

ÉMILE HAUG

Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris.

HAU  
(2)

---

TRAITÉ  
DE  
GÉOLOGIE

II  
Les Périodes géologiques.

---

290 figures et cartes et 64 planches de reproductions photographiques hors texte.



LIBRAIRIE ARMAND COLIN

RUE DE MÉZIÈRES, 5, PARIS

1908-1911

Droits de reproduction et de traduction réservés pour tous pays.



PPNO1809595X

D.F. 79.98

GR 2360(2)

Chaque chapitre est suivi d'une liste bibliographique, donnant les titres des principaux ouvrages que le lecteur pourra avoir intérêt à consulter. Dans le texte il est renvoyé à ces titres au moyen de numéros placés entre crochets [6], [21]. Les numéros précédés d'un chiffre romain [XXXI, 16] correspondent à des citations d'ouvrages figurant à la suite du chapitre indiqué par ce chiffre (dans l'espèce: chap. XXXI, cit. n° 16). Les renvois aux titres cités à la suite de l'Introduction sont précédés d'un zéro [0,14].

Copyright nineteen hundred and eleven  
by Max Leclere and H. Bourrelier, proprietors of Librairie Armand Colin.

DEUXIÈME PARTIE

---

LES PÉRIODES GÉOLOGIQUES

## CHAPITRE XXX

### PRINCIPES GÉNÉRAUX DE LA STRATIGRAPHIE.

- 1° Notions stratigraphiques antérieurement acquises.
- 2° Divisions chronologiques : Grandes périodes des anciens auteurs. — Caractères paléontologiques des grandes périodes. — Révolutions du Globe. — Évolution des êtres et continuité géologique. — Rôle des migrations. — Choix des coupures. — Corrélation des faunes.
- 3° Principes de la nomenclature stratigraphique : Classifications locales et classification générale. — Hiérarchie des termes.
- 4° Plan adopté dans l'étude des périodes.

#### 1° NOTIONS STRATIGRAPHIQUES ANTÉRIEUREMENT ACQUISES

Dans la première partie de cet ouvrage, nous avons déjà, par anticipation, exposé un certain nombre de faits dont la connaissance constitue en quelque sorte la base de toutes les études stratigraphiques. Il suffira de les rappeler en quelques mots.

La *notion de superposition* est de toutes la plus élémentaire, mais aussi la plus essentielle. Toutes les fois que deux couches sédimentaires sont superposées, c'est évidemment l'inférieure qui est la plus ancienne, la supérieure, la plus récente, avec cette réserve, toutefois, que les couches n'ont pas subi, postérieurement à leur dépôt, sous l'action de mouvements orogéniques, une dislocation qui a dérangé l'ordre primitif de leur succession, soit en les renversant, dans le cas d'un pli couché, soit en refoulant la couche inférieure par-dessus la supérieure, suivant une surface de chevauchement ou de charriage. On dit alors qu'il y a superposition *anormale*<sup>1</sup>.

Une succession de couches en superposition normale fournit déjà

1. Un cas tout à fait différent et très exceptionnel de superposition anormale peut résulter de la formation de dépôts sédimentaires dans des grottes, par des cours d'eau ou des lacs souterrains. Les couches qui prennent naissance dans ces conditions sont plus récentes que celles qui constituent le toit de la grotte et qui leur sont superposées.

un rudiment de chronologie. Mais comme les divers termes d'une telle série renferment souvent des restes organiques ou *fossiles*, qui diffèrent d'une couche à l'autre, soit spécifiquement, soit génériquement, soit encore simplement par leur mode d'association, la chronologie acquiert une précision plus grande lorsqu'elle est fondée, non plus exclusivement sur la connaissance de termes d'une composition lithologique déterminée, mais sur la *notion des fossiles caractéristiques*. Dans les recherches stratigraphiques, la méthode purement lithologique est la plus ancienne; malgré les inconvénients qu'elle présente, il est nécessaire de l'employer dans les cas où les couches sont complètement dépourvues de fossiles. Depuis longtemps, on lui préfère la méthode paléontologique, qui a l'avantage de permettre des parallélismes à grande distance, même lorsque l'on est en présence de couches de composition minéralogique différente.

En effet, si l'on suit pas à pas, dans le sens horizontal, une couche déterminée, on peut constater quelquefois qu'elle conserve les mêmes caractères lithologiques et paléontologiques sur de très grandes étendues, tandis que, dans d'autres cas, on la voit passer latéralement à des couches d'une autre nature lithologique, qui renferment parfois des espèces fossiles totalement différentes de celles du point de départ, ou qui, plus fréquemment, sont caractérisées par un mélange de celles-ci avec des formes nouvelles. C'est sur cette constatation qu'est basée la *notion de faciès*, entrevue par Al. Brongniart et précisée plus tard par Gressly (chap. XI). Elle est d'une importance capitale en Stratigraphie.

Les fossiles qui se rencontrent exclusivement dans un faciès déterminé sont appelés par Joh. Walther [VI, 4] *fossiles de faciès*; ceux qui, par contre, se trouvent indistinctement dans la plupart des faciès du milieu marin sont par excellence les fossiles caractéristiques. Grâce à eux, il est possible de synchroniser des dépôts hétéropiques ou de faciès différents.

Lorsqu'il est impossible de suivre la continuité de deux couches hétéropiques ou d'appliquer la méthode paléontologique, on peut avoir recours, pour synchroniser deux formations, à la *méthode indirecte* due à Edm. Hébert (chap. XI, p. 146). Elle est basée, on s'en souvient, sur la présence, en dessus et en dessous des deux couches à synchroniser, de couches qui, de part et d'autre, possèdent la même composition lithologique, les mêmes fossiles et le même âge.

L'étude d'une série sédimentaire dans le sens vertical révèle tantôt la plus grande uniformité des couches qui se succèdent, tantôt des variations de faciès fréquentes et souvent très brusques. Dans ce

deuxième cas, on observe souvent des traces d'exondation de diverse nature (chap. XXVIII, p. 494); la série est discontinue et comporte quelquefois des intercalations lagunaires ou continentales dans les formations néritiques, qui prédominent. Dans le premier cas, par contre, la série est généralement continue et elle comprend principalement des formations bathyales. On a vu dans un chapitre précédent (chap. XII) comment ces faits conduisent à la *notion des géosynclinaux et des aires continentales*, qui est une des idées directrices de cet ouvrage.

