerait très bien avec la structure en éventail redressé qui, autrement, serait difficile à concilier avec les charriages vers le Nord constatés dans le voisinage immédiat.

Une circonstance tout à fait énigmatique doit, d'ailleurs, entrer en ligne de compte.

Les Pyrénées occupent un niveau plus profond, à l'intérieur de l'édifice anté-permien des Altaïdes, qu'aucune autre des chaînes récentes de l'Europe. Ce qu'on y désigne sous le nom de « série primaire » correspond exclusivement à des fragments des Altaïdes. La direction W. 30° N. de la partie poussée vers le Sud coïncide avec celle des « lignes de Karpinsky » (W.N.W. ou N.W.). Comme pour ces lignes, l'intensité décroît vers l'W.N.W. Comme pour ces lignes encore, le côté méridional est affaissé et le mouvement passe au Sud, en opposition avec le mouvement général vers le Nord.

Nous avons, dans cet ouvrage, qualifié d'*asiatiques* les caractères qui viennent d'être rappelés. On ne pourra se demander si leur rencontre dans les Pyrénées est due simplement au hasard, ou si elle a une signification plus profonde, que quand la nature de ces lignes sera mieux connue. Le fait que le mouvement vers le Sud cesse, en avant du massif du Roc de France, n'est guère favorable à l'hypothèse de relations avec l'Asie. —

Les intrusions basiques récentes des Pyrénées sont instructives pour d'autres chaînes de montagnes. Lacroix a montré d'une manière irréfutable qu'elles ont métamorphisé à leur contact les roches voisines¹.

Elles apparaissent, ici encore, tantôt à l'état de massifs aux contours irréguliers, tantôt comme des fragments de filons, tantôt sous forme d'intercalations pouvant atteindre de 1 à 4 kilomètres de longueur et davantage. D'après les indications détaillées de Carez, on peut distinguer deux groupes d'intrusions. L'un appartient au Lias inférieur et ne comprend que des ophites. Le second s'étend jusqu'au niveau du Gault et, à côté de l'ophite, il fournit également de la lherzolite, de la serpentine, de la diorite, de la péridotite et de l'anorthosite (celle-ci en filons dans la péridotite)².

Là se reproduit donc la série des roches vertes qui se présentent à différents horizons, près d'Ivrée et dans les Alpes Piémontaises, dans le Trias salifère des Alpes Calcaires Orientales, dans les lambeaux de recouvrement lépontiens, dans l'Apennin, dans le Nord-Est de la Corse et à l'île d'Elbe, enfin sur tout le pourtour de l'Atlas Méditerranéen et de la Cordillère Bétique, depuis la Tunisie jusqu'à Gibraltar et même jusqu'aux Baléares. Lacroix montre que, dans les Pyrénées, du granite à biotite s'est transformé, par digestion du calcaire, en péridotite à hornblende. Ici nous accepterons l'hypothèse que ces roches vertes, et avec elles les péridotites, étaient originellement, au moins pour la plupart, des roches abyssiques. La présence des minerais de nickel parle en faveur de cette manière de voir.

1. A. Lacroix, *Les phénomènes de contact de la Lherzolite et de quelques Ophites des Pyrénées* (Bull. Service Carte géol. de la Fr., VI, 1894-1895, n° 42, p. 307-446, 3 pl.); *Étude minéralogique de la Lherzolite des Pyrénées et de ses phénomènes de contact* (Nouv. Archives du Muséum d'Hist. Nat., 3^e sér., VI, 1894, p. 209-308, pl. 5-10); et *Livret-guide des Excursions en France du VIII^e Congrès Géol. Internat.*, Paris, 1900, n° III, *Pyrénées (roches cristallines)*, 34 p., en particulier p. 16. Lacroix signale un exemple où des projections de labradorite et des laves andésitiques ont apparu pendant l'époque rhétienne; *Les tufs volcaniques de Ségalas (Ariège). Conclusions à tirer de leur étude au point de vue de l'origine des ophites* (C. R. Acad. Sc., CXXII, 1896, 1^{er} sem., p. 146-149). [Sur le mécanisme et l'histoire des intrusions pyrénéennes, voir L. Bertrand, mém. cité, p. 502-511 (métamorphisme des terrains secondaires, roches basiques de la région nord-pyrénéenne, âge des granites, etc.).]

2. L. Carez, *La Géologie des Pyrénées françaises*, III, p. 1694 et suiv.; en particulier p. 1702.

Steinmann a insisté sur les rapports fréquents que ces intrusions présentent avec les schistes à Radiolaires de mer profonde, et il a cherché à établir une relation de cause à effet entre les roches vertes et les grandes profondeurs marines¹. Cette coexistence se réalise souvent, en effet, et elle peut être observée sur des points très éloignés les uns des autres; nous aurons en outre à signaler l'apparition fréquente de roches très basiques au milieu des océans. Mais, dans les Pyrénées, dans le Sud de l'Espagne et dans le Nord-Ouest de l'Afrique, ces roches sont associées à des sédiments qui ne peuvent pas être considérés comme des dépôts de mer profonde; et là, les faits ne sont pas d'accord avec une telle généralisation.

En Europe, on rencontre ces roches vertes intrusives ou leurs traces très morcelées sur des centaines de points, à l'intérieur des régions profondément disloquées qui s'étendent du Lac de Sankt-Wolfgang jusqu'au bord du Sahara. On ne les voit pas dans l'avant-pays, pas plus au Nord qu'au Sud, et nous les considérons par conséquent, en Europe, comme un cortège des mouvements tectoniques.

1. G. Steinmann, *Die geologische Bedeutung der Tiefseebildungen und d. ophiolithische Eruptiva* (Berichte Naturforsch. Gesellsch., Freiburg i. B., XVI, 1905, p. 44-46).

EXTENSION DES NAPPES DE RECOUVREMENT DANS LES ALPES

d'après l'état de la science en 1908

Échelle 1 : 250000

- Alpes Helvétiques (en partie autochtones) et Montagnes du Jura.
- Groupe des Nappes Léopontiennes et des Pennines.
- Petits affleurements des Nappes Léopontiennes dans les Alpes Orientales et bande de marbre de Laas.
- Terrain houiller autochtone des Alpes Orientales, et bande carbonifère de la Styrie.
- Nappe Austro-alpine.
- Nappe de la Dent Blanche.
- Apennin.
- Dinarides.
- Alpes Carniques.



LIBRAIRIE ARMAND COLIN

Imp. Dufrenoy, Paris.

CHAPITRE XVI

LAURENTIA ET ILES NORDIQUES ¹

1. La Chaîne des États-Unis. — 2. Laurentia. Groenland. — 3. Iles de l'Atlantique Nord. Islande.

1. La Chaîne des États-Unis. — Loin au Nord, dans le Kennedy Channel et la Terre de Grant, Feilden et De Rance ont rencontré des montagnes plissées (II, p. 60). Les découvertes de Sverdrup et de Schei dans l'Eureka Sound et dans la Terre d'Ellesmere ont répandu un jour nouveau sur cette chaîne de plissement². Low, combinant leurs observations avec les données antérieures, a tenté une nouvelle esquisse de carte géologique pour la partie boréale de l'Amérique du Nord³. Ces montagnes ont reçu le nom de Chaîne des États-Unis. Nous allons en suivre les traits essentiels à partir de l'extrême Nord.

Aldrich s'est avancé jusqu'à la côte Nord de la Terre de Grant; la carte y indique des micaschistes et des schistes métamorphiques; les Challenger Mountains longent cette côte.

Le Nord-Est de la Terre de Grant consiste en une côte à rias. Entre le

[1. Traduit par Henri Baulig.]

2. A. G. Nathorst, *Sverdrups Polarexpedition 1898-1902* (Ymer, Stockholm, XXII, 1902, p. 529-534, carte); O. Sverdrup, *The second Norwegian Polar Expedition in the « Fram », 1898-1902*, et P. Schei, *Summary of Geological Results* (Geogr. Journ., XXII, 1903, 2^e sem., p. 38-69, carte dans le t.); voir aussi P. Schei, *Preliminary Report on the geological Observations made during the second Norwegian Polar Expedition of the « Fram »*. In-8°, 10 p.

3. A. P. Low, *Report on the Dominion Government Expedition to Hudson Bay and the Arctic Islands on board the D. G. S. « Neptune », 1903-1904*. In-8°, 355 p., nombreuses phot., 1 carte géol., Ottawa, 1906. [Voir surtout les chap. VIII-IX : *Geology* (p. 183-247), et l'Appendix IV : déterminations paléontologiques de L. M. Lambe et H. M. Ami (pp. 322-336). P. 337-342 : Bibliographie. — La carte, à l'échelle de 50 milles au pouce ou 1 : 3 168 000, est intitulée : *Geological Map of the Northeastern Part of the Dominion of Canada*, by A. P. Low, 1905.] On peut également renvoyer ici à la belle carte de R. E. Peary, *Polar Regions. Baffin Bay to Lincoln Sea* (Bull. Amer. Geogr. Soc., New York, XXXV, 1903, face à la p. 496).

Fjord de Markham et la Presqu'île Feilden (Cap Joseph Henry, 82° 42'), des montagnes imposantes s'avancent dans la direction de l'E.N.E. jusqu'à la mer. Elles sont constituées par du Carbonifère supérieur et peut être du Dévonien. A l'intérieur, de hautes montagnes, le Mont Grant (4 900 pieds, 1 500 m.), le Mont Cheops, etc., s'y relie, et c'est là, probablement, que se trouvent les points culminants de cette chaîne septentrionale. Il n'est pas impossible que les terrains, attribués au Carbonifère et traversés de roches intrusives, qui forment l'extrémité Nord de l'île Heiberg (93° de long. W., 81° 22' de lat. N.) en représentent le prolongement sud-occidental¹.

On voit ensuite apparaître dans le Nord-Est de la Terre de Grant une série puissante de sédiments, les « Rawson Beds » de Feilden, qui, très probablement, correspondent, comme l'a d'ailleurs admis Schei, au Trias de la partie Sud-Ouest. Ces terrains s'étendent à partir du Cap Bryant, au Nord du Groenland, sur la rive Est du Robeson Channel, jusqu'à la Baie du Polaris. A l'Ouest du canal, ils reparaissent sous forme de plis fortement redressés, constituant les Caps Rawson, Black, etc., et toute la côte occidentale jusqu'à la Baie de Scoresby, où ils rencontrent l'avant-pays, c'est-à-dire la bordure paléozoïque du bouclier canadien. Il est manifeste que la limite traverse obliquement le canal, de la Baie du Polaris à la Baie de Scoresby. Le Lady Franklin Sound et le Fjord Archer, et plus loin le Lac Hazen et le Fjord Greely, qui s'ouvre à l'Ouest, pourraient bien jalonner la direction de la chaîne.

Sur le bord septentrional du Fjord Greely, Schei décrit des terrains plissés; il y a trouvé *Daonella* et *Halobia*. Le Trias s'étend des deux côtés de l'Eureka Sound. Kittl décrit, par exemple, des collections de Schei, un *Trachyceras* provenant du Fjord Bay, ainsi que des *Protrachyceras* et *Halobia* recueillis dans la Presqu'île des Ours². Le Carbonifère supérieur affleure sur le bord méridional de cette presqu'île. Plus à l'Ouest, les renseignements deviennent moins sûrs. On sait peu de chose sur l'Archipel Sverdrup. Le pays est bas, et Schei pense que les plissements ne se continuent pas dans l'île Heiberg. L'intérieur est inconnu.

Le Trias de l'Eureka Sound consiste en une succession de schistes et de calcaires, avec de nombreux filons-couches, comme on en rencontre si fréquemment dans le Nord, à Verhkoïansk par exemple.

Quant à l'hypothèse suivant laquelle la plus grande partie de

1. E. Etheridge, *Palaeontology of the Coasts of the Arctic Lands visited by the late British Expedition* (Quart. Journ. Geol. Soc. London, XXXIV, 1878, p. 568-639, pl. XXV-XXIX). Il faut y ajouter les remarques de Th. Tschernyschew, *Die obercarbonischen Brachiopoden des Ural und des Timan* (Mém. Comité Géol., Saint-Petersbourg, XVI, 1902, n° 2, p. 690 et suiv.).

2. E. Kittl, *Die Triasfossilien von Heureka Sund* (Report of the Second Norwegian Arctic Expedition in the « Fram », 1898-1902. No 7). In-8°, 44 p., 3 pl., Kristiania, 1907.

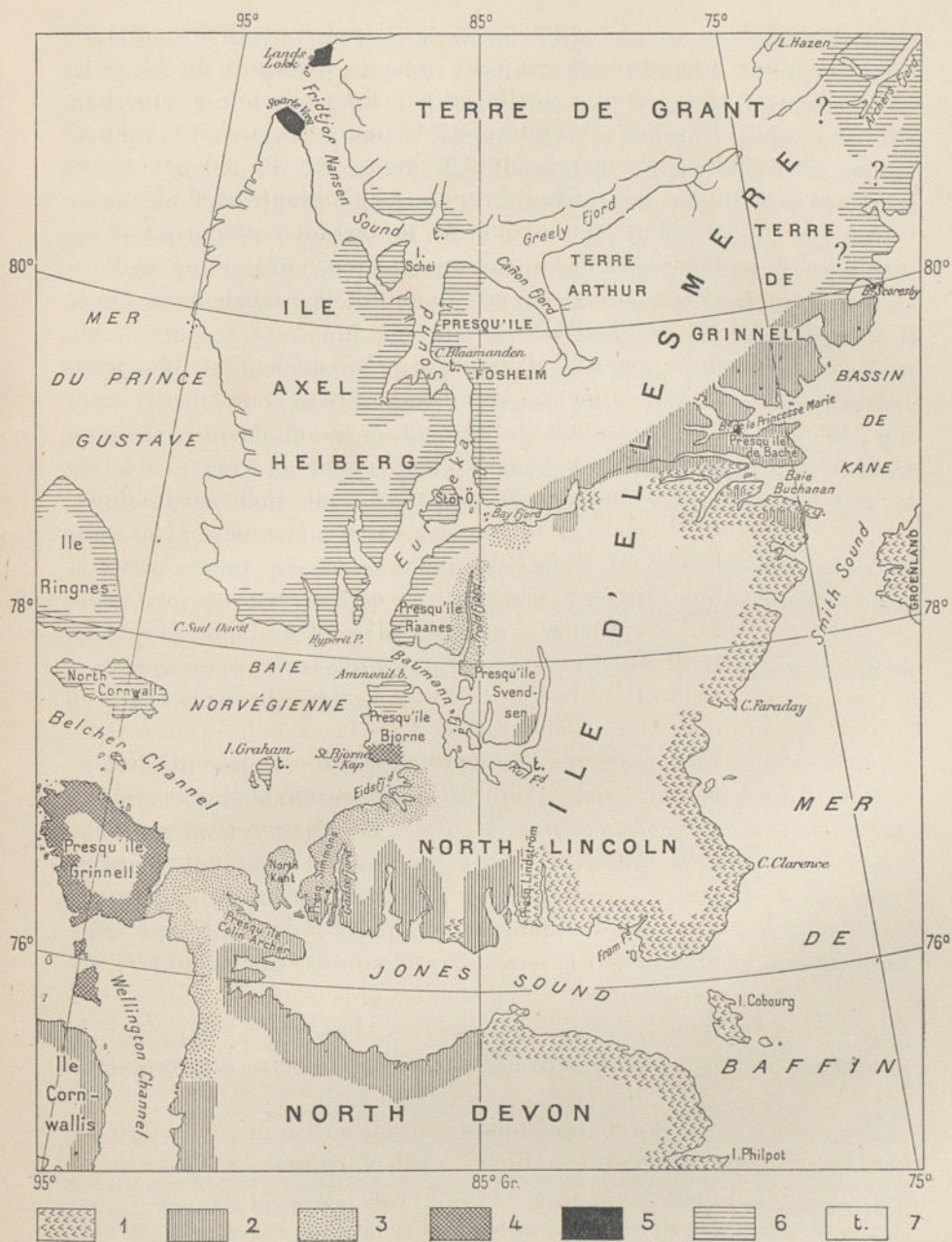


FIG. 210. — Carte géologique des Terres d'Ellesmere et Heiberg (Archipel Polaire Nord-Américain), d'après P. Schei (in A. G. Nathorst, *Report of the Second Norwegian Arctic Expedition in the « Fram » 1898-1902*, n° 1, p. 5, fig. 1). Indications complémentaires d'après la carte de A. P. Low. Tracé des côtes d'après G. Isachsen et O. Sverdrup.

1. Archéen; 2. Cambrien et Silurien; 3. Dévonien; 4. Carbonifère; 5. Roches volcaniques; 6. Terrains secondaires; 7. Tertiaire. — Échelle de 1 : 5 000 000.

l'Archipel Sverdrup appartiendrait au Trias, on ne peut invoquer en sa faveur qu'un seul argument : c'est que Mac Clintock a rencontré des lambeaux isolés de dépôts jurassiques sur les côtes opposées de l'Archipel Parry (par exemple *Harpoceras* à la Pointe Wilkie, Terre du Prince Patrick, 76° 20' de lat. N.). Cependant on n'y a jamais encore trouvé de Trias jusqu'à présent, et le substratum paraît être constitué par le Carbonifère horizontal du bouclier (II, p. 58, fig. 9, et p. 60)¹.

Bien que toutes ces questions soient encore pendantes, il est cependant hors de doute que le bouclier rencontre ici, au Nord, une série de couches mésozoïques qui, ailleurs, lui est étrangère, et sous laquelle il plonge. Il est également bien établi qu'il existe, au moins jusqu'au Fjord Greely, et dans le Kennedy Channel jusqu'à la Baie de Scoresby, un tronçon de chaîne de montagnes, de direction S.W. à W.S.W., qui est plissée vers le Sud, comme le montre la disposition des terrains (micaschistes dans les Challenger Mountains, etc.), de sorte que le bouclier joue le rôle d'avant-pays.

Cette chaîne plissée présente les caractères des arcs asiatiques, et peut être regardée comme un prolongement terminal de l'édifice asiatique qui s'étendrait jusqu'au delà du pôle Nord.

Les couches miocènes à empreintes de feuilles se rencontrent çà et là; elles sont horizontales.

2. Laurentia. — La vaste région de roches archéennes, recouvertes par des sédiments cambriens horizontaux, qui occupe le Nord de l'Amérique a reçu le nom de *Laurentia*. Elle embrasse la totalité du bouclier canadien; toutefois, si l'on veut y voir une unité tectonique, il faut y comprendre toute la couverture horizontale jusqu'à une limite naturelle². Les Montagnes Rocheuses forment une limite de ce genre, ainsi que la Chaîne des États-Unis, et aussi les Appalaches sur presque

1. J. W. Salter, dans le *Narrative of the Expedition under the command of Captain Sir Edward Belcher*, vol. II, London, 1855. Tschernyschew suppose qu'il s'agit du Carbonifère supérieur. D'après les listes de fossiles, il est bien possible qu'il y ait à la fois du Carbonifère inférieur et du Carbonifère supérieur.

2. A. C. Lawson, *Notes on the Pre-Paleozoic Surface of the Archean terranes of Canada* (Bull. Geol. Soc. of America, I, 1890, p. 163-173); A. W. G. Wilson, *The Laurentian Peneplain* (Journ. of Geol. Chicago, XI, 1903, p. 615-669, 2 cartes, nombreuses phot.; renferme une bibliographie). [Voir aussi l'article du même auteur, *Physiography of the Archean Areas of Canada*, Report of the Eighth Internat. Geogr. Congress held in the United States, 1904, p. 116-135, 2 cartes h. t., 3 pl. photogr.] Pour les détails de l'ennoyage sous le grès de Potsdam, voir S. Weidman, *The Pre-Potsdam Peneplain of the Pre-Cambrian of North-Central Wisconsin* (Journ. of Geol., XI, 1903, p. 289-313, pl. I : coupes). [Sur la Laurentia en général, consulter la *Carte géologique de l'Amérique du Nord* à 1 : 5 000 000, dressée par Bailey Willis, feuilles N. W. et N. E. (Congrès Géol. Internat., C. R. X^e sess., Mexico, 1906); *Atlas of Canada, Geology* (n^{os} 4, 5; échelle 100 milles au pouce ou 1 : 6 336 000). In-F^o, Toronto, Department of the Interior, 1906; F. D. Adams, *On the Structure and Relations of the Laurentian System in Eastern Canada* (Quart. Journ. Geol. Soc. London, LXIV, 1908, p. 127-147, pl. XI-XIII, don

toute leur longueur. Quant au Plateau du Colorado, limité à l'Est par les branches méridionales des Montagnes Rocheuses, c'est aussi un massif tabulaire, qu'il faut peut être considérer également comme faisant partie de la Laurentia.

Dans le Sud, les terrains laurentiens affleurent dans les Monts Ozark. Puis ils reparaissent encore une fois, en dehors des Appalaches, dans le comté de Burnet (Texas), et, là, comme dans le Nord, le gneiss est recouvert par le grès de Potsdam en couches horizontales. Plus loin encore vers le S.W., des forages ont rencontré le granite au-dessous du terrain crétaé de l'Edwards Plateau (III, 2^e partie, p. 647). La Laurentia s'étend donc, en se rétrécissant peu à peu vers le Sud, jusqu'au delà de 30° de lat. N.

Dans le Nord, des lambeaux isolés de calcaire de Trenton (Silurien inférieur) surmontent en transgression horizontale la plus grande partie du bouclier.

Dans le *Minnesota*, on observe la disparition des termes inférieurs du Silurien. Dans le *Manitoba*, en particulier sur le bord Sud du Lac Winnipeg, on trouve en outre, d'après les observations de Dowling, immédiatement au-dessus des plis précambriens arasés, un grès de couleur claire, qui présente des exemples frappants de fausse stratification; au-dessus vient le puissant calcaire de Trenton, auquel succèdent les couches d'Utica. Ces deux niveaux représentent seuls, ici, le Silurien inférieur¹. Beaucoup plus au Nord, sur le *Tealzoa River*, au Sud du lac Dubawnt (ou Doobaunt, 62-63° de lat. N.), à 500 kilomètres environ à l'Ouest des rivages nord-occidentaux de la Baie de Hudson, J. B. Tyrrell a trouvé un lambeau de l'étage de Trenton isolé au milieu de la région archéenne du bouclier². Un autre lambeau fort étendu de la même formation est signalé par R. Bell sur le bas *Nelson*, au Sud-Ouest de la Baie de Hudson³. Dans la partie méridionale du bouclier, où le grès

1 carte géol.); D. Adams and A. E. Barlow, *Geology of the Haliburton and Bancroft Areas, Province of Ontario*. In-8°, viii-419 p., 70 pl., 2 cartes, Ottawa, 1910 (Canada, Department of Mines, Geol. Survey Branch, Memoir n° 9); C. R. Van Hise and C. K. Leith, *Pre-Cambrian Geology of North America* (U. S. Geol., Survey, Bull. 360). In-8°, 929 p., 2 pl. cartes, Washington, 1909 : voir, en particulier, les chap. III (Lake Superior Region), IV (Area north and northeast of Lake Huron), V (Part of Quebec north and west of St. Lawrence River) et surtout VIII (The Great Northern Interior of Canada), p. 108-483 et 526-551 : copieuses indications bibliographiques.]

1. D. B. Dowling, *Report on the Geology of the West Shore and Islands of Lake Winnipeg* (Ann. Rept. Geol. Survey of Canada, New Ser., XI (1898), F, p. 34, 62 et suiv., carte, n° 664, 1901).

2. J. Burr Tyrrell, *An Expedition through the Barren Lands of Northern Canada* (Geogr. Journ., IV, 1894, p. 443, carte). [Voir aussi J. B. Tyrrell, *Report on the Doobaunt, Kazan and Ferguson Rivers, and on the Northwest Coast of Hudson Bay* (Ann. Rept. Geol. Survey of Canada, IX, 1896, part F, 218 p., 1 carte géol. à 1 : 1 584 000, n° 608).]

3. R. Bell, Ann. Rept. Geol. Survey of Canada, New Ser., XI (1898), 1901. [Voir aussi G. K. Leith, *An Algonkian basin in Hudson Bay; a comparison with the Lake Superior basin* (Economic Geology, V, 1910, p. 227-246).]

cambrien de Potsdam marque le début de la transgression, le calcaire de Trenton, sur une assez grande distance au Nord du Saint-Laurent et en amont de *Québec*, déborde tous les termes antérieurs vers le Nord et repose directement sur les roches précambriennes¹. Ces sédiments sont horizontaux, en tant du moins qu'ils n'ont pas été dérangés par des failles.

Dans l'Est, on observe des faits semblables.

L'île *Akpatok*, au milieu de la ceinture de roches archéennes qui entoure la Baie d'Ungava, est formée de calcaire de Trenton; Whiteaves en a étudié les fossiles et a signalé leur ressemblance avec ceux du Manitoba². Les travaux de Schuchert ont apporté une contribution importante à la connaissance du Silurien³. Au fond de la Baie Frobisher, par 63° 44' de lat. N. et 68° 56' de long. W., se trouve une localité remarquable par sa richesse en fossiles de l'étage de Trenton, le « Silliman's Fossil Mount ». C'est un petit lambeau, reposant horizontalement sur des micaschistes de teinte foncée. Les mêmes couches s'étendent ensuite dans le vaste bassin lacustre du Sud de la Terre de Baffin, où Boas en a recueilli les fossiles, et elles entourent une grande partie du Fox Channel. On approche alors de la bordure. Dans le North Somerset, on voit sous les couches de Trenton un grès finement stratifié; en d'autres points de la même région, l'étage de Trenton repose directement sur les terrains anciens.

Au Nord, la bordure est plus complexe qu'on ne le supposait jadis. Elle atteint une largeur considérable à l'Ouest, de la Terre du Prince Albert à l'île Melville et au delà. L'Archipel Parry se compose en grande partie, comme on sait, de grès avec des veines de houille (II, p. 59), qui font place vers le Nord à un calcaire carbonifère riche en fossiles. C'est sur ce calcaire que reposent, au Nord, les lambeaux jurassiques. Vers l'Est, dans le North Devon, la bordure se rétrécit. Le substratum précambrien affleure au Nord jusqu'au delà du Jones Sound; il constitue également toute la partie Sud-Est de la Terre d'Ellesmere jusqu'à 79° de lat. N., ainsi que la partie Sud jusque vers 84° de long. W. En même temps que la bordure se rétrécit, ses termes extérieurs, au Nord, disparaissent. Dans le Jones Sound, Schei distingue du Silurien inférieur, puis du Silurien supérieur, du Dévonien marin, enfin un grès dévonien qui a fourni les magnifiques frondes d'*Archaeopteris* décrites par Nathorst⁴. Les Poissons à carapace [*Ganoïdes* et

1. Notice explicative de la feuille *Trois-Rivières* de l'*Eastern Townships Map*, 1:253440 (n° 655), par R. W. Ells, jointe à l'Ann. Rept. Geol. Survey of Canada, New Ser., XI (1898), J, 1901.