Dans les séries continues, les couches successives sont presque toujours rigoureusement parallèles entre elles et l'on doit admettre qu'elles se sont déposées à peu près horizontalement (sauf sur les bords des bassins, où elles se relèvent légèrement, en même temps que la pente du fond). On dit alors que les couches sont concordantes. Dans les séries discontinues, la concordance des couches peut exister également, mais on observe fréquemment, entre deux termes de la série, une discordance angulaire, indiquant que les couches dont se compose le premier terme ont été redressées par des mouvements orogéniques avant le dépôt du deuxième terme. C'est sur cette *notion de concordance et de discordance* (chap. I, p. 18) qu'est basée la détermination de l'âge d'un système de plissements (chap. XII, p. 249). Elle joue également un rôle capital dans les études stratigraphiques, car elle a conduit à la *notion des cycles*, qui intervient en toute première ligne dans la division de l'histoire de la Terre en périodes. Rappelons qu'un cycle se compose de trois phases successives, lithogénèse, orogénèse et glyptogénèse, ou sédimentation, diastrophisme et formation du modelé, qui aboutissent à un aplanissement des continents par le jeu des agents dynamiques externes. Le début d'un nouveau cycle est marqué par une nouvelle invasion de la mer sur des espaces précédemment exondés et transformés en pénéplaine. Cette invasion marine n'est pas un phénomène continu, elle est interrompue par des phases de retrait temporaire, qui précèdent l'exondation générale. La *notion des transgressions et des régressions marines* trouvera son application stratigraphique, dès que nous aurons à rechercher les bases scientifiques sur lesquelles peut être établie la division des temps géologiques en périodes. De plus, nous aurons à nous préoccuper du contre-coup que peuvent exercer les lois régissant ces mouvements (chap. XXVIII, p. 500) sur la délimitation des coupures stratigraphiques.

## 2° DIVISIONS CHRONOLOGIQUES

Voyons maintenant comment les principes stratigraphiques que nous avons sommairement résumés peuvent servir de base à l'établissement de divisions chronologiques dans la série des formations sédimentaires.

GRANDES PÉRIODES DES ANCIENS AUTEURS. — Dès la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, plusieurs savants se préoccupèrent de distinguer, dans les terrains qui constituent l'écorce terrestre, de grandes divisions, définies par des caractères lithologiques.

La plus ancienne de ces classifications est due à A. G. Werner [1], professeur à la Bergakademie de Freiberg. Ce célèbre chef d'école distinguait en Allemagne des *formations*, basées sur la composition minéralogique des couches, et les groupait de la manière suivante en séries correspondant aux grandes périodes de l'histoire de la Terre :

1° *Terrains primitifs (Urgebirge)*, dépourvus de fossiles et comprenant les granites, les gneiss, les micaschistes, les porphyres, la serpentine, etc. ;

2° *Terrains de transition (Uebergangsgebirge)*, comprenant les formations suivantes : schistes argileux, schistes siliceux, grauwacke, diorites et gypses de transition, et renfermant les premières pétrifications ;

3° *Terrains de sédiment (Flötzgebirge)*, comprenant la plupart des formations sédimentaires de l'Europe centrale et aussi certaines formations, telles que le basalte, reconnues depuis comme d'origine volcanique ;

4° *Terrains de transport (aufgeschwemmtes Gebirge)*, comprenant diverses formations détritiques d'âge récent ;

5° *Roches volcaniques.*

Werner n'avait pas reconnu les véritables relations qui existent entre ces divisions et pourtant, pendant longtemps, sa classification allait servir de base aux travaux géologiques, aussi bien en Allemagne que dans les pays voisins.

C'est James Hutton [I, 2] qui devait le premier établir la délimitation des grandes périodes géologiques sur des données stratigraphiques, aujourd'hui encore considérées comme fondamentales. On doit à l'illustre Écossais d'avoir reconnu la discordance extrêmement accusée qui, en Grande-Bretagne, sépare les *terrains primaires* des *terrains secondaires* et que l'on a depuis observée en beaucoup d'autres points du globe.

Voici comment Playfair, son disciple, résume en 1802 [I, 4, p. 130] ses conclusions :

« Il a remarqué, dans plusieurs circonstances, que, lorsque le schiste primaire se lève en lits presque verticaux, il est recouvert par des couches horizontales de pierres de sable secondaires; que ces dernières sont pénétrées d'une manière irrégulière par le schiste, et qu'elles renferment aussi des fragmens de cette roche; tantôt angulaires, tantôt ronds et friables, comme s'ils avoient été usés par le frottement. De là, il conclut que les strata primaires, après avoir été formés au fond de la mer en plans presque horizontaux, ont été élevés de manière à devenir presque verticaux, pendant qu'ils étoient encore couverts par l'Océan, et avant que les lits secondaires aient commencé à se déposer sur eux. Il conclut aussi que, comme les fragmens de la roche primaire, enfermés dans la secondaire, sont, pour la plupart, arrondis et usés, la déposition de la secondaire doit avoir été séparée de l'élévation de la primaire, dans un intervalle de temps suffisant à l'action du brisement et de la ruine, et ensuite au travail des figures rondes de ces fragmens, qui ont dû être d'abord détachés. »

Il ressort très nettement de ces lignes qu'Hutton envisageait les ères Primaire et Secondaire comme deux périodes de sédimentation, séparées par des mouvements orogéniques<sup>1</sup>. En même temps il établissait l'origine métamorphique du granite et des schistes cristallins qu'il attribuait à des cycles anciens de l'ère Primaire, condamnant ainsi la notion des terrains primitifs.

Il était réservé à des géologues français d'introduire dans la science la subdivision des *terrains tertiaires*, car nulle part ces formations ne présentent une série plus variée, plus riche en fossiles que dans les environs de Paris. Le terme apparaît pour la première fois dans le *Traité élémentaire de minéralogie*, d'Alexandre Brongniart, en 1807, mais il ne fut clairement défini qu'en 1822 par Cuvier et Al. Brongniart, qui distinguaient dans les *terrains de sédiment*, superposés aux *terrains anciens ou primordiaux*, les trois subdivisions des terrains de sédiment inférieur, moyen et supérieur.

« Le terrain de *sédiment supérieur*, disent-ils, aussi nommé *terrain tertiaire*, s'étend depuis la craie exclusivement ou depuis les argiles plastiques et les lignites inclusivement, jusqu'à la surface de la terre, ou plutôt jusqu'aux derniers dépôts marins de l'ancienne mer. Cette dernière classe, à laquelle appartiennent la plus grande partie du sol du bassin de Paris et un grand nombre d'autres terrains répandus sur toute la surface du globe, était presque entièrement inconnue aux géologues de la célèbre école de Freyberg. »

Enfin, en 1829, Desnoyers ajouta aux terrains primaires, secondaires et tertiaires les *terrains quaternaires*; ce sont les terrains de transport de Werner.

1. Cette notion a été, encore récemment [10], attribuée à tort à Cuvier.

Les termes d'*ère Paléozoïque*, *ère Mésozoïque*, *ère Cénozoïque* (ou *Néozoïque*), proposés par John Phillips, sont synonymes d'*ère Primaire*, *Secondaire*, *Tertiaire* (Quaternaire comprise) et sont employés par beaucoup d'auteurs.

CARACTÈRES PALÉONTOLOGIQUES DES GRANDES PÉRIODES. — Les grandes périodes ou ères de l'histoire de la Terre ont été établies tout d'abord, comme on vient de le voir, en partant de données purement lithologiques et stratigraphiques, mais les études paléontologiques n'ont pas tardé à fournir une quantité d'éléments qui permettent de définir d'une manière beaucoup plus précise les divisions antérieurement créées [3-12]. Nous allons indiquer sommairement les caractères paléontologiques de chacune des quatre ères Primaire, Secondaire, Tertiaire et Quaternaire, réservant pour un chapitre ultérieur la question si importante des premières manifestations de la vie à la surface du Globe.

*Ère Primaire.* — Le peu que nous savons sur les Végétaux fossiles des premières périodes de l'ère Primaire montre que les principaux types de la flore carbonifère avaient déjà fait leur apparition au Dévonien, voire peut-être au Silurien<sup>1</sup>, de sorte que la flore peut être envisagée comme un ensemble homogène. On y constate l'absence totale des Angiospermes, tandis que les Gymnospermes sont déjà représentés par les Conifères, par de rares Cycadinées et par les deux classes des Cordaïtées, qui atteignent leur maximum, et des Ptéridospermées, confondues jusque dans ces derniers temps avec les Fougères. Mais les principaux éléments de la flore paléozoïque appartiennent à l'embranchement des Cryptogames vasculaires et ce sont, à part les Fougères et les Équisétacées, uniquement des groupes qui ne survivent pas ou à peine à l'époque Permienne : les Lépidodendrées et les Sigillariés, qui sont des Lycopodinées Hétérosporées, voisines des Sélaginelles actuelles, mais arborescentes; les Annulariées, Équisétinées Hétérosporées; les Sphénophyllées, groupe tout à fait particulier de Cryptogames vasculaires.

La faune comprend un certain nombre de types spéciaux à l'ère Primaire. Ce sont de nombreuses familles, plusieurs ordres entiers, plus rarement des classes.

Parmi les Cœlentérés, les Tétracoralliaires et les Tabulés, si abondants dès le Silurien, n'ont plus que de très rares représentants dans les temps secondaires.

Les Graptolithes sont des Hydrozoaires qui ont vécu pendant presque toute la durée du Primaire, mais leur groupe le plus caractéristique est confiné dans le Silurien.

Dans l'embranchement des Échinodermes, deux classes, les Cystoïdés et les Blastoïdés, sont exclusivement paléozoïques.

Parmi les Mollusques, les Conulaires et les Tentaculites constituent des

1. Le Cambrien n'a encore fourni aucun reste organique que l'on puisse attribuer avec certitude aux Végétaux.

groupes spéciaux, que l'on range, sans raisons bien valables, dans les Ptéropodes.

Parmi les Crustacés, les Gigantostracés et les Trilobites sont rigoureusement cantonnés dans le Paléozoïque. Les Trilobites sont même à tel point caractéristiques de l'ère Primaire qu'on a souvent appelé celle-ci l'ère des *Trilobites*.

Les Vertébrés ne sont pas connus d'une manière certaine antérieurement au Silurien terminal; ce sont des Poissons d'un type très primitif, exclusivement paléozoïque, auquel on a donné le nom de Placodermes. Les Amphibiens se rencontrent pour la première fois au début du Carbonifère. Ils appartiennent à l'ordre remarquable des Stégocéphales, qui ne survit pas au Trias. Les véritables Reptiles étaient considérés, jusque dans ces derniers temps, comme faisant leur apparition au Permien, mais A. Thevenin a décrit tout récemment un représentant des Rhynchocéphales, auquel il a donné le nom de *Sauravus* et qui provient du Carbonifère le plus élevé de Blanzky (Saône-et-Loire). Les Reptiles du Permien se répartissent d'ailleurs dans les deux seuls ordres, tout à fait primitifs, des Théromorphes et des Rhynchocéphales.

Plusieurs ordres d'Invertébrés, tout en continuant à vivre jusque dans l'ère Secondaire ou même jusqu'à l'époque actuelle, atteignent leur maximum au Paléozoïque et décroissent ensuite rapidement. Tels sont, parmi les Échinodermes, les Crinoïdes; parmi les Brachiopodes, les *Helicopegmata*; parmi les Céphalopodes, les Nautiloïdés. Parmi les Poissons, les Ganoïdes et les Dipneustes sont dans le même cas, et plusieurs sous-ordres de Sélaciens sont cantonnés dans le Carbonifère et le Permien.

On doit mentionner enfin comme *caractères négatifs* de la faune primaire l'absence totale des Hexacoralliaires, des Échinides exocycles, des Bélemnoidés, de tous les ordres de Reptiles, à l'exception des Théromorphes et des Rhynchocéphales, et celle des Oiseaux et des Mammifères.

*Ère Secondaire.* — La flore secondaire se distingue de celle du Primaire principalement par des caractères négatifs, car on constate, dès le Trias, la disparition d'un grand nombre de types de la flore carbonifère, qui étaient déjà en décroissance au Permien. Seules les Fougères, les Équisétinées, les Conifères et les Cycadées persistent sans diminution très sensible. Les Cycadées atteignent même leur maximum au Jurassique. Les Cordatiées sont réduites à un petit nombre de genres assez mal connus et s'élèvent jusque dans le Crétacé. Les Monocotylédones apparaissent peut-être dès le Trias, mais restent encore à l'arrière-plan. Les Dicotylédones ne sont connues qu'à partir du Crétacé inférieur.

La faune est également caractérisée par un certain nombre de disparitions. Plusieurs groupes d'Invertébrés sont signalés pour la première fois, mais ont persisté jusqu'à l'époque actuelle, comme les Hexacoralliaires, les Échinides exocycles, les Thécidéidés (Brachiopodes) et de nombreuses familles de Lamellibranches et de Gastéropodes. D'autres atteignent leur maximum au Secondaire, comme les Térébratulidés, les Trigonies, les Pleurotomaires et surtout les Ammonoïdés, qui sont connus depuis le Silurien supérieur et disparaissent à la fin du Crétacé. Les Bélemnitidés et les Nérinées se rencontrent exclusivement dans les terrains secondaires et on en connaît des restes du bas au haut de la série, tandis que les Rudistes sont localisés dans le Crétacé.

En ce qui concerne les Poissons, il y a lieu de mentionner la présence des

premiers Poissons osseux ou Téléostéens, qui sont d'ailleurs reliés aux Ganoïdes par des passages insensibles.

Les derniers Stégocéphales et les derniers Théromorphes ont été trouvés dans le Trias supérieur, tandis que les Rhynchocéphales atteignent leur maximum au Jurassique et persistent jusqu'à l'époque actuelle, où ils ne sont d'ailleurs plus représentés que par l'unique genre *Sphenodon*, ou *Hatteria*, qui vit dans la Nouvelle-Zélande. D'autres ordres de Reptiles actuels, comme les Crocodiliens, les Chéloniens, les Lacertiens, sont déjà très développés au Secondaire. Mais ce sont surtout les Dinosauriens terrestres, les Ichthyosauriens et les Sauroptérygiens marins, les Ptérosauriens volants, qui impriment à l'ère Secondaire son cachet particulier et qui lui ont valu la dénomination d'ère des Reptiles. Les ossements fossiles des représentants de ces quatre ordres sont même étroitement localisés dans les dépôts mésozoïques.

C'est dans les terrains jurassiques que l'on a rencontré les plus anciens restes d'Oiseaux (*Archæopteryx*). D'autres Oiseaux à dents ont été trouvés dans le Crétacé du Kansas.

Les premiers Mammifères didelphes apparaissent au Trias; des restes d'Allothériens ont été trouvés dans plusieurs gisements jurassiques et crétacés; mais on ne connaît de l'ère Secondaire aucun reste appartenant aux Mammifères monodelphes.