2. Bell, Geol. Survey of Canada, Summary Report, 1897-98, p. 82.

3. Ch. Schuchert, *On the Lower Silurian (Trenton) Fauna of Baffin Land* (Proc. U. S. Nat. Museum, XXII, 1900, p. 143-177, pl. XII-XIV).

4. A. G. Nathorst, *Die Oberdevonische Flora des Ellesmere-Landes* (Report of the Second Norwegian Arctic Expedition in the « Fram », 1898-1902, No. 1). In-8°, 22 p., 7 pl., 1 carte.

Ostracodermes] du terrain Erien ne manquent pas non plus. Le Carbonifère des Iles Parry a disparu, à moins que le calcaire carbonifère supérieur de la Presqu'île des Ours n'en soit un dernier représentant. Plus au Nord, les terrains précambriens du bouclier s'avancent si loin qu'ils atteignent même les eaux de l'Eureka Sound au fond du Fjord Bay (79°), sur la côte occidentale de la Terre d'Ellesmere.

Sur la côte orientale, dans le Bassin de Kane, Schei a trouvé du Cambrien à *Anomocare* et un Silurien inférieur représenté par plusieurs niveaux dans la Presqu'île de Bache, dans l'Île Norman Lockyer et jusqu'au Cap Prescott (79° 10' à 79° 30'). Plus au Nord, ces observations se relient aux collections de Feilden et aux descriptions d'Etheridge. Nous signalerons seulement que l'on a recueilli en abondance des fossiles du Silurien supérieur jusqu'à Offley Island (81° 16'). On a trouvé encore *Bronteus flabellifer* à Bessels Bay par 81° 6', un Graptolithe dans le drift par 81° 40', un Pentamère par 82° 30'.

Ces dernières localités appartiennent exclusivement au Groenland. Il est hors de doute que la large ceinture paléozoïque qui fait tout le tour du bouclier au Sud et à l'Ouest, et qui l'accompagne ensuite au Nord, à partir de la Terre de Banks, en conservant la même allure horizontale, passe à la direction N.E. dans la Terre d'Ellesmere, et se poursuit alors par le Kennedy Channel et la Terre de Hall jusqu'au Groenland (II, p. 60, 105). A partir de là, elle est encore accompagnée au Nord, sur une certaine distance, par des fragments de la bordure des United States Mountains; au delà du Cap Bryant, cette bordure n'existe pas, que l'on sache, et il se peut que ce soit la ceinture ou les roches précambriennes du bouclier lui-même qui constituent la côte à fjords des Terres de Nares et de Hazen et les îles voisines, jusqu'à l'extrême Nord, c'est-à-dire jusqu'au Cap Morris Jesup de Peary (83° 50').

Le bord oriental du Kennedy Channel prouve déjà que le Groenland fait partie de la Laurentia. —

Il ne faut pas perdre de vue la grande largeur sur laquelle, en dedans de la bordure commune à l'ensemble, le massif précambrien arrive à la mer.

Sur la rive Nord du Détroit de Belle-Isle, une bande cambrienne venant de Terre-Neuve repose à plat sur le gneiss. Elle appartient à un niveau plus ancien que le grès de Potsdam, qui forme d'ordinaire le terme initial de la bordure, au Sud¹. Elle arrive jusqu'au voisinage du Cap Charles, par environ 52° de lat. N. — Le Cap Camperdown, dans la Presqu'île de Bache, où Schei a trouvé, au-dessus du granite,

1. C. D. Walcott, *Correlation Papers. Cambrian* (U. S. Geol. Survey, Bull. n° 81, 1891), p. 50 et 253.

des Trilobites cambriens, et qui marque le bord interne de la ceinture, au Nord, est situé par 79° 6' de lat. N. *La distance de ces deux points dépasse donc 27° en latitude.*

Le 60° parallèle passe approximativement par le Cap Chidley au Nord du Labrador et le Cap Farewell au Sud du Groenland. Sur huit degrés de latitude, dans le Labrador, le massif ancien s'avance directement jusqu'à l'Océan Atlantique. A partir de là, les côtes du Groenland lui font face; mais, tandis que la Baie de Hudson n'a guère plus de 200 mètres de profondeur, au milieu de la Baie de Baffin on n'a pas atteint le fond par 5250 mètres¹. C'est pourquoi Boas considère la Baie de Baffin comme une véritable fosse d'effondrement. Daly a donné une bonne description d'ensemble de la côte du Labrador²; nous lui emprunterons les détails suivants, qui pourront servir à compléter ce que nous en avons déjà dit, en particulier à propos de la Baie de Hudson (II, p. 43).

Dans le Sud affleure du gneiss. Par 55°, au *Cap Pomiadluk*, on voit sur le gneiss un conglomérat très ancien, extrêmement puissant, à ciment quartzeux, qui participe aux plissements du gneiss, lesquels sont de toute façon antérieurs au Cambrien; un peu plus au Nord, à l'*Aillik Bay*, on rencontre du quartzite dans des circonstances semblables. Plus loin vers le Nord, on arrive au grand massif de gabbro qui embrasse la Baie de *Nain* et qui fournit à nos collections les cristaux de labrador dont les colorations sont si variées. De là, les Monts *Kiglapait* s'avancent vers la mer; ils sont orientés de l'E. à l'W., contrairement à la direction générale; ils pourraient bien se composer également de roches éruptives basiques, et correspondraient peut-être, avec le massif de *Nain*, aux grandes masses de gabbro qui ont été signalées par Low beaucoup plus à l'Ouest, sur les branches supérieures du *Koksoak River*. On arrive ensuite au groupe des Monts *Kaumajet* (1 200 m.), qui offrent de hautes murailles abruptes du côté du *Mugford Haven* (au voisinage de 59°), mais dont le gneiss constitue seulement les parties les plus profondes. Au-dessus vient un filon intrusif horizontal de diabase, puis, alternant avec des roches basiques, des schistes, des quartzites et des calcaires. Le haut des falaises est formé de basalte, et des bombes gisent sur les pentes; ici, l'on se trouve déjà dans le domaine des basaltes groenlandais. On atteint alors les cimes les plus élevées de la côte orientale de l'Amérique du Nord, *Torngat*, la « Montagne des Mauvais Esprits » (2 200-2 300 m., 3 000 m. d'après d'autres évalua-

1. F. Boas, *Baffin-Land. Geographische Ergebnisse einer 1883 und 1884 ausgeführten Forschungsreise* (Petermanns Mittheil., Erg.-Heft. No. 80, 1885, p. 39).

2. R. A. Daly, *The Geology of the Northeast Coast of Labrador* (Bull. Mus. Comparat. Zool., Harvard Coll., XXXVIII (Geol. Series V), n° 5, 1902, p. 205-270, 13 pl. : phot. et cartes); voir aussi A. S. Packard, *The Labrador Coast*. In-8°, 514 p., cartes, New York, 1891. L'auteur de cet ouvrage admet (p. 304) que les fjords sont des *graben*.

tions). Ce sont des pics extrêmement sauvages, découpés en dents de scie; sur la côte, on n'a trouvé que des gneiss à biotite et des schistes cristallins; à l'intérieur, Adams a rencontré aussi des montagnes tabulaires, constituées par les sédiments anciens de Mugford Haven. Le Cap Chidley est un contrefort de ces hautes montagnes. A ces hauteurs s'attache, comme on l'a déjà dit, un intérêt particulier, car elles pourraient bien représenter les restes d'un relief antérieur à l'époque cambrienne. Peut-être assimilera-t-on quelque jour les sédiments de Mugford Haven au grès de Torridon, qui, dans les Hébrides Occidentales, occupe presque la même latitude.

Sur les deux rives du *Détroit de Hudson*, les travaux de Low et de Bell apportent des éclaircissements ¹. Il n'y a point de saillies notables et les caractères du bouclier dominant, en général. On a déjà mentionné l'île Akpatok, plate, faite de Silurien. La rive Nord du détroit est marquée par des bancs puissants de calcaire cristallin, dans lesquels s'intercalent des gneiss graphitiques de teinte sombre. Bell compte, dans l'espace compris entre 62° 45' et 64°, de dix à douze bancs de ce genre, épais en moyenne de 660 mètres; le calcaire contient du grenat, de la pyrite et du feldspath blanc ².

Groenland ³. — Des roches archéennes et des basaltes, avec intercalations de couches à empreintes végétales, qui vont du Crétacé inférieur jusqu'au Tertiaire, apparaissent sur la côte occidentale ⁴. Entre

1. A. P. Low, *Report on an Exploration of part of the South Shore of Hudson Strait and of Ungava Bay*, et R. Bell, *Report of an Exploration on the Northern Side of Hudson Strait* (Ann. Rept. Geol. Survey of Canada, New Ser., XI, 1898, parts L et M, 47 et 38 p.); voir aussi Low, *Ibid.*, XIII, 1900, D, 84 p., et DD, 31 p., cartes; Steinmann und Bücking, *Zur Geologie der Küsten des Cumberlandgolfs* (in *Ergebnisse der Deutschen Polar-Expedition*, Allg. Theil, II, s. d., p. 6-11; d'après les échantillons recueillis par le D^r Boas).

2. Pour la côte occidentale de la Baie de Baffin, voir aussi Steinmann et Bücking, *op. cit.*, 41 p. Les données relatives à la côte orientale, entre 64° et 73°, ont été réunies par M. Belowsky, *Beiträge zur Petrographie des westlichen Nord-Grönlands* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch., LVII, 1905, p. 15-92).

[3. Consulter la belle carte en 4 feuilles, à 1 : 2 000 000, publiée à Copenhague en 1886 : *Kort over Grönland*, udgivet af Commissionen for Ledelsen af de geologiske og geographiske Undersøgelser i Grönland. — Les cartes géologiques partielles que renferme la collection des *Meddelelser om Grönland* sont énumérées par Emm. de Margerie, *Annales de Géogr.*, XVII, 1908, p. 65-66.]

[4. Voir. V. H. Pjetursson, *Opmaalingsexpeditionen til Egedesminde-Distrikt 1897. Geologiske optegnelsen* (Meddelelser om Grönland, XIV, 1898, p. 288-347 et 417-418); K. J. V. Steenstrup, *Beretning om en undersøgelser til Æn Disko i sommeren 1898* (*Ibid.*, XXIV, 1901, p. 249-306 et 309-311, pl. IX-XX : phot. et dessins, accomp. d'un panorama en couleurs de H. Moltke : *Nordkysten af Vajgat i Nord-Grönland*); J. P. J. Ravn, *Beretning om en geologisk undersøgelsesrejse til Disko og Nugsuak-Halvø i Vest-Grönland* (*Ibid.*, XLVII, 1911, n° 2, p. 147-172, pl. I-VIII : fotogr.); Arn. Heim, *Ueber die Petrographie und Geologie der Umgebungen von Karsuarsuk, Nordseite der Halbinsel Nugsuak, W. Grönland* (*Ibid.*, XLII, 1911, n° 3, p. 173-228, pl. IX-XXIV : carte géol., coupes, fotogr.), et *Nordvest-Grönlands Gneisgebirge*. In-4°, 6 pl. phot. avec coupe et notices, Berlin, 1911 (*Geologische Charakterbilder*, herausgegeben von H. Stille, 6. Heft).]

70° 15' et 70° 45' se montre aussi une enclave de Sénonien marin (II, p. 110)¹.

Sur la côte orientale (II, p. 106), Nathorst a pu établir, entre 72° et 74°, l'existence d'un recouvrement paléozoïque qui, quoique coupé de failles, ressemble à un segment de la bordure de la Laurentia².

Déjà le Cap Dalton (69° 24') a apporté une surprise : O. Nordenskjöld y a trouvé des fossiles marins, que Ravn a reconnus pour des espèces tertiaires du type de l'Europe occidentale. Ils concordent bien avec ceux du Hochstetter-Vorland et du Spitzberg³.

La rive Sud du Scoresby Sound (70° 20') consiste en gneiss recouvert de basalte, et Ryder n'a trouvé également, dans les ramifications intérieures de ce sound, que des roches archéennes, avec, çà et là, des grès d'âge indéterminé⁴. Les mêmes roches anciennes, presque toujours des gneiss, forment aussi les rivages des branches intérieures de tous les fjords jusqu'à une grande distance au Nord, et probablement la plus grande partie du substratum de tout le Groenland. Mais sur la rive Nord du Scoresby Sound, entre 22° et 23° de long. W., se trouve une longue baie étroite, orientée du N. au S., le *Hurry Inlet*. Le Cap Stewart en marque l'entrée à l'Ouest. Sur ce point, Edv. Bay décrit des grès contenant des restes de Plantes rhétiennes⁵, du Jurassique à coquilles marines, des schistes, des basaltes et des grès. La même série stratigraphique constitue tout l'Ouest; la rive orientale (70° 30' à 71° 30') est formée d'un gneiss qui semble être séparé des massifs gneissiques

1. T. W. Stanton (in D. White and Ch. Schuchert, *Cretaceous Series of the West Coast of Greenland*; Bull. Geol. Soc. of America, IX, 1898, p. 356 et 360) en confirme l'âge sénonien et trouve des ressemblances avec quelques espèces de l'étage du Fort Pierre, aux États-Unis.