*Ère Tertiaire.* — La flore tertiaire comprend déjà toutes les grandes divisions que l'on a pu établir pour les Végétaux actuels et, inversement, on ne peut guère signaler de famille tertiaire qui ne soit encore représentée de nos jours. Les Cycadées et les Conifères, qui au Secondaire prédominaient sur les Angiospermes, jouent, dans les flores tertiaires, un rôle plus effacé et les Cordaïtes ont totalement disparu [3-6].

La faune tertiaire se distingue surtout par des caractères négatifs : par l'absence totale d'un certain nombre de groupes d'Invertébrés et de Vertébrés caractéristiques des temps secondaires. C'est ainsi que les Ammonoïdés, les Bélemnites, les Rudistes disparaissent à la fin du Crétacé. De même, les Ichthyosauriens, les Sauroptérygiens, les Pythonomorphes, les Ptérosauriens et les Dinosauriens ne franchissent pas la limite entre l'ère Secondaire et l'ère Tertiaire. Les Oiseaux à dents ont également disparu.

Mais le début du Tertiaire est marqué aussi par l'apparition d'un certain nombre de types nouveaux. Les Nummulites (Foraminifères), qui étaient déjà faiblement représentées au Carbonifère, mais ne sont pas connues avec certitude dans les dépôts secondaires, reparaissent dès les premières couches tertiaires et abondent pendant toute la période inférieure, qui pour cette raison a été appelée *période Nummulitique*. Aucun groupe important nouveau n'est à signaler parmi les Coelentérés, les Brachiopodes, les Lamellicornes, les Gastéropodes, les Crustacés, les Poissons, les Reptiles. Parmi les Échinides, on peut mentionner les genres *Clypeaster*, *Scutella*, *Echinanthus*, *Echinolampas*, *Schizaster*, *Spalangus*, qui sont inconnus avant le Tertiaire, mais vivent encore de nos jours. Enfin, tous les ordres actuels d'Oiseaux existaient déjà.

Le trait le plus caractéristique de la faune tertiaire est fourni par les Mammifères monodelphes, qui sont encore entièrement inconnus au Crétacé, quoi que l'on ait dit. Leurs restes sont assez abondants et assez complets pour que l'on ait pu reconstituer la filiation d'un certain nombre de groupes et, en particulier, celle de plusieurs familles de Carnivores et d'Ongulés. Quelques ordres et sous-ordres sont représentés uniquement à l'état

fossile. Tels sont les Tillodontes, les Créodontes et, parmi les Ongulés, les Condylarthres et les groupes exclusivement sud-américains des Litopternés, des Toxodontes, des Typothériens, des Ancylopodés, des Astrapothériens, des Pyrothériens. L'ère Tertiaire mérite donc la dénomination d'*ère des Mammifères*, qu'on lui donne parfois.

*Ère Quaternaire.* — Aucun caractère paléontologique essentiel ne permet de distinguer l'ère Quaternaire de l'ère Tertiaire; aucun groupe important de Végétaux ou d'Animaux ne fait son apparition, si ce n'est l'Homme, dont cependant on ne connaît encore aucun reste authentique dans le Quaternaire inférieur. Cependant l'invasion de l'Europe et de l'Amérique du Nord par une faune nouvelle, d'origine asiatique, qui refoule vers le sud la faune néogène, est un fait assez marquant pour motiver la séparation du Quaternaire, justifiée d'ailleurs par des raisons d'ordre purement géologique. La faune quaternaire d'Europe et de l'Amérique du Nord a du reste les plus étroites affinités avec la faune *holarctique* actuelle, dont les éléments principaux ont été énumérés dans un chapitre antérieur (chap. IV, p. 54).

RÉVOLUTIONS DU GLOBE. — Il ressort de cet aperçu sommaire des caractères paléontologiques des grandes périodes un défaut de continuité dans la succession des êtres, au moins aussi frappant que la discontinuité dans la sédimentation, qui ressort de l'étude des formations. La limite de deux périodes successives est presque toujours marquée par des extinctions soudaines de certains éléments caractéristiques de la faune et de la flore et par l'apparition brusque de types nouveaux. Les coupures que l'on peut ainsi établir dans la série sédimentaire, en se fondant sur les données paléontologiques, concordent en général fort bien avec celles que l'on avait basées sur les discordances. Pour les divisions de second ordre, c'est-à-dire pour les périodes au sens propre, la coïncidence fréquente entre les deux classifications n'est pas moins frappante que pour les divisions de premier ordre, pour les ères.

Il n'y a rien d'étonnant, dès lors, à ce que les stratigraphes aient cherché depuis longtemps à établir une relation de cause à effet entre les deux catégories de faits. Cuvier [I, 5] attribuait à des *révolutions* subites, à de véritables *catastrophes* les changements dans l'emplacement des mers et la destruction des organismes qui en résultaient :

« La vie, dit-il, a donc souvent été troublée sur cette terre par des événements effroyables. Des êtres vivants sans nombre ont été victimes de ces catastrophes; les uns, habitants de la terre sèche, se sont vus engloutis par des déluges; les autres, qui peuplaient le sein des eaux, ont été mis à sec avec le fond des mers subitement relevé; leurs races mêmes ont fini pour jamais, et ne laissent dans le monde que quelques débris à peine reconnaissables pour le naturaliste. »

On verra tout à l'heure comment Cuvier lui-même expliquait le

renouvellement des faunes. Quant à ses disciples, ils n'hésitèrent pas à recourir à l'hypothèse des *créations successives*.

Alcide d'Orbigny écrivait encore, en 1851 [0,14, II, p. 251], les lignes suivantes, qui aujourd'hui font sourire :

« Une première création s'est montrée avec l'étage silurien. Après l'anéantissement de celle-ci, par une cause géologique quelconque, après un laps de temps considérable, une seconde création a eu lieu dans l'étage dévonien ; et successivement vingt-sept fois des créations distinctes sont venues repeupler toute la terre de ses plantes et de ses animaux, à la suite de chaque perturbation géologique qui avait tout détruit dans la nature vivante. Tel est le fait, le fait certain, mais incompréhensible, que nous nous bornons à constater, sans chercher à percer le mystère surhumain qui l'environne. »

Parallèlement à cette doctrine des créations successives se développait l'idée d'une relation directe entre les révolutions et les mouvements orogéniques. On sait que, dans la pensée d'Élie de Beaumont, les soulèvements, qui auraient donné naissance à ses systèmes de montagnes, se seraient toujours produits à la limite de deux périodes géologiques [XXIX, 2]. La doctrine des systèmes de montagnes est aujourd'hui entièrement abandonnée. Les phénomènes de plissement ne sont plus guère envisagés comme des mouvements affectant le caractère de catastrophes. On les attribue actuellement à des actions profondes, dont les effets se font à peine sentir à la surface. Les mouvements épirogéniques qui leur font suite, tout en se produisant par saccades, semblent également s'être effectués avec une extrême lenteur. Dans tous les cas, il n'y a pas lieu de considérer, comme un auteur l'a fait encore tout récemment, « ces redressements et ces plissements de couches sédimentaires dans les chaînes de montagnes comme des phénomènes relativement brusques, comme des crises violentes qui interrompent à diverses époques la tranquille continuité de l'histoire terrestre » [10, p. 12].

Quant aux catastrophes volcaniques, quelque terribles que soient parfois leurs effets, elles sont beaucoup trop localisées pour qu'on soit en droit de les regarder comme des cataclysmes généraux qui auraient à un moment quelconque détruit des faunes entières à la surface du Globe.

ÉVOLUTION DES ÊTRES ET CONTINUITÉ GÉOLOGIQUE. — Bien avant la publication, en 1859, du livre célèbre de Charles Darwin sur l'*Origine des espèces par sélection naturelle* [2], la doctrine de la fixité de l'espèce, soutenue avec tant d'autorité par Cuvier, avait rencontré

de nombreux opposants. A côté de la conception des révolutions et des créations successives commençait à se faire jour, dès le début du XIX<sup>e</sup> siècle, celle de l'*évolution*. Bientôt les progrès de la Zoologie et de la Paléontologie devaient conduire à la découverte de quelques formes de passage, sinon entre les divers embranchements, du moins entre certaines classes, bien que l'existence en eût été formellement niée par Cuvier. Les lacunes dans l'évolution étaient attribuées à l'insuffisance des documents paléontologiques, due en partie à la grande rareté des restes fossiles provenant de types dépourvus de coquille ou de squelette et surtout à nos connaissances incomplètes des faunes fossiles. Beaucoup de ces lacunes ont été comblées par la découverte de faunes très riches dans des couches réputées pour leur pauvreté en fossiles <sup>1</sup>.

En même temps, le nombre des familles, des genres et même des espèces passant d'une période géologique à la suivante s'était considérablement accru et, qui plus est, il était donné à quelques auteurs de suivre, à travers tout un ensemble de couches superposées, les modifications successives d'une forme déterminée et la transformation, par une série de *mutations* <sup>2</sup>, d'une espèce dans une autre. C'est surtout parmi les Ammonites et les Mollusques d'eau douce que de pareilles séries de mutations (*Formenreihen*) ont pu être reconnues par Waagen [13], par Neumayr, par Hyatt, etc. Mais, plus récemment, des séries analogues ont été établies dans d'autres groupes, tels que les Gastéropodes marins et les Rudistes.

Les mutations ne se trouvent pas partout avec une égale fréquence. Certains genres ne sont connus qu'à l'état sporadique dans une région déterminée et y apparaissent avec intermittence dans les couches successives. Ailleurs, par contre, leurs représentants sont assez abondants pour que l'on soit en droit de les considérer comme autochtones et ils se rencontrent dans tous les termes d'une succession de couches superposées, dont chacun est caractérisé par une mutation particulière. Dans une pareille région, l'évolution est parfaitement continue, comme le montre l'exemple des Ammonites du genre *Phylloceras*, dans les pays méditerranéens et alpins, au Jurassique et au Crétacé [I, 6].

C'est surtout, d'une part, dans les formations lacustres, de l'autre, dans les formations bathyales, dans les puissantes successions de

1. Le Permien avait été appelé terrain *pénéen*, par Omalius d'Halloy, en raison de sa pauvreté en restes organiques.

2. Le terme de *mutation* a été introduit dans la Science par Waagen en 1868 pour désigner les modifications d'une espèce *dans le temps*. Il est fâcheux que H. de Vries ait depuis employé le même mot dans un sens tout différent.

sédiments vaseux déposées dans les géosynclinaux, que l'on a des chances de rencontrer de pareilles séries de mutations. Dans les géosynclinaux, on s'en souvient, la sédimentation était souvent continue, pendant que dans les régions voisines, qui faisaient partie du socle continental, plusieurs cycles se succédaient, séparés par des phases d'exondation. L'évolution des organismes marins est, de même, beaucoup plus continue dans les zones géosynclinales que dans les mers continentales, où chaque transgression apportait en général avec elle un renouvellement partiel ou total de la faune.

**RÔLE DES MIGRATIONS.** — Les renouvellements de faunes, que l'école de Cuvier attribuait à des créations, ne constituent donc pas un phénomène universel. Cuvier lui-même [I, 5] avait compris leur véritable nature en les attribuant à des échanges mutuels entre régions primitivement séparées, en d'autres termes à des *migrations*, dont il est nécessaire de préciser le rôle [14]. Nous envisagerons séparément les migrations des Animaux marins et celle des Animaux vivant sur les continents, dont il a déjà été question dans de précédents chapitres (chap. III, IV).

Il est évident que l'établissement de communications entre deux bassins primitivement séparés, par exemple par la rupture d'un isthme, déterminera des échanges de faunes entre les deux bassins. C'est ce qui se produirait par exemple si l'isthme de Panama venait à être submergé par la mer; c'est ce qui a lieu déjà depuis le percement de l'isthme de Suez : les deux faunes, précédemment si distinctes, de la Méditerranée et de la mer Rouge, tendent actuellement à se mélanger. De même, la diminution de hauteur d'une crête sous-marine, qui séparait deux faunes bathyales distinctes, donnera lieu à une oblitération graduelle des caractères particuliers aux deux faunes. D'autre part, deux faunes néritiques, isolées l'une de l'autre par un océan profond, pourront échanger leurs éléments, si une côte nouvelle prend naissance, qui réunit les deux rives de l'océan, antérieurement séparées.

Voici donc des circonstances géologiques assez diverses qui peuvent introduire dans une région des formes nouvelles, venant se mêler à la faune autochtone et lutter avec elle pour l'existence. On est souvent obligé de qualifier de *cryptogènes* ces éléments, dont la provenance ne peut pas toujours être indiquée d'une manière précise.

Il arrive aussi très fréquemment qu'une faune entièrement nouvelle, sans types autochtones, prenne brusquement possession d'une

région. Dans ce cas, l'invasion coïncide avec des changements complets dans les conditions physiques : la mer fait irruption tantôt dans une lagune d'eau douce, détruisant la faune lagunaire et y introduisant une faune marine ; tantôt elle envahit la terre ferme, où vivaient des Animaux et des Végétaux terrestres, de sorte qu'une faune marine se substitue brusquement à une faune continentale, ce qui revient à dire que la migration coïncide avec le phénomène de transgression. Lorsque la mer s'étend peu à peu sur une aire continentale, lorsque la transgression est graduelle, la migration de la faune marine est également graduelle et son début n'a pas lieu partout en même temps. On connaît des exemples si nombreux de ces invasions de faunes marines se produisant successivement en des points différents, qu'il ne peut plus être question d'expliquer, comme le faisait encore Alcide d'Orbigny, par des créations, les renouvellements des faunes consécutives de chaque révolution.

Dans une phase d'invasion marine, il y a toujours un moment où la transgression atteint son maximum. C'est aussi le moment où les communications les plus nombreuses et les plus faciles s'établissent, de sorte que ce maximum coïncide souvent avec les échanges de faunes les plus évidents. On a souvent constaté que les invasions d'éléments cryptogènes avaient lieu non au début d'une transgression, mais au moment de son maximum.