2. A. G. Nathorst, *Bidrag til nordöstra Grönlands geologi* (Geol. Fören. i Stockholm Forhandl., XXIII, 1901, p. 275-306, pl. 5-9, dont 1 carte géol.); et son ouvrage : *Två somrar i Norra Ishafvet, Kung Karls Land, Spetsbergen Kringseiling, Spanande efter Andrée i nordöstra Grönland*. 2 vol. in-8°, nombreuses photogr., cartes, Stockholm, 1900; A. Smith Woodward, *Notes on some upper devonian Fish-Remains discovered by Prof. A. G. Nathorst in East Greenland* (Bihang k. Svenska Vetensk.-Akad. Handl. Stockholm, XXVI, Afd. 4, n° 10, 1900, p. 1-10, 1 pl.); pour le Jurassique, voir aussi B. Lundgren, *Anmärkning om några Jura-fossil från Kap Stewart i Ost-Grönland* (Meddelelser om Grönland, XXIX, 1895, p. 189-214, pl. III-V); V. Madsen, *On Jurassic Fossils from East Greenland* (Ibid., XXIX, 1904, p. 157-210, pl. VI-X, et 1 carte), et E. Fraas, *Weitere Beiträge zur Fauna des Jura von Nordost-Groenland* (Ibid., p. 277-285). D'après Frech, on a trouvé à l'Est du Groenland, sur des glaces flottantes, le *Caryocistites granatum*, fossile du Silurien inférieur de la Russie (*Lethæa geognostica*, I. Theil, II, Stuttgart, 1897, p. 89, note 2). [Sur la géologie de cette partie de la côte orientale, voir aussi le mémoire d'O. Nordenskjöld, *On the Geology and Physical Geography of East-Greenland* (Meddelelser om Grönland, XXVIII, 1909, p. 151-284, pl. X-XIV : vues et photogr., avec 1 carte géol. à 1 : 2 000 000).]

3. J. P. J. Ravn, *The Tertiary Fauna at Kap Dalton in East Greenland* (Meddelelser om Grönland, XXIX, 1904, p. 93-140, pl. III-V).

4. C. Ryder, *Den östgrönlandske Expedition, utförd i Aarene 1891-1892*, 3. del (Meddelelser om Grönland, XIX, 1896) : Edv. Bay, *Geologi*, p. 145-187, pl. II : carte géol.

[5. N. Hartz, *Planteforsteninger fra Cap Stewart i Östgrönland, med en historisk oversigt* (Meddelelser om Grönland, XIX, 1896, p. 215-247 et 271-272, pl. VI-XIX).]

de l'intérieur. Nathorst considère le Hurry Inlet comme une cassure de direction méridienne, dont la lèvre occidentale se serait abaissée; il a observé dans l'une des *Fame Islands* (70° 50', tout au fond du Hurry Inlet) une roche éruptive, de la monchiquite d'après la détermination de Bäckström. Le Jurassique du Hurry Inlet semble reparaitre encore beaucoup plus au Nord, à l'entrée du Fjord du Roi Oscar (72°).

On atteint alors les terrains paléozoïques, qui s'étendent au travers de la plupart des fjords jusqu'à 74°. L'Ouest, c'est-à-dire toutes les branches intérieures des fjords du Roi Oscar et François-Joseph, est formé par des roches précambriennes de direction N.-S. Le Silurien, qui leur succède à l'Est, présente quelques plissements; mais il n'est pas certain qu'ils ne résultent pas d'un simple retroussement¹.

Une faille N.-S. sépare, au Nord, le Silurien d'une zone de Dévonien qui lui fait suite à l'Est. A l'Est de celle-ci, dans l'étréot liséié qui la sépare de la haute mer, apparaît une longue zone de basalte. Au *Cap Parry* (72° 30'), Dusén rencontra des roches dans lesquelles Bäckström reconnut de la syénite à ægyrine et une roche analogue à la tinguaité, la sölvbergite : il la rattache à la même province pétrographique que les *Fame Islands*. Au *Cap Franklin* (73° 15', à la sortie du Fjord François-Joseph), et tout au fond du Fjord des Bœufs Musqués (73° 42'), on a trouvé du granite. Comme les puissantes assises siluriennes ne reparaisent pas sur ces deux points à l'Est du Dévonien, il faut admettre que le Dévonien est tranché à l'Est par une faille méridienne. Or tous les gisements précités, les roches éruptives des *Fame Islands* et du *Cap Parry* et les granites anciens du *Cap Franklin* et du Fjord des Bœufs Musqués, quoique distribués sur près de trois degrés de latitude, sont situés à peu près sur le même méridien, entre 22° et 22° 30' de long. W. Nathorst suppose que les lambeaux jurassiques de l'*Île Kuhn* (74° 45') sont également affaissés dans le gneiss; ce savant fait remarquer que les basaltes sont cantonnés dans une longue zone parallèle à la côte, d'où l'on peut conclure que des affaissements de direction méridienne ont affecté la structure de ces rivages. Le *Cap Broer Ruys* (73° 30') est regardé comme un ancien foyer éruptif.

C'est là seulement, sur la côte orientale du Groenland, que disparaissent sous l'Océan les traits que l'on peut regarder comme caracté-

1. « Wahrscheinlich Faltung im Graben. » Le Dévonien ne montre toutefois aucun plissement, et celui qui affecte le Silurien peut être antérieur à l'époque dévonienne.

LÉGENDE DE LA FIGURE 211.

1. Archéen (gneiss et granite); 2. Cambrien et Silurien; 3. Dévonien et couches du Cap Fletcher; 4. Trias; série du Cap Brown et d'Hurry Inlet, série de Röde Ö; 5. Rhétien et Jurassique; Couches du Cap Leslie; 6. Tertiaire; 7. Quaternaire; 8. Roches éruptives diverses; 9. Basaltes. — Échelle de 1 : 4 000 000.

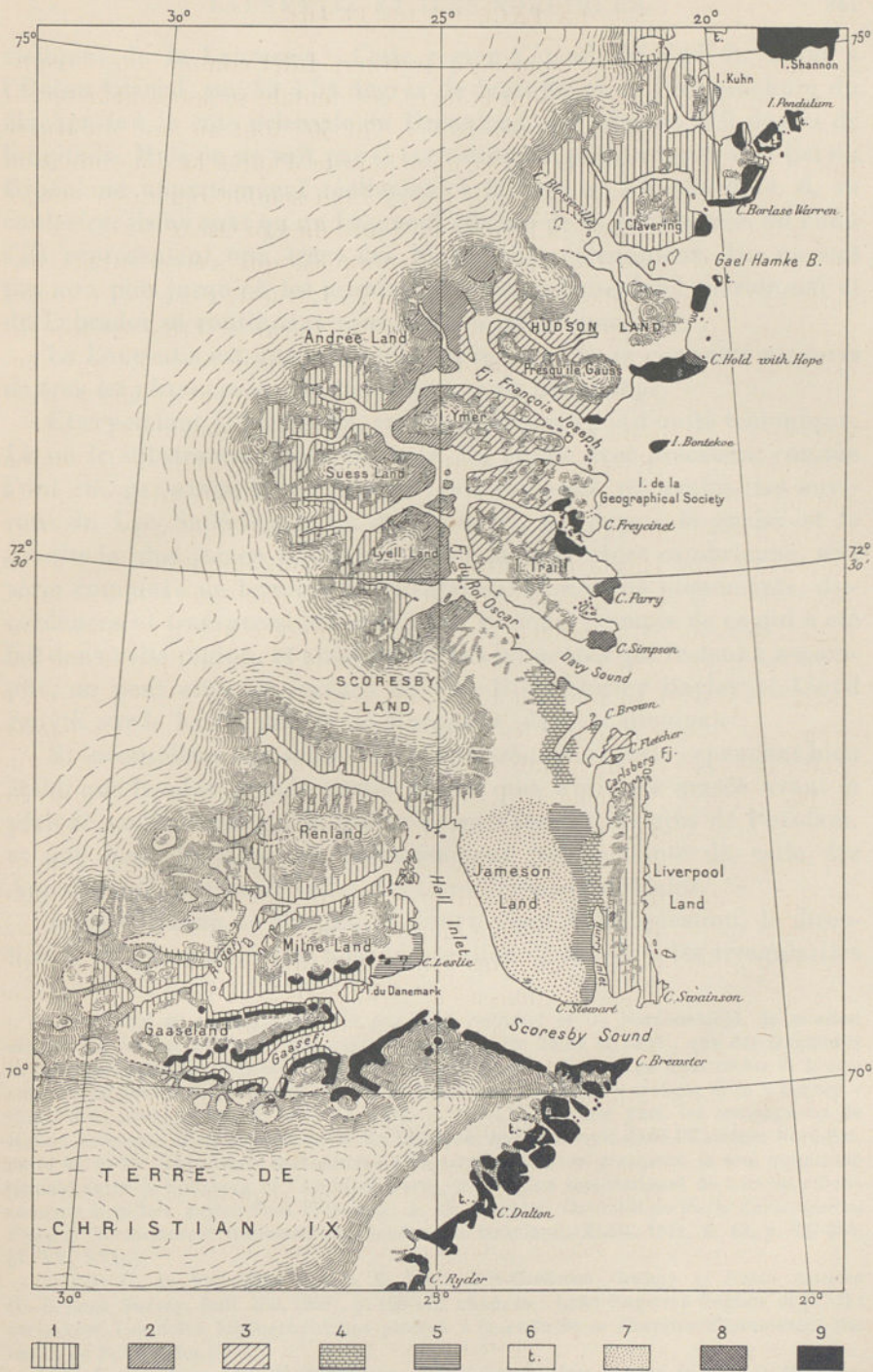


FIG. 211. — Carte géologique d'une partie de la côte orientale du Groenland, d'après O. Nordenskjöld (*Meddelelser om Grönland*, XXVIII, 1908).

ristiques de la Laurentia¹. Cette région s'étend du Sud du Texas à l'Océan Glacial, sur 53 à 54 degrés de latitude, et de l'embouchure du Mackenzie à la côte orientale du Groenland, sur plus de 110 degrés de longitude. Mais on ne sait pas si les sédiments paléozoïques de l'Est du Groenland appartiennent réellement à la bordure périphérique, si, au contraire, ils ne sont qu'un fragment affaissé de la couverture, ou enfin s'ils représentent une trace des plissements calédoniens. On ne sait pas non plus jusqu'où les terrains anciens du Groenland méridional et du Labrador se continuent sous l'Océan Atlantique.

La Laurentia est une unité très ancienne. *Elle se comporte vis-à-vis de tous les plissements postérieurs comme un avant-pays.*

Et cependant la Laurentia, en elle-même, n'a pas d'unité tectonique. Là où le substratum précambrien a été étudié avec précision, comme l'ont été, par exemple, à cause de leurs richesses minérales, les environs du Lac Supérieur², on a découvert, par-dessus le gneiss et le granite le plus ancien et au-dessous de la couverture cambrienne, une série complexe de terrains sédimentaires, affectés de plissements, discordances et transgressions multiples. Comme exemple de ce qui a été fait dans cette région, et aussi des tâches immenses qui restent à accomplir, on peut citer les travaux de Van Hise, Shirley Bayley et Lloyd Smyth sur le bassin minier de Marquette, dans le Michigan³.

Si incomplètes que soient nos connaissances, il reste cependant bien établi que la plus grande partie de ces plis avait été arasée avant la période cambrienne, ou du moins avant l'époque du grès de Potsdam, et que leur direction est complètement indépendante de celle des Appalaches, comme de celles des Cordillères occidentales.

Dans le Bassin de Marquette, dont il vient d'être question, la direction E.-W. domine; ici se pose la question de savoir si les irrégularités

[1. Au Nord de la région étudiée par Bay, Nathorst et O. Nordenskjöld, la mission dirigée par le Duc d'Orléans n'a guère recueilli, entre 76°45' et 78°18', que des fragments de roches cristallophylliennes; P. Termier, *Examen pétrographique de quelques roches de la côte orientale du Grönland, rapportées par les naturalistes de l'Expédition arctique de la « Belgica »* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4^e sér., VI, 1906, p. 177-178). D'autre part, les compagnons de Mylius Erichsen, dont on connaît la fin tragique, ont découvert dans l'Extrême Nord-Est, entre 80° et 81°, des plantes carbonifères bien caractérisées; ce gisement, le seul qui ait été signalé entre le Spitzberg et l'Archipel Parry, est le plus septentrional de tous les affleurements houillers aujourd'hui reconnus; A. G. Nathorst, *Contribution to the Carboniferous Flora of North-Eastern Greenland* (Meddelelser om Grönland, XLIII, 1911, n° 12, p. 337-346, pl. XV, XVI.)

[2. Voir C. R. Van Hise and C. K. Leith, *Pre-Cambrian Geology of North America* (U. S. Geol. Survey, Bull. 360, 1909), p. 108-402, chap. III : Lake Superior Region, et pl. II : carte géol. Les notes bibliographiques placées à la suite de ce chapitre n'énumèrent pas moins de 340 articles.]

[3. C. R. Van Hise and W. S. Bayley, *The Marquette Iron-bearing District of Michigan, including a chapter on the Republic Trough* by H. L. Smith (U. S. Geol. Survey, Monograph XXVIII). In-4°, xxvii-608 p., 35 pl., atlas in-4° de 39 pl., 1897.

de la surface des gneiss les plus anciens n'ont pas déterminé la formation de larges plis transversaux. D'autre part, la Presqu'île de Keweenaw forme un croissant qui s'avance vers le centre du Lac Supérieur dans la direction de l'île Michipicoten. Il pourrait y avoir là une portion de directrice, car la direction S.W., conforme à celle de ce segment d'arc, devient prépondérante au voisinage du bord occidental du lac, et il semble que toute la région comprise entre le Lac Winnipeg et la Baie de Hudson accuse l'influence de cette même courbure.

Dans le Labrador précambrien règne la direction N.W. à N.N.W., tout comme dans le Détroit de Hudson; dans l'Ouest du Groenland, au contraire, c'est la direction N.E. qui domine, et on signale la direction N.-S. dans les grands fjords de l'Est du Groenland. Il faudra encore beaucoup de travail, avant qu'on puisse essayer de relier entre elles les données de ce genre.