Les migrations d'animaux terrestres se produisent, ainsi que Cuvier l'avait déjà reconnu, principalement lorsque des communications nouvelles s'établissent entre deux continents, permettant des échanges de faunes. On peut supposer, par exemple, que l'Amérique du Nord et l'Amérique du Sud n'ont pas de tous temps été réunies par l'isthme de Panama et que les deux continents possédaient des faunes tout à fait distinctes. Leur jonction ultérieure a nécessairement dû donner lieu à des échanges réciproques. C'est précisément, comme on le verra plus tard, ce qui a eu lieu au début du Quaternaire.

Lorsqu'un continent émerge des eaux, il ne peut être colonisé que par des Animaux bons nageurs ou voiliers et par des Végétaux dont les graines sont susceptibles d'être transportées au loin ; mais, aussitôt que, le mouvement d'émersion s'accroissant, une communication s'établit avec une terre voisine déjà peuplée d'Animaux terrestres, une immigration vers le continent récemment exondé ne tardera pas à se produire, et la faune nouvelle se développera d'autant plus facilement qu'elle ne rencontrera pas, dans sa nouvelle patrie, de concurrents pour lui disputer la nourriture et l'espace.

Il résulte de ces données générales que les migrations d'Animaux marins coïncident d'ordinaire avec les transgressions, tandis que celles des Animaux terrestres sont la conséquence des régressions. On peut dire que *les changements dans la répartition géographique des organismes sont réglés en première ligne par les mouvements épirogéniques*. Comme les oscillations des diverses aires continentales sont synchroniques, on comprend pourquoi certains grands renouvellements de faunes constituent un phénomène presque universel et pourquoi ils fournissent un moyen si commode de délimiter les grandes périodes géologiques.

**CHOIX DES COUPURES.** — Tant que les transgressions et les régressions marines étaient envisagées comme des mouvements locaux et que leur généralité n'avait pas été reconnue, on ne pouvait voir dans les périodes géologiques que des coupures essentiellement locales, d'un caractère arbitraire et conventionnel. Il n'en est plus de même aujourd'hui.

Comme les transgressions et les régressions marines n'ont pas lieu en même temps dans les géosynclinaux et sur les aires continentales et que les mouvements dans les deux types de régions sont complémentaires, il est évident qu'une coupure basée sur une transgression continentale ne pourra pas se traduire par une discordance synchronique dans une zone géosynclinale. Il sera même difficile d'appliquer aux formations bathyales d'un géosynclinal une classification établie pour la série des formations néritiques d'une aire continentale. Inversement, une coupure reconnue dans un géosynclinal, où deux séries bathyales seront séparées par une discordance, pourra être difficilement retrouvée dans la succession des couches continentales de même âge. On a éprouvé, en effet, le plus grand embarras lorsque l'on a voulu appliquer aux régions méditerranéennes la classification traditionnelle, née dans l'Europe centrale, c'est-à-dire dans des pays appartenant au bord méridional du continent Nordatlantique. On s'est trouvé en présence de séries continues, dans lesquelles il n'était guère possible de retrouver les coupures classiques; de là, par exemple, les discussions sur la limite du Jurassique et du Crétacé dans l'Europe méridionale, qui se reproduisent sans cesse à propos de toutes les limites entre les divers termes de la série sédimentaire.

Certains auteurs ont même essayé de modifier les divisions en usage, en donnant la préférence aux coupures qui conviennent aux zones géosynclinales. Une refonte complète de la classifi-

cation géologique deviendrait nécessaire. Devant les multiples inconvénients qu'elle présenterait, il est infiniment préférable de s'en tenir aux coupures reconnues naturelles sur les aires continentales, qui délimitent les divisions classiques de l'échelle chronologique. Mais, dans tous les cas, il ne peut être question d'aller prendre les limites tantôt dans un type de régions, tantôt dans l'autre.

Il y a lieu également de se demander dans quelle mesure il convient de faire intervenir les faunes et les flores continentales dans la délimitation des périodes géologiques. Il va sans dire que l'on devra toujours s'efforcer de tenir compte à la fois des faunes marines et des faunes terrestres, des Invertébrés et des Vertébrés, de la faune et de la flore. Souvent les résultats fournis par les deux éléments concordent fort bien, mais il est des cas assez fréquents où les documents relatifs à la répartition verticale des Vertébrés terrestres ou des Végétaux sont en désaccord avec ceux que fournissent les Invertébrés marins. Il est nécessaire alors de donner la préférence à ces derniers, car leur distribution dans le temps reflète beaucoup mieux le rythme des mouvements des mers que celle des organismes de la terre ferme, et ce sont évidemment les données paléogéographiques que la classification des terrains est appelée en première ligne à mettre en évidence. Toutefois, lorsque les résultats fournis par les Animaux marins manquent de précision et ne permettent pas une solution décisive, on peut subsidiairement faire appel aux Vertébrés terrestres, en tenant compte avant tout de ce que nous savons de leurs migrations.

Enfin, il résulte de tout ce qui a été dit plus haut de la concordance entre le phénomène des transgressions et l'apparition de faunes marines nouvelles que l'on ne peut établir les coupures que sur les arrivées brusques de types cryptogènes et non sur les extinctions de certaines formes ou de groupes entiers. Il y a quelquefois coïncidence entre les deux événements; ainsi les Mammifères dits placentaires apparaissent au début du Tertiaire, au moment même où disparaissent les derniers Dinosauriens du Crétacé. Mais, en général, les disparitions ne sont pas aussi soudaines que les immigrations; quelques représentants isolés persistent, comme c'est le cas par exemple pour le genre *Spiriferina* du Lias, seul survivant des Spiriféridés paléozoïques; ou encore les divers genres d'une même famille, les diverses familles d'un même ordre ne s'éteignent pas simultanément.

D'ailleurs, les causes de l'extinction sont variées. Tantôt ce sont des phénomènes géologiques ou climatiques, ou bien c'est l'arrivée de

concurrents plus aptes à la lutte qui amènent la disparition d'un groupe. Tantôt c'est une sorte de dégénérescence sénile qui frappe tout un rameau à la fin de son évolution. Tantôt, enfin, c'est une sorte de *gigantisme*, c'est-à-dire un développement exagéré de la taille des individus, par quoi se manifeste le dernier épanouissement du groupe.

**CORRÉLATION DES FAUNES.** — La notion du synchronisme des transgressions ou des régressions marines dans des régions relativement éloignées les unes des autres est basée en grande partie sur les données paléontologiques; aussi est-il nécessaire, en présence des faits que l'étude des migrations met en évidence, de serrer d'un peu plus près la question du synchronisme de deux faunes. Sans que ses éléments se modifient, une faune peut évidemment émigrer, d'une région dans une autre, en même temps que se déplacent les conditions physiques qui règlent ses conditions d'existence. Dans les deux régions elle ne possédera pas rigoureusement le même âge, car la migration, consécutive du déplacement des conditions physiques, s'est nécessairement effectuée dans un laps de temps plus ou moins long. Les deux terrains qui renferment la même faune ne sont donc pas tout à fait synchroniques: ils sont *homotaxes*, suivant l'expression de Huxley [16]. Les terrains ou formations, que les anciens auteurs basaient en première ligne sur des caractères lithologiques et en second lieu seulement sur la faune, sont des termes homotaxes et ne sont pas nécessairement synchroniques. La série des formations en un point déterminé n'a donc qu'une valeur régionale et ne peut servir de base à une classification universelle. Les difficultés sont particulièrement sérieuses lorsqu'il s'agit de paralléliser des formations néritiques appartenant à des régions très éloignées l'une de l'autre, car les fossiles caractéristiques ne possèdent plus ici qu'une valeur relative, de sorte que bien souvent le synchronisme ne peut être établi que d'une manière assez approximative. L'étude des formations bathyales fournit, par contre, des données plus précises, car les faunes de mer profonde possèdent une extension beaucoup plus grande que celles qui vivent au voisinage du littoral.