Le Groenland est un horst compris entre des effondrements d'âge différent. Les mers mésozoïques sont représentées à l'Est par du Trias et du Jurassique arctique, à l'Ouest par la transgression du Sénonien supérieur (II, p. 491). C'est en même temps un fragment de la Laurentia. Jusqu'où ses terrains laurentiens se continuent sous l'Océan, c'est, comme nous l'avons dit, ce qu'on ignore; mais il n'est pas absolument impossible qu'ils arrivent jusqu'aux Hébrides Occidentales, qui sont situées sous la latitude du Labrador.

3. Îles de l'Atlantique Nord. — Après cet examen de la Laurentia, déplaçons la belle carte bathymétrique de l'Océan Glacial Arctique par Nansen (fig. 212), ou bien ouvrons la description des côtes occidentales de l'Europe par Hudleston¹. L'Océan est resserré au Nord, vers 80° de lat., par un plateau qui s'avance de l'Est. Celui-ci ne descend qu'en un petit nombre de points au-dessous de 200 mètres; il supporte le Spitzberg² et la Terre du Roi Charles, la Terre François-Joseph, l'île Hope et Beeren Eiland (II, p. 98). Si l'on fait abstraction des terrains anté-dévonien, toutes ces îles affectent une structure tabulaire³; elles

1. F. Nansen, *The Norwegian North Polar Expedition, 1893-1896, Scientific Results*, vol. IV, n° 13, pl. 1. In-4°, Kristiania, 1904; W. H. Hudleston, *On the Eastern Margin of the North Atlantic Basin* (Geol. Mag., dec. 4, VI, 1899, p. 97-105 et 145-157, pl. III et V-VII : cartes bathymétriques). [Voir aussi B. Helland-Hansen and F. Nansen, *The Norwegian Sea, its Physical Oceanography based upon the Norwegian Researches, 1900-1904* (Report on Norwegian Fishery and Marine Investigations, II, n° 2, Bergen, 1909, carte bathymétrique).]

[2. On trouvera, sur la géologie et la cartographie du Spitzberg, les renseignements les plus détaillés dans le recueil suivant : *Swedish Explorations in Spitzbergen, 1758-1908. Historical Sketch*, by A. G. Nathorst; *Swedish Spitzbergen Bibliography*, by J. M. Hulth; *Swedish Spitzbergen Maps*, by G. De Geer (Ymer, Stockholm, XXIX, 1909, p. 3-89).]

[3. Sur la région nord-occidentale du Spitzberg, formée de terrains anciens, et dont la topographie est au contraire vraiment alpestre, voir G. Isachsen, *Spitsbergenekspeditionerne 1906* (Det norske Geogr. Selsk. aarb. 1906-07, Kristiania). In-8°, 31 p., nombreuses photogr.,

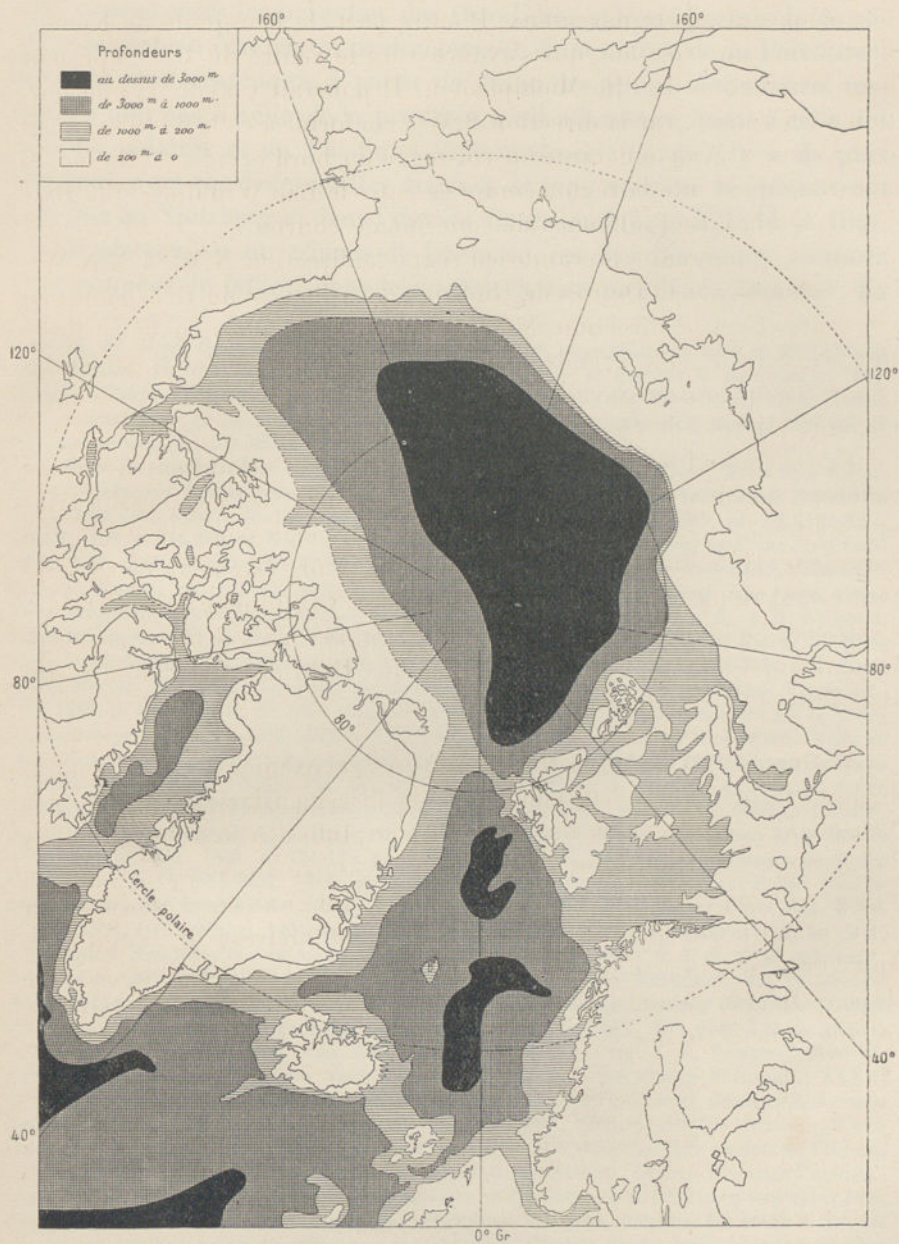


FIG .212. — Profondeurs du Bassin Polaire Arctique, d'après F. Nansen (*The Norwegian North Polar Expedition. Scientific Results*, vol. IV, 1904, n° 13, pl. I). — Figure extraite du *Traité de Géologie* d'Ém. Haug, I, 1907, p. 27, fig. 6.

Échelle 1 : 40 000 000 env.

sont situées entre les branches des Ouralides, et il est permis de considérer le plateau comme un prolongement de la plaine de la Petchora¹. La série stratigraphique, à partir du début des temps secondaires, ressemble non pas à celle de la province nord-atlantique, mais à celle des régions polaires et du Pacifique septentrional². Ce qu'il y a de plus frappant, c'est que des coquilles marines de type miocène se rencontrent à la fois au Spitzberg et dans l'Est du Groenland (I, p. 371; II, p. 106).

Ce plateau est un champ de fractures; les îles les mieux connues sont coupées de failles, dans lesquelles la direction N.-S. domine³. La

2 cartes; Ad. Hoel, *Geologiske iagttagelser paa Spitsbergen ekspeditionerne 1906 og 1907* (Norsk geol. Tidsskr., II, n° 2, Kristiania, 1909, p. 1-28, pl. I-IV); et surtout la magnifique carte publiée à Paris, en 1910: *Océan Glacial Arctique. Spitsberg (Côte Nord-Ouest). Carte dressée sous la direction de S. A. S. le Prince de Monaco pendant les saisons d'été 1906 et 1907 par la mission Isachsen*, 1 : 100 000, 2 feuilles in-f°.]

1. Pour la stratigraphie, consulter : E. T. Newton and J. J. H. Teall, *Notes on a Collection of Rocks and Fossils from Franz Josef Land, made by the Jackson-Harmsworth Expedition during 1894-1896* (Quart. Journ. Geol. Soc. London, LIII, 1897, p. 477-519, pl. XXXVII-XLI, et LIV, 1898, p. 646-652, pl. XXIX); R. Koettlitz, *Observations on the Geology of Franz Josef Land* (Ibid., LIV, 1898, p. 620-645); F. Nansen, *The Norwegian North Polar Expedition, 1893-1896. Scientific Results*, vol. I, 1900, n° 2 : J. F. Pompeckj, *The Jurassic Fauna of Cape Flora, Franz Josef Land, with a Geological Sketch* by F. Nansen. In-4°, 148 p., 2 pl.; et n° 3 : A. G. Nathorst, *Fossil Plants from Franz Josef Land*, 26 p., 2 pl. Voir aussi A. G. Nathorst, *Bidrag till Kung Karls Lands Geologi* (Geol. Fören. i Stockholm Förhandl., XXIII, 1901, p. 341-378); J. F. Pompeckj, *Marines Mesozoicum von König-Karls-Land* (Ofvers. Svenska Vetensk.-Akad. Förhandl., LVI, 1899, p. 449-464); G. de Geer, *Rapport om de svenska geologiska expeditionen till Isfjorden på Spetsbergen sommaren 1896* (Ymer, XVI, 1896, p. 259-266); A. Smith Woodward, *Notes on Fossil Fish-Remains collected in Spitsbergen by the Swedish Arctic Expedition 1898* (Bihang Svenska Vetensk.-Akad. Handl., XXV, Afd. IV, n° 5, p. 1-5, 1900). — J. Gunnar Andersson, *Ueber die Stratigraphie und Tektonik der Bären Insel* (Bull. Geol. Institut. Upsala, IV, 1899, p. 243-280, pl. VIII-X, dont 1 carte); A. G. Nathorst, *Några upplysningar till den nya kartan öfver Beeren Eiland* (Ymer, XIX, 1899, p. 171-185, pl. 2-3 : cartes). A. G. Nathorst, *Zur fossilen Flora der Polarländer*. In-4°, 1894-1902. [Voir aussi G. W. Lee, *Notes on Fossils from Prince Charles Foreland, brought home by Dr. W. S. Bruce in 1906 and 1907* (Proc. Royal Phys. Soc. Edinburgh, XVII, 1907-1908, p. 149-166, pl. VIII; fossiles carbonifères et permians); G. De Geer, *A Geological Excursion to Central Spitzbergen*. In-8°, 23 p., 9 cartes h. t. et 12 pl. photogr., Stockholm, 1910 (XI^e Congrès Géol. International, Guide de l'Excursion au Spitzberg). A. G. Nathorst, *Beiträge zur Geologie der Bären-Insel, Spitzbergens und der König-Karl-Landes* (Bull. Geol. Inst. Univ. of Upsala, X, 1910-11, p. 261-416, pl. XIV, XV, dont 1 carte géol. à 1 : 2 000 000); A. G. Nathorst, *Eine vorläufige Mitteilung von Prof. J. F. Pompeckj über die Altersfrage der Juraablagerungen Spitzbergens* (Geol. Fören. i Stockholm Förhandl., XXXII, 1910, p. 1497-1505); F. Wahnschaffe, *Die Exkursion des XI. Internationalen Geologen-Kongresses nach Spitzbergen* (Zeitschr. Gesellsch. f. Erdkunde, Berlin, 1910, p. 639-654; accomp. d'une réduction de la carte d'A. G. Nathorst, p. 641, fig. 53). — L'étage le plus ancien de l'île des Ours représente le sommet du Silurien inférieur (G. Lindström, Ofvers. Svenska Vetensk.-Akad. Handl., 1899, p. 44-47). On voit s'y adosser en discordance le Dévonien supérieur avec *Holoptechius* et *Archaeopteris hibernica*. Le Carbonifère inférieur manque. Un étage à *Athyris ambigua* est attribué au Carbonifère moyen; plusieurs niveaux du Carbonifère supérieur lui succèdent, toujours avec des traces de transgressions séparatives (Th. Tschernyschew, Mém. Comité Géol. Saint-Petersbourg, XVI, n° 2, p. 687), et au-dessus vient du Trias marin; J. Böhm, *Ueber Triasfossilien von der Bären-Insel* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch., LI, 1899, p. 325-326).

2. J. F. Pompeckj a essayé de reconstituer les contours de cette mer : *Ueber Aucellen und Aucellen-ähnliche Formen* (Neues Jahrb. f. Min., Beil.-Bd. XIV, 1901, p. 319-368, pl. XV-XVII, dont 1 carte), et *Aucellen im Fränkischen Jura* (Neues Jahrb. f. Min., 1901, I, p. 18-36, pl. IV).

[3. G. De Geer, *Some leading lines of dislocation in Spitzbergen* (Geol. Fören. i Stockholm

dislocation de la Wijde Bay au Spitzberg (II, p. 103, fig. 21) est antérieure au Dévonien supérieur. Peut-être y a-t-il là des traces des plissements calédoniens¹. Deux failles, l'une de direction N.N.W. au Cap Suédois, l'autre de direction N.N.E. dans la Terre du Roi Charles, sont, d'après Nathorst, postérieures au Néocomien et antérieures à la flore à *Gingko digitata*. D'autres failles sont postérieures à la flore tertiaire. Les affaissements se sont donc produits à des époques différentes². Quant au plateau dans son ensemble, il se termine brusquement à l'Ouest, semble-t-il, suivant une ligne presque droite, partant des environs du 80° parallèle dans la direction du S.S.E. Cette limite passe non loin du Spitzberg, à l'Ouest, et ne se termine qu'un peu au Sud de 70°, au voisinage immédiat de la côte de Norvège, c'est-à-dire au Nord des Lofoten, où le dernier lambeau de sédiments polaires s'est affaissé suivant une fracture dont le rejet est évalué par Vogt à 400 mètres au moins. La direction N.N.E. de cette cassure correspond à celle d'une déclivité considérable du fond, entre 64° et 68°³.

La côte du Groenland présente des traits analogues. Nous y avons reconnu des cassures de direction méridienne traversant le massif entre 70° 30' et 73° ou 74°, et, là aussi, le fond sous-marin offre une descente brusque qui, dans les limites indiquées, est orientée vers le S.S.W., à peu près parallèlement à la côte. En particulier, au large du Fjord François-Joseph et du Cap Broer Ruys, le fond tombe, du bord du socle continental, immergé à —400 mètres, à la profondeur de —2400 mètres. Entre les déclivités orientale et occidentale, sous le méridien 0° et plus à l'Ouest, se trouvent des cuvettes allongées, recouvertes de plus de 3 000 mètres d'eau.

Au S.W. et au S.S.W. de ces profondeurs viennent les *îles volca-*

Förhandl., XXXI, 1909, p. 199-208, pl. 2 : carte tectonique à 1 : 2 000 000, reprod. dans le *Guide de l'Excursion au Spitzberg*, pl. 7.)]

1. De Geer avait cru constater des traces de plissement sur les bords de l'Isfjord, au Spitzberg (mém. cité, p. 263); Nathorst attribue ces mouvements au trainage qui se serait produit le long des failles (*Zur Fossilen Flora der Polarländer*, I, p. 9, 10). [L'existence, le long de la côte occidentale, d'une véritable chaîne de plissement récente — tout au moins post-jurassique — a été établie d'une manière incontestable par G. De Geer (*Guide de l'Excursion au Spitzberg*, p. 13, fig. 2), dont les membres du Congrès Géologique International ont pu, en 1910, vérifier en partie les observations. L'amorce de cette zone plissée figure sur la belle carte géologique et bathymétrique de l'Isfjord et de ses abords, à 1 : 200 000, dressée par G. De Geer : *Geological Map of Central Spitzbergen*, 1910 (*Guide de l'Excursion au Spitzberg*, pl. I).]

[2. La continuation de ces mouvements jusqu'à une date toute récente ressort de la découverte faite par Ad. Hoel, dans la Bock Bay, à l'Ouest de la Wood Bay, en 1910, d'un cratère parfaitement conservé, qu'accompagnent des sources chaudes alignées N. N. W.; G. Isachsen, *Geogr. Journal*, XXVI, 1910, 2° sem., p. 577-581; *Zeitschr. Gesellsch. f. Erdkunde*, Berlin, 1910, p. 638; *Annales de Géogr.*, XX, 1911, p. 95.]

3. J. H. L. Vogt, *Praktisk-geologiske undersøgelser af Nordlands amt. III. Søndre Helgeland* (Norges Geologiske Undersøg., n° 29, 1900). In-8°, 178 p., 1 pl., cartes dans le texte; en particulier p. 4-8.

niques : Jan Mayen d'abord, puis l'Islande et les Færøer, plus loin Saint Kilda et Rockall¹, et enfin, dans une fosse d'effondrement distincte, les Hébrides intérieures. A l'Est et au Sud s'étendent la terre

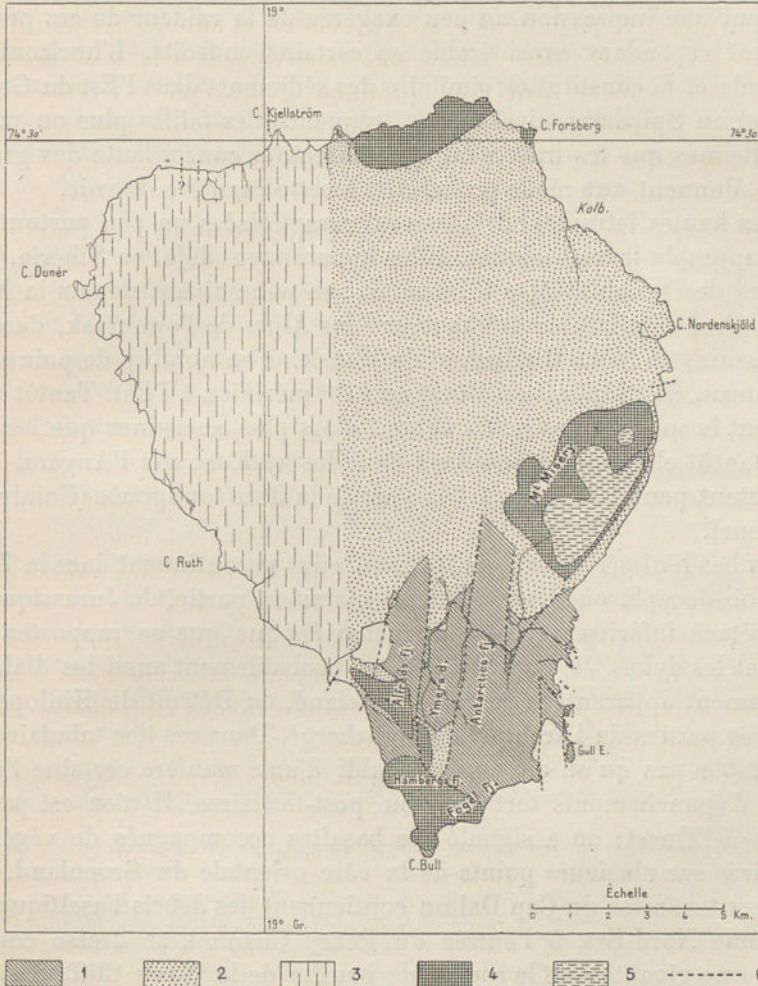


FIG. 213. — Carte géologique de l'île aux Ours (Beeren Eiland), d'après J. G. Andersson (*Bull. Geol. Inst. of the University of Upsala*, vol. IV, 1899, pl. X, 1901).

1. Formation d'Heclahook; 2. Grès de l'île aux Ours (Dévonien supérieur); 3. Carbonifère moyen; 4. Carbonifère supérieur; 5. Trias; 6. Failles. — Échelle de 1 : 200 000.

1. L'île de Saint Kilda est en gabbro, avec filons de granophyre, association qui rappelle les gisements de l'Irlande; W. J. Sollas, *On the Volcanic Districts of Carlingford and Slieve Gullion*, I. *On the Relation of the Granite to the Gabbro of Barnavave* (Trans. Roy. Irish Acad., Dublin, XXX, 1894, pt. 12, p. 477-512, pl. XXVI, XXVII); G. A. J. Cole, *On the Geology of Slieve Gallion in the County of Londonderry* (Scientif. Trans. Royal Soc. Dublin, VI, Ser. 2, 1897, p. 213-248, pl. XII-XIV). Rockall et Helen's Reef (57° 36' lat. N., 13° 42' long W.) sont constitués, d'après les rares échantillons récoltés dans ce récif, dont l'accès est très

ferme et les îles qui en dépendent, Lofoten, Shetlands, Orcades, etc.

En ce qui concerne les régions septentrionales, Hudleston et Vogt ont attribué une origine tectonique aux talus raides qui descendent jusqu'aux grands fonds. Bien que les figures habituellement en usage donnent une impression un peu exagérée de la raideur de ces pentes, elle est cependant considérable en certains endroits. L'horizontalité générale et la constitution similaire des sédiments dans l'Est du Groenland et au Spitzberg, ainsi que la fréquence des failles plus ou moins méridiennes qui les traversent et la direction concordante des grands fonds, donnent une réelle probabilité à cette manière de voir.

Les hautes latitudes boréales sont caractérisées un peu partout par des nappes de laves basiques. Elles apparaissent déjà, en Sibérie, bien au Sud de l'amphithéâtre d'Irkoutsk : se poursuivant depuis la Mongolie, elles s'étalent sur les hauteurs des Alpes de Tounkinsk, dans les dépressions de Nijné Oudinsk et de Kansk, et en nombre de points sur le plateau, de l'Iénisséi à l'Ouest au 110° méridien à l'Est. Tantôt elles forment le sommet des *goltzi* et sont alors plus anciennes que les vallées, tantôt elles sont descendues dans les vallées; sur l'Angara, elles remontent peut-être jusqu'à l'époque de la flore tOUNGouse (Gondwana inférieur).

Du bas Iénisséi et de Port Dickson, elles se continuent dans la Terre François-Joseph, où elles datent, au moins en partie, du Jurassique ou du Crétacé inférieur. C'est à la même époque que se rapportent les laves et les dykes du Cap Suédois, et probablement aussi les diabases étroitement apparentées du Stans Foreland, du Détroit de Hinlopen et d'autres parties de l'archipel du Spitzberg¹. Dans ces îles tabulaires, il ne semble pas qu'on ait encore établi d'une manière certaine l'existence d'épanchements tertiaires ou post-tertiaires. Il n'en est pas de même à l'Ouest; on a signalé des basaltes accompagnés de végétaux tertiaires sur plusieurs points de la côte orientale du Groenland. Les couches tertiaires du Cap Dalton contiennent des débris basaltiques. A l'extrême Nord-Est, à l'entrée du Peary Channel, se dresse comme une borne gigantesque le rocher de basalte de la Navy Cliff, dont les parois abruptes s'élèvent à 1100 ou 1200 mètres². A l'entrée du

difficile, par une roche à agirine, quartz et albite (Rockallite); le fond de la mer est parsemé de basalte; W. Spotswood Green, J. W. Judd, C. R. J. Cole, etc., *Notes on Rockall Island and Bank, with an account of the Petrology*, etc. (Trans. Roy. Irish Acad., Dublin, XXXI, 1897, part 3, p. 39-98, pl. IX-XIV).

1. Axel Hamberg, *Ueber die Basalte des König Karl Landes* (Geol. Fören. i Stockholm Forhandl.; XXI, 1899, p. 509-532, pl. 20-22); H. Backlund, *Diabases du Spitzberg Oriental* (Mission scientifique pour la mesure d'un arc de méridien; Mission Russe, 1907, II). In-4°, 29 p., carte; l'auteur considère ces diabases comme plus récentes que le Jurassique supérieur.

2. G. C. Adams, *Lieutenant Peary's Arctic Work* (Geogr. Journ., London, II, 1893, p. 310).

Robeson Channel, jusqu'à 81° 45', on retrouve les couches à empreintes de feuilles associées aux basaltes (I, p. 370); dans l'île de Disko, sur la côte occidentale, elles reposent sur des basaltes créacés. Dans l'Ouest de la Terre d'Ellesmere, les couches tertiaires existent, mais sans les basaltes; elles apparaissent, associées aux basaltes, sur différents points jusqu'auprès de l'embouchure du Mackenzie; en Nouvelle-Sibérie, les couches à empreintes végétales sont redressées, et des laves basaltiques apparaissent à l'extrémité Nord du continent voisin. On arrive alors aux premiers pointements des laves basiques de Sibérie, pour retrouver enfin ceux de Port Dickson. —

A 129 kilomètres à l'W.S.W. de Suderö, la plus méridionale des Færöer, se trouve le milieu du banc des Færöer, qui s'étend du N.N.E. au S.S.W. sur 90 kilomètres. Post soupçonne qu'il y a eu là un volcan¹. Il est fort possible qu'à partir de ce point, les épanchements basaltiques aient jadis formé une nappe continue jusqu'aux Hébrides intérieures, en occupant des portions étendues de l'Irlande et de l'Écosse. Ce qui en subsiste de nos jours remonte exclusivement à l'époque tertiaire (I, p. 201, 370)². L'état actuel des Færöer ne permet pas de douter que ces îles représentent les restes d'une terre beaucoup plus vaste.

Les travaux d'Arch. Geikie ont donné des résultats très importants pour l'intelligence de l'activité volcanique dans cette région.

1. H. von Post, *Om Färöarnes uppkomst* (Geol. Fören. i Stockolm Forhandl., XXIV, 1902, p. 274-282, en particulier p. 280).

2. A. Geikie est arrivé à des résultats qui ne concordent pas avec ceux que l'on trouve exposés, d'après Judd, dans le présent ouvrage (I, p. 201); d'après ses recherches, les gabbros sont des masses intrusives, ayant pénétré dans les basaltes; quant aux granophyres et aux granites, leur âge est encore plus récent; A. Geikie, *The History of Volcanic Action during the Tertiary Period in the British Isles* (Trans. Royal Soc. Edinburgh, XXXV, 1888, p. 21-184, pl. I, II; cartes); *On the Relations of the Basic and Acid Rocks of the Tertiary Volcanic Series of the Inner Hebrides* (Quart. Journ. Geol. Soc., L, 1894, p. 212-231, pl. XIII, XIV); *The Tertiary Basalt-Plateaux of North-Western Europe* (Ibid., LII, 1896, p. 331-406, pl. XV-XIX); et surtout *The Ancient Volcanoes of Great Britain*. In-8°, London, 1897, II, p. 107-478, pl. VII-VIII; cartes); Pour la thèse contraire, voir J. W. Judd, *The Tertiary Volcanoes of the Western Isles of Scotland* (Quart. Journ. Geol. Soc., XLV, 1889, p. 187-219); *The Propylites of the Western Isles of Scotland, and their relation to the Andesites and Diorites of the District* (Ibid., XLVI, 1890, p. 341-385, pl. XIV, XV); et *On Inclusions of Tertiary Granite in the Gabbro of the Cuillin Hills, Skye* (Ibid., XLIX, 1893, p. 175-198, pl. I, II); etc. [Voir, en outre, la monographie définitive publiée par A. Harker, *The Tertiary Igneous Rocks of Skye*. In-8°, xi-482 p., 27 pl. phot., 84 fig. dans le t., 1 carte géol., Glasgow, 1904 (Mem. of the Geol. Survey of the United Kingdom).]