C'est le mérite inoubliable d'Albert Oppel d'avoir, dès 1836, reconnu le grand parti que l'on peut tirer des Ammonites dans l'établissement de parallélismes à grande distance [XI, 4]. Se basant sur la succession des Céphalopodes, telle qu'elle avait été fixée, au moins dans les grandes lignes, par Quenstedt, pour le système Jurassique du Wurtemberg, cet auteur a pu montrer que les 33 zones

distinguées par lui dans ce système et caractérisées chacune par une espèce déterminée, choisie le plus souvent parmi les Ammonites, se retrouvent toutes, avec les mêmes espèces caractéristiques, dans l'Allemagne du Nord, en Angleterre et en France. Ce résultat capital a suscité des recherches analogues sur les autres systèmes de la série sédimentaire et a donné des résultats très satisfaisants pour tous les terrains qui renferment des Ammonoïdés. D'autre part, plusieurs des zones d'Oppel ont été reconnues avec les mêmes caractères dans des régions très lointaines, telles que le Caucase et l'Inde. Pendant longtemps les paléontologistes considéraient ces Céphalopodes comme des organismes pélagiques, comme de bons nageurs capables de parcourir de très grandes distances, et c'est à ce genre de vie particulier que l'on attribuait leur grande extension géographique. Depuis peu, une autre manière d'envisager le genre de vie des Ammonites s'est fait jour et tend de plus en plus à se substituer à l'ancienne. On suppose que, comme le Nautilé et les Octopodes actuels, ces animaux vivaient dans le voisinage du fond, les uns, comme les *Phylloceras* et les *Lytoceras* sténothermes, dans des eaux relativement profondes, les autres eurythermes, à des profondeurs quelconques. Il serait difficile d'expliquer autrement la localisation, dans les régions axiales des géosynclinaux, des deux genres cités, tandis que d'autres genres se rencontrent tout aussi bien vers le bord des bassins, à la limite de la zone néritique. Ce sont ces genres ubiquistes qui ont permis à Oppel de paralléliser entre elles les couches jurassiques de l'Europe occidentale.

Il est probable que les larves des Ammonites étaient planctoniques, ce qui favorisait la dispersion des espèces. Mais il est une autre circonstance qui facilite encore davantage la tâche des stratigraphes. C'est la propriété que possèdent les coquilles cloisonnées des Ammonites de flotter après la mort de l'animal, grâce à l'air qui remplit les loges. Elles sont entraînées par les courants marins et viennent s'accumuler en grand nombre dans le voisinage du littoral. Là elles échouent sur la plage, comme les Spirules des mers actuelles, ou bien en s'entrechoquant elles se brisent et leurs débris tombent au fond, en se mélangeant à des sédiments plus ou moins détritiques [0,14; VI, 4]. De là résulte la possibilité de paralléliser des formations néritiques, où normalement on ne devrait guère rencontrer d'Ammonites, avec les formations bathyales, où les Ammonites se retrouvent aux endroits mêmes où elles ont vécu.

Les espèces qui caractérisent les zones sont ou des espèces autochtones ou des espèces cryptogènes. La comparaison des

niveaux que les unes et les autres occupent dans les diverses régions montre bien que les immigrations brusques de formes nouvelles se produisent partout simultanément. Les dépôts appartenant à une zone déterminée sont donc réellement synchroniques, au moins sur de très grandes étendues, et non pas seulement homotaxes.

Les formes autochtones sont représentées, dans les zones successives, par des mutations d'un certain nombre d'espèces initiales, qui évoluent parallèlement. Certaines mutations se trouvent dans deux ou trois zones superposées, d'autres ont une longévité moindre, de sorte que chaque zone possède sa mutation propre. Aussi Neumayr concluait-il de cette constatation que les zones d'Oppel représenteraient la durée moyenne d'une mutation des Animaux marins les plus répandus, en particulier des Céphalopodes [I, 6, p. 40]. Beaucoup d'Invertébrés marins variaient avec une moins grande rapidité, aussi rentrent-ils dans la catégorie des *mauvais fossiles*, que H. Douvillé oppose aux *bons fossiles* d'une moindre longévité, parmi lesquels les Ammonites sont au premier rang [17].

Les Ammonoïdés se rencontrent depuis le début du Dévonien jusqu'à la fin du Crétacé et souvent en grande abondance, de sorte qu'ils fournissent, pour les dernières périodes de l'ère Primaire et pour toute l'ère Secondaire, une base excellente pour une chronologie précise. Dans les terrains Tertiaires, ils font entièrement défaut et ce n'est que tout récemment que l'on a tenté d'y établir des zones, fondées soit sur les mutations des Pectinidés ou des Cérithidés, soit sur la succession des Nummulites, où les migrations semblent jouer un rôle prépondérant. Les résultats sont encore loin d'atteindre la précision de ceux qui ont été obtenus pour les terrains Secondaires.

Pour ce qui est des terrains Primaires, on s'est servi souvent des Brachiopodes, en particulier des genres *Spirifer* et *Productus*; mais ces êtres, essentiellement sédentaires et liés plus ou moins à un faciès déterminé, varient lentement et se prêtent mal à l'établissement de synchronismes. Ils semblent en général caractériser plutôt des formations homotaxes.

Dans le Cambrien et le Silurien, on a cherché à établir des zones sur la succession des Trilobites et les résultats ont été assez satisfaisants, car les mêmes zones, avec les mêmes espèces caractéristiques, ont été quelquefois reconnues sur les deux rives de l'Atlantique. Mais, au Silurien, les parallélismes les plus précis ont pu être basés sur la succession des Graptolithes (fig. 196). Ces Hydrozoaires vivaient en colonies, qui flottaient à la surface des mers, grâce à leurs pneumatophores et à la forme en palettes de leurs rameaux. C'étaient donc

des êtres planctoniques. Leur répartition semble avoir été presque universelle, car on rencontre les mêmes espèces, dans le même ordre de succession, non seulement dans les diverses régions d'Europe, mais encore dans l'Amérique du Nord et jusqu'en Australie.