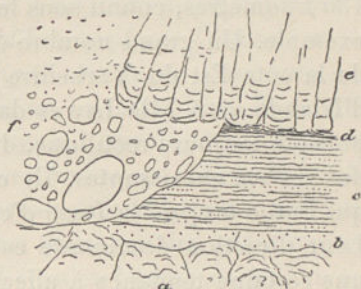


FIG. 214. — Galets d'origine continentale sur le rocher basaltique de Dun Beag (île Sandry, entre Rum et Canna, Écosse), d'après A. Geikie.

a. Amygdaloïde; b. Tufs; c. Condens feuilletés; d. Schistes charbonneux; e. Amygdaloïde basaltique; f. Galets.

Toute la partie de la mer située au Nord du district basaltique d'Antrim présente les caractères d'une fosse d'effondrement irrégulière. C'est ce qui ressort de l'inclinaison des couches à végétaux intercalées, inclinaison également considérable aux Faröer. La fig. 214 montre un petit récif de basalte émergeant de la mer, sur lequel s'est conservé le lit d'un torrent avec des cailloux roulés provenant de la terre ferme.

Mais cette région n'offre rien de plus significatif que le grand développement qu'y prennent les injections. Le filon-lit, long de 120 à 130 kilomètres, connu sous le nom de Whin Sill (I, p. 199), en est un exemple. Un grand nombre de dykes plus ou moins verticaux courent de la côte Est du Yorkshire jusqu'à la Baie de Donegal, sur la côte d'Irlande, et à l'île Lewes dans les Hébrides occidentales. Leur tracé, presque toujours rectiligne, demeure tout à fait indépendant de l'allure des roches encaissantes. Ils coupent transversalement la grande faille qui limite au Sud la fosse d'effondrement écossaise (II, p. 113, fig. 23). Leur direction dominante est N.W. à W.N.W., avec, dans le Nord, une certaine tendance à affecter une disposition rayonnante. En maint endroit ils sont si serrés, qu'il y a lieu de croire que le sous-sol est profondément crevassé. Le plus long de ces filons est le Cleveland Dyke, que l'on a suivi à travers tout le Royaume-Uni, de l'E.S.E. à l'W.N.W., depuis la côte orientale du Yorkshire jusqu'à la plaine du Solway Firth, à 177 kilomètres de distance; et si certains pointements éruptifs notables de l'Ayrshire en font encore partie, sa longueur totale atteindrait 300 kilomètres¹.

Geikie conclut qu'à l'époque tertiaire, il devait exister au-dessous de toute la région un *vaste réservoir de lave* (ou une série de réservoirs)². L'épaisseur des terrains traversés par les dykes, à partir de la limite inférieure du Silurien, est évaluée à 5 300 mètres, et le réservoir en question doit avoir été plus bas encore.

Même toute la zone de dislocation calédonienne d'Erriboll, qui représente l'un des accidents les plus remarquables de la surface terrestre, n'a pas constitué une limite, et nous arrivons ainsi à nous représenter *des réservoirs de lave dont la configuration est indépendante de l'allure des chaînes de montagnes antérieures*.

Islande. — Ces faits nous amènent à modifier nos idées sur la signification des volcans actifs de l'Islande et de *Jan Mayen*.

Sequoia Sternbergi, *Fagus Deucalionis*, *Liriodendron Procaccinii* et nombre d'autres espèces européennes appartenant au Tertiaire moyen

1. Sur leur composition, voir J. H. Teall, *Petrological Notes on Some North-of-England Dykes* (Quart. Journ. Geol. Soc., XL, 1884, p. 209-247, pl. XII, XIII).

2. A. Geikie, *The Ancient Volcanoes of Great Britain*, II, 1897, p. 178, et ailleurs.

apparaissent dans le « Surtarbrandur », c'est-à-dire dans les couches à végétaux intercalées dans les basaltes de l'Islande. C'est la même flore que l'on trouve, par exemple, sans les basaltes au Cap Lyell (Spitzberg), et associée aux basaltes dans l'île de Mull (Hébrides). Aussi Nathorst a-t-il depuis longtemps soutenu l'opinion que les types américains représentés dans les flores européennes auraient immigré par un pont continental, ménageant un passage du Groenland à l'Europe par l'Islande¹. D'après Judd, le district d'Antrim, les Hébrides, les Færøer et l'Islande forment une seule et même province pétrographique². « Peut-être, dit Geikie, les événements aujourd'hui actifs de l'Islande et de Jan Mayen sont-ils les descendants en ligne directe de ceux qui ont fourni les matériaux des plateaux basaltiques tertiaires [de l'Écosse et de l'Islande], les foyers volcaniques s'éteignant lentement du Sud au Nord. »³ Bäckström a reconnu que les roches de l'Écosse et de l'Islande, ainsi que les batholithes correspondants, présentent un parallélisme complet, à la seule exception près que les granophyres constituent le terme final en Islande, tandis qu'en Écosse on trouve en outre des granites⁴.

Lorsqu'il a été question de l'Islande dans un précédent volume II, p. 211-214), les grands travaux de Th. Thoroddsen n'en étaient encore qu'à leur début; ils nous ont apporté depuis un tableau des faits où le lien direct entre les fractures du sol, les éruptions volcaniques et les sources chaudes⁵ se manifeste probablement avec plus de netteté qu'en aucun autre lieu du monde⁶. Cependant, il était déjà visible

1. A. G. Nathorst, *Polarforskningens bidrag till forntidens värtgeografi* (in A. E. Nordenskjöld, *Studien och forskningar föranledda af mina resor i höga Norden*. In-8°, Stockholm, 1883, p. 258, et ailleurs). Intéressante est l'apparition de dépôts marins qui ne sont pas plus récents que le Crag rouge d'Angleterre (II, p. 213); J. Gwyn Jeffries and Searles V. Wood, in J. Starkie Gardner, *The Tertiary Basaltic Formation in Iceland* (Quart. Journ. Geol. Soc., XLI, 1885, p. 96, tableau); et H. Pjetursson, *The Crag of Iceland - an Intercalation in the Basalt-Formation* (Ibid., LXII, 1906, p. 712-715). D'après Pjetursson, la glace a joué un rôle dans le terrain « palagonitique » (*Moræner i den Islandske Palagonitformation*, Overs. K. Danske Vidensk. Selskabs Forhandl., 1901, p. 147-171; extr., *Scottish Geogr. Mag.*, Edinburgh, XVI, 1900, p. 265-293); le même, *On a Shelly Boulder-Clay in the so-called « Palagonite Formation » of Iceland* (Quart. Journ. Geol. Soc. London, LIX, 1903, p. 356-361).

2. J. W. Judd, *On the Gabbros, Dolerites, and Basalts, of Tertiary Age, in Scotland and Ireland* (Quart. Journ. Geol. Soc., XLII, 1886, p. 54).

3. A. Geikie, *Trans. Royal Soc. Edinburgh*, XXXV, 1888, p. 75.

4. H. Bäckström, *Beiträge zur Kenntniss der isländischen Liparite* (Geol. Fören. i Stockholm Förhandl., XIII, 1891, p. 637-682, notamment p. 671 et suiv.). — Sur la jonction de la Norvège au Spitzberg et sur l'« Arctide » de Pettersen, voir le tome II du présent ouvr., p. 98.

5. Voir Th. Thorkelsson, *The Hot Springs of Iceland* (K. Danske Vidensk. Selsk. Skr., 7. Raekke, Naturvid. og mathem. Alf., VIII, 1910, n° 4, p. 181-264, 13 pl. phot.); Th. Thoroddsen, *De varme kilder paa Island, deres fysisk-geologiske forhold og geografiske udbredelse* (Danske Vidensk. Selsk. Forhandl., 1910, n° 2, p. 97-257, carte.)

6. Voir surtout Th. Thoroddsen, *Island. Grundriss der Geographie und Geologie* (Petermanns Mittheil., Ergänz.-Hefte No. 152-153), 358 p., 3 pl. : carte hypsométrique, carte géologique, carte tectonique et itinéraires, Gotha, 1905. [Voir aussi Th. Thoroddsen, *Geolo-*

alors que les contours de l'île avaient été affectés par des effondrements, qui vont seuls maintenant retenir notre attention.

On sait que l'île consiste en une épaisse table de basalte. Cette table est traversée par des formations volcaniques plus récentes et de nature très variée.

Nous commencerons par la presqu'île nord-occidentale. L'examen des conditions de gisement du « Surtarbrandur » a révélé un fait inattendu : c'est que *le substratum basaltique y est traversé par des cassures circulaires, concentriques, disposées en croissant*, et que des compartiments étendus se sont affaissés le long de ces cassures en formant des échancrures arrondies¹.

Le Breidi Fjördr, sur la côte occidentale, et le Húnaflói, sur la côte septentrionale, sont des effondrements qui entament le basalte et réduisent à une largeur de 7 ou 8 kilomètres à peine l'isthme rattachant la presqu'île, découpée comme une feuille, à l'Islande. Plusieurs cassures circulaires concentriques, — quatre, semble-t-il, — jalonnées par places de sources chaudes, traversent la presqu'île. La première et la plus importante va de l'Isafjördr au Tálknafjördr. Chaque soir présente un abrupt *vers l'intérieur*, et une pente douce vers l'extérieur (fig. 215).

En 1879, il se produisit à Pearlette (Kansas), par dissolution, un effondrement circulaire qui donna naissance à un petit lac salé; les abrupts concentriques regardaient au contraire *vers l'extérieur*². En 1895, un lit de sables bouillants situés au-dessous d'une partie de la ville de Brüx se vida latéralement dans les puits d'une mine de lignite; on observa que les tassements commençaient à la périphérie et s'étendaient de proche en proche dans la direction de l'écoulement souterrain.

gical Map of Iceland, 1 : 600 000. Surveyed in the years 1881-1898. Edited by the Carlsberg Fund. Copenhagen, 1901 : H. Pjetursson, *Om Islands Geologi* (Meddelelser Dansk Geol. Foren., Nr. 11, 1905, p. 1-104), et *Einige Hauptzüge der Geologie und Morphologie Islands* (Zeitschr. Gesellsch. f. Erdkunde, Berlin, 1908, p. 451-467, pl. 5); K. Sapper, *Island* (Geogr. Zeitschr., XIII, 1907, p. 225-243 et 316-329); H. Spethmann, *Der Aufbau der Insel Island* (Centralblatt f. Mineralogie, 1909, p. 622, 646); H. Pjetursson, *Island*. In-8°, 22 p., Heidelberg, 1910 (*Handbuch der Regionalen Geologie*, herausgegeben von G. Steinmann und O. Wilckens, IV, 1. Abt.); W. von Knebel, *Ueber die Lava-Vulkane auf Island* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch., LVIII, 1906, Monatsber., p. 59-76); K. Sapper, *Ueber einige isländische Vulkanspalten und Vulkanreihen* (Neues Jahrb. f. Min., Beilage-Bd. XXVI, 1908, p. 1-43, pl. I-VIII); H. Spethmann, *Vulkanologische Forschungen im östlichen Zentralisland* (Ibid., p. 381-432, pl. XXXI-XXXVI); H. Reck, *Isländische Masseneruptionen* (Geol. u. Palaeontol. Abhandl. hersg. von E. Koken, Neue Folge, XIII, 1910, p. 83-186, pl. I-IX : fotogr.).]

1. Th. Thoroddsen, *Nogle Iagttagelser over Surtarbrandens geologiske forhold i det nordvestlige Island* (Geol. Fören. i Stockholm Förhandl., XVIII, 1896, p. 114-154, pl. I : cartes, en particulier p. 147); *Islandske Fjorde og Bugter* (Geogr. Tidsskr., Kjöbenhavn, XVI, 1902, p. 58-82, pl. II : cartes); sur l'isthme, voir le même : *Höjlandet ved Langjökull paa Island* (Ibid., XV, 1900, p. 3-14, pl. I : carte).

2. W. D. Johnson, U. S. Geol. Survey, 21st Ann. Rept., 1899-1900, part 4, p. 708-711, en particulier pl. CXXXVI-CXXXVIII.

Lorsque, quelque temps après, le phénomène se répéta, des fissures se produisirent d'abord en dehors des limites atteintes par la première catastrophe, après quoi l'affaissement se circonscrivit dans la même direction que précédemment¹.

L'exemple de l'écoulement survenu à Brùx concorderait mieux que l'affaissement par dissolution de Pearlette avec ce qui s'est passé en Islande. Lorsqu'une pièce de fonte se solidifie irrégulièrement, et qu'une

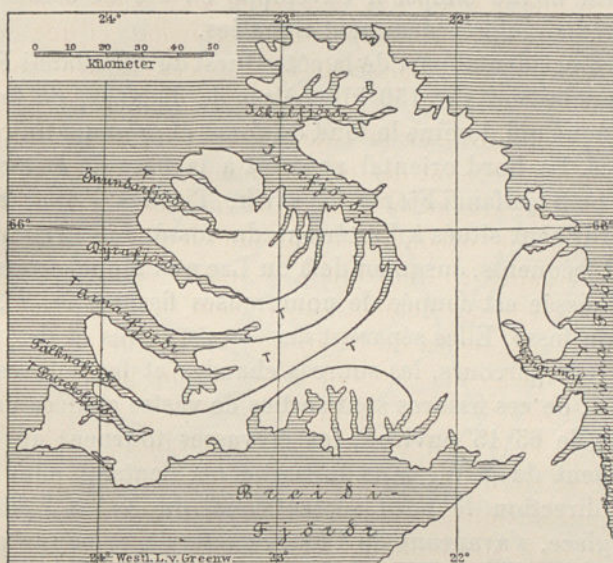


FIG. 215. — La presqu'île nord-occidentale de l'Islande, d'après Th. Thoroddsen.

Échelle de 1 : 2 000 000 environ.

certaine quantité de métal restée liquide s'échappe de côté en laissant un vide, les fondeurs allemands disent qu'il se produit un *Lunker*. Nous dirons de même que le Nord-Ouest de l'Islande est comparable à une cavité de ce genre, dont la couverture de laves aurait crevé.

Le *Faxa-Fjördr* est un effondrement en forme de cuvette régulière, sur le bord occidental; il est jalonné par des volcans et des sources chaudes. Le horst basaltique allongé qui le sépare du Breiði Fjördr porte à son extrémité le volcan du Snæfells Jökull. Il est limité au Sud par la presqu'île volcanique de Reykjanes².

1. Franz E. Suess, Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XLVIII, 1898, p. 491 et suiv.

2. Th. Thoroddsen, *Snæfellsnes i Island* (Ymer, X, 1890, p. 144-188, pl. I : carte); *Geologiske Iagttagelser paa Snæfellsnes og i omegn af Faxabugten i Island* (Bihang K. Svenska Vetensk.-Akad. Handl. Stockholm, XVII, Afd. II, n° 2, 1891, p. 95, 1 carte); et *Reisen in Island und einige Ergebnisse seiner Forschungen* (Verhandl. Gesellsch. f. Erdkunde, Berlin, XX, 1893, p. 203-214); le même, *Geografiske og geologiske Undersøgelser ved den sydlige Del af Faxaflói paa Island* (Geogr. Tidsskr., XVII, 1903, p. 26-41, 93-109, 123-144, carte), et ailleurs.

Dans les fjords de la côte Nord, on ne voit pas d'effondrements circulaires avant d'atteindre 17° 30' de long. W. On arrive alors à un large fossé d'effondrement, qui traverse toute l'Islande, d'abord dans la direction du Sud, puis en se recourbant vers le S.W., de sorte qu'au Sud, la Presqu'île de Reykjanes, déjà mentionnée, en forme la limite septentrionale. Ce fossé, nettement marqué dans le Nord, embrasse la plupart et les plus remarquables des accidents volcaniques récents de l'Islande. En même temps, il enveloppe en arc de cercle toutes les cassures circulaires précédemment signalées.

Son bord occidental part de la côte Ouest du Skjalfandi Fjördr et se poursuit vers le Sud sur 150 kilomètres de distance, en formant une paroi basaltique qui domine le fond du fossé et présente un rejet de 500 à 600 mètres. Le bord oriental apparaît à la base de la presqu'île de Langanes. Le Skjalfandi Fjördr, Húsavik, Tjörnes, l'Axar Fjördr et le Thistil Fjördr sont situés à l'intérieur du fossé. Les tremblements de terre y sont fréquents. Jusqu'au delà du Lac aux Mouchérons (Mývatn), la bande affaissée est coupée de nombreuses fissures N.-S., parallèles aux bords du fossé. Elles séparent des horsts élevés et des fossés profonds; sur leur parcours, les sources chaudes et les volcans s'alignent en chapelets; de ces fissures sont sorties de vastes coulées de lavé¹.

A partir de 65° 13' environ, les crevasses tournent au S.S.W. et se rapprochent du S.W. dans la partie occidentale; elles atteignent avec cette direction le bord septentrional du Vatna Jökull, dont la calotte de glace, s'avancant de l'Est, recouvre une bonne partie de la zone affaissée². Sur sa lisière S.W. apparaissent de longues crevasses de direction S.W. : la fissure, longue de 30 kilomètres, de l'Eldgjá, la fissure bien connue et non moins longue de Laki, qui est jalonnée par une centaine de bouches d'éruption, etc.³. C'est ainsi que la grande zone volcanique principale, avec ses multiples alignements de direction S.W., et sur une largeur considérable, atteint la côte méridionale, pour se continuer au large de la Presqu'île de Reykjanes par la chaîne

1. Th. Thoroddsen, *Vulkaner i det nordøstlige Island* (Bihang K. Svensk. Vetensk. Akad. Handl., XIV, Afd. II, n° 5, 1888, 71 p., 3 pl., carte); trad. sous le titre de : *Vulcane im nord-östlichen Island* (Mittheil. k. k. Geogr. Gesellsch. Wien, XXXIV, 1891, p. 117-145 et 245-289, 3 pl.); *Fra det nordøstlige Island. Rejseberetning fra Sommeren 1895* (Geogr. Tidsskr., XIII, 1895-96, p. 99-122, pl. III : carte), et *Fra det nordlige Island. Rejseberetning fra Sommeren 1896* (ibid., XIV, 1897-98, p. 7-28, carte), et surtout : *Die Bruchlinien Islands und ihre Beziehungen zu den Vulkanen* (Petermanns Mittheil., LI, 1905, p. 49-53, pl. V : carte et plans).

[2. Sur les massifs restés en saillie dans cette dépression, voir H. Reck, *Das vulcanische Horstgebirge Dynjufjöll* (Abhandl. K. Preuss. Akad. Wiss. Berlin, 1910, 100 p., cartes et pl.).]

3. A. Helland, *Lakis Kratere og lavastrømme* (Universitetsprogram for 2. Sem. 1885, Kristiania, 1886). In-4°, 40 p., 2 pl.; Th. Thoroddsen, *Fra Islands indre Højland. En Rejseberetning fra Sommeren 1889* (Geogr. Tidsskr., X, 1889-90, p. 149-172, pl. III : carte), et *Rejse i Wester-Skaptafells Syssel paa Island i Sommeren 1893* (ibid., XII, 1893-94, p. 167-234, pl. II : carte), et dans d'autres publications.

des Iles Vestmanna et par les Fuglasker. Dans la Presqu'île de Reykjanes, Thoroddsen compte au moins 30 volcans et plus de 700 cratères. Au large des Iles Fuglasker, les sondages de l'« Ingolf » ont révélé l'existence d'une crête sous-marine qui s'avance dans la même direction très loin au S.W.¹.

Au Sud-Ouest et à l'Ouest de l'Hekla se trouve une région basse.

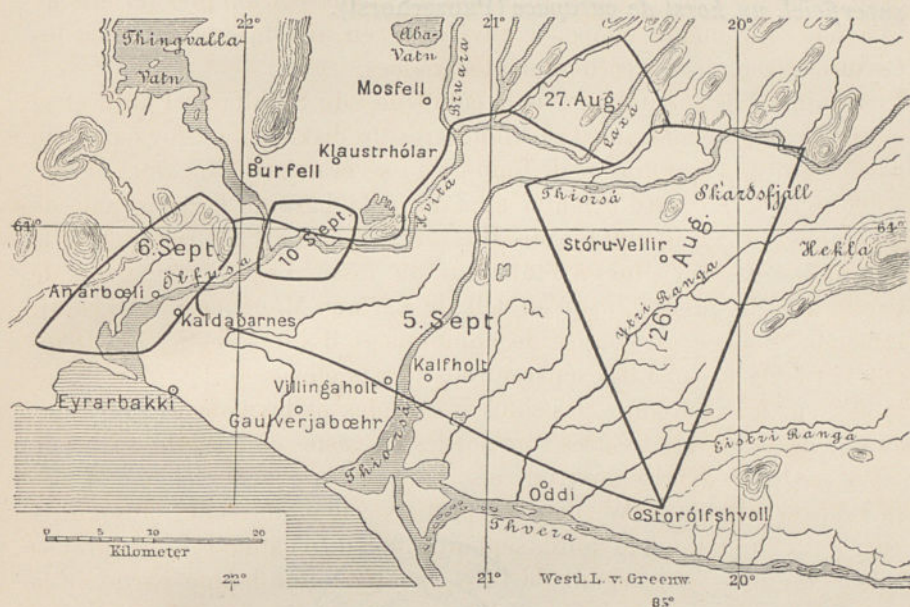


FIG. 216. — Extension de quelques tremblements de terre en Islande (1896), d'après Th. Thoroddsen.

Échelle de 1 : 750 000.

ournée vers la mer, qui se distingue assez nettement du haut pays situé plus au Nord. Les tremblements de terre y sont fréquents et violents. Lors des sismes de 1896, on crut pouvoir y distinguer plusieurs compartiments, de forme plus ou moins polygonale, qui furent ébranlés à des jours différents. Cette région aussi est une aire affaissée; en 1896, les secousses partirent toujours de la lisière, du côté du haut pays. Malgré leur violence et leur proximité, l'Hekla ne s'émut pas².

1. Th. Thoroddsen, *Undersøgelser ved den sydlige Del af Faxaflói*, III, p. 133 et 143; *Islands Fjorde og Bugter*, p. 164. La croupe sous-marine, telle que la représente la carte de l'Expédition de l'« Ingolf » (Geogr. Tidsskr., XIV, 1897-98), est tellement allongée et étroite qu'elle fait penser à l'entraînement des cendres par la mer, à peu près comme dans les Kouriles.

2. Th. Thoroddsen, *Jordskjælv i Islands sydlige Lavland, deres geologiske Forhold og Historie* (Geogr. Tidsskr., XIV, 1897-98, p. 93-113, pl. IV; XV, 1899-1900, p. 93-121); extr. sous le titre de : *Das Erdbeben in Island im Jahre 1896* (Petermanns Mittheil., XLVII, 1901, p. 53-56, pl. V : cartes).

Ces phénomènes ne sont que la continuation du grand épisode, au cours duquel le champ de basalte de l'Atlantique Nord s'est abîmé dans la profondeur. Cependant, malgré la puissance du substratum basaltique, que l'on évalue à plus de 3 000 mètres, on ne peut guère les considérer comme des dislocations tectoniques profondes; *tous ces phénomènes n'intéressent que la carapace (Panzer); l'Islande est un horst superficiel, un horst de carapace (Panzerhorst).*



LIBRAIRIE ARMAND COLIN, 5, rue de Mézières, PARIS, 6^e

Traité de Géographie Physique : Climat, Hydrographie, Relief du Sol, Biogéographie, par EMMANUEL DE MARTONNE, professeur de Géographie à l'Université de Lyon. Un volume in-8° raisin (26 × 16), 918 pages, 396 figures et cartes, 48 planches photographiques hors texte et 2 grandes cartes en couleur hors texte, broché . . . 22 fr.

Relié demi-chagrin, tête dorée 28 fr. 50

(Ouvrage couronné par l'Académie des Sciences et par la Société de Géographie de Paris.)

Traité de Géologie, par ÉMILE HAUG, professeur à l'Université de Paris.

I. Les Phénomènes géologiques. Un volume in-8° de 538 pages, 195 figures et cartes, 71 planches hors texte, broché 12 fr. 50

II. Les Périodes géologiques :

FASCICULE 1 : In-8°, 392 pages, 100 figures et cartes, 28 planches hors texte, br. . . . 9 fr.

FASCICULE 2 : In-8°, 468 pages, 110 figures et cartes, 20 planches hors texte, br. . . 10 fr.

FASCICULE 3 et dernier : In-8°, figures et cartes, planches hors texte, br. » »

La Science Géologique : ses Méthodes, ses Résultats, ses Problèmes, son Histoire, par L. DE LAUNAY, ingénieur en chef des Mines, professeur à l'École supérieure des Mines. Un volume in-8°, 752 pages, 53 figures, 6 planches hors texte, broché . . . 20 fr.

Relié demi-chagrin, tête dorée 25 fr.

L'Architecture du Sol de la France. Essai de Géographie tectonique, par le Com^e O. BARRÉ. In-8°, 189 figures dont 31 planches hors texte, broché . . . 12 fr.

(Ouvrage couronné par la Société de Géographie de Paris.)

Les Tremblements de Terre (Géographie Séismologique), par le Comte DE MONTESSUS DE BALLORE, directeur du Service séismologique de la République du Chili. Un vol. in-8°, 480 pages, 89 figures et cartes, 3 cartes hors texte, broché . . . 12 fr.

La Science Séismologique (Les Tremblements de Terre), par le Comte DE MONTESSUS DE BALLORE. Un volume in-8° de 590 pages, avec 185 figures et cartes, 32 planches hors texte, broché 16 fr.

Atlas général Vidal-Lablache, historique et géographique, par P. VIDAL DE LA BLACHE, membre de l'Institut, professeur à l'Université de Paris. — Nouvelle édition entièrement mise à jour et regravée : 420 cartes et cartons en couleur ; index alphabétique de 50.000 noms. — Un volume in-folio, relié toile 30 fr.

Avec reliure amateur 40 fr.

(Ouvrage couronné par la Société de Géographie de Paris. Prix Barbé du Bocage.)

Annales de Géographie, publiées sous la direction de P. VIDAL DE LA BLACHE, L. GALLOIS et EMM. DE MARGERIE, assistés d'un Comité de patronage ; paraissant en janvier, en mars, en mai, en juillet et en novembre. (Les Abonnés reçoivent gratuitement la *Bibliographie géographique annuelle* qui paraît en septembre.)

ABONNEMENT ANNUEL (de Janvier)

France et Colonies. 20 fr. | Union postale. 25 fr.

Chaque numéro, avec Cartes, 4 fr. — Dernière *Bibliographie* parue, 5 fr.

Paris. — Imp. E. CAPIOMONT et C^o, rue de Seine, 57.

- N° 873 -