Une pareille universalité s'observe même rarement parmi les Ammonites. En général, les zones se retrouvent avec les mêmes espèces caractéristiques dans plusieurs régions voisines, tant que l'on n'a pas quitté une même province zoologique. Dès que l'on passe dans une autre province, ce sont d'autres espèces, souvent d'autres genres qui apparaissent et leur répartition en zones paléontologiques conduit à une succession toute différente du schéma classique. C'est tout au plus si quelques espèces isolées sont communes aux deux régions. Cependant, dans ces deux échelles disparates, il existe des points de repères : à certains niveaux le nombre des espèces communes entre les deux provinces est suffisamment élevé pour que le synchronisme puisse être démontré sans difficulté, souvent même l'espèce qui donne son nom à la zone existe de part et d'autre. Perrin Smith [15] a fait un relevé, d'ailleurs assez incomplet, de ces zones qui permettent l'établissement d'une *corrélation interrégionale*. On constate tout de suite qu'il s'agit d'époques où les transgressions atteignaient leur maximum sur les aires continentales et où, par conséquent, les échanges de faunes entre les diverses provinces s'effectuent avec le plus de facilité.

Grâce à ces périodes de *réajustement*, comme disent les auteurs amé-

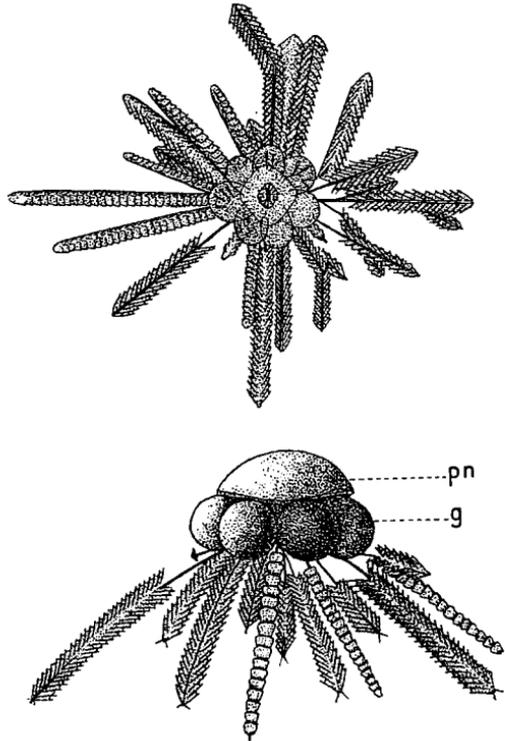


Fig. 196. — *Diplograptus pristis*, colonies complètes (d'après R. RUDEMANN). Schistes d'Utica (Ordovicien), Dolgeville, N. Y.

pn, pneumatophore; g, gonothèques.

ricains, il est facile de paralléliser les systèmes et souvent les étages d'une province à l'autre, alors que l'on doit souvent renoncer à synchroniser la série complète des zones.

### 3° PRINCIPES DE LA NOMENCLATURE STRATIGRAPHIQUE

CLASSIFICATIONS LOCALES ET CLASSIFICATION GÉNÉRALE. — Si les grandes divisions de la série sédimentaire ont été depuis longtemps reconnues et adoptées dans tous les pays, il n'en est pas de même des divisions de second ordre, que les géologues de toutes nationalités se sont efforcés d'établir dans leur pays, presque toujours sans se préoccuper de mettre en évidence des synchronismes que l'état encore peu avancé de la science n'aurait d'ailleurs pas permis de préciser. Ainsi prirent naissance de nombreuses classifications locales, sans rapport entre elles, basées tantôt sur les caractères lithologiques, tantôt sur la succession des faunes et différant, si possible, encore davantage par la forme que par le fond. Tantôt les auteurs se servaient uniquement de dénominations lithologiques (*Argile plastique, Calcaire grossier, Sables moyens, Buntsandstein, Muschelkalk, Keuper*); tantôt ils adjoignaient aux désignations lithologiques un nom de localité (*Oxford-clay, calcaire de Beauce, Wiener Sandstein*) ou un nom de fossile (*Lingula stags, calcaire à Gryphées arquées, Numismalis-Mergel, calcare ammonitico rosso*); tantôt ils se servaient du terme de « couches » de telle ou telle localité (*Osborne beds, couches de Birmensdorf, Cassianer Schichten*) ou à tel ou tel fossile (*Equus beds, couches à Spirifer Verneuili, Contorta-Schichten*); ou encore ils désignaient les niveaux par des numéros ou des lettres (étages 1, 2, 3... du Silurien de Christiania; étages A-H du Silurien de Bohême; Jura noir, brun et blanc  $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon, \zeta$ , de Souabe); ou, enfin, ils créaient un terme stratigraphique en ajoutant une terminaison d'adjectif à un nom de localité (*Oxfordien, Maestrichtien, Astien*), de tribu (*Rauracien, Gandarien*), de pays (*Franconien, Helvétien, Sicilien*), de fleuve (*Mississipiien, Séquanien, Rhodanien*), ou à un nom de localité sous sa forme latine (*Néocomien, Sinémurien, Suessonien, Lutétien*), ou encore à un nom d'organisme (*Corallien, Opalinien, Ptérocérien*), voire de savant (*Murchisonien*). La nomenclature était devenue ainsi tellement bigarrée que plusieurs auteurs ont fait des tentatives louables pour introduire dans la Stratigraphie des divisions de second ordre non plus locales, mais générales. C'est ainsi qu'a pris naissance la division en étages, proposée par d'Orbigny, complétée par Mayer-Eymar [21], Renc-

vier, [24], Munier-Chalmas et de Lapparent [23], etc. Les Congrès géologiques internationaux ont recommandé de n'employer que des noms d'origine géographique, de préférence latinisés, et de leur donner la terminaison uniforme en *ien* (*ian* en anglais et en allemand, *iano* en italien). On a vu plus haut qu'il est parfaitement possible d'établir des parallélismes à grande distance, en prenant certaines zones paléontologiques comme points de repère; une classification universelle, au moins pour les formations marines, est donc une chose assez facilement réalisable. Toutefois l'on doit se garder de vouloir appliquer à l'ensemble du Globe des subdivisions de second ordre tirées d'une région unique, par exemple du bassin de Paris, ou de l'Angleterre, ou de l'État de New-York. Il est nécessaire de faire preuve d'un certain éclectisme, en prenant les types des étages là où ils sont le mieux représentés, sans craindre d'aller chercher dans l'Amérique du Nord ou en Inde un type et un nom, lorsque l'étage est moins bien développé en Europe. Souvent l'on devra adopter une nomenclature double, en employant un terme distinct pour les formations marines et pour les formations continentales d'un même étage.

La désinence en *ien* étant réservée pour les noms d'étages de la classification générale, il est très regrettable que beaucoup d'auteurs continuent à créer des divisions tout à fait locales en leur appliquant des noms formés sur le type de ceux-ci. Cet abus sévit un peu en tous pays (*Bernissartien*, *Asschien*, *Monien*, *Barutélien*, *Ermenonvillien*, *Dellysien*).

Il arrive souvent que deux noms ont été proposés successivement pour un même étage; dans ce cas, on devra en général choisir le plus ancien, sans toutefois se laisser détourner, par un respect exagéré du principe de priorité, de choisir le meilleur des deux, si le plus ancien est créé pour un type trop peu caractéristique. Mais toutes les fois que le même nom aura été donné par deux auteurs à deux étages différents, le nom le plus récent en date ne pourra sous aucun prétexte être conservé, même si le premier nom était inutilisable (*Mississippien*, Marcou, 1858; *Mississipiien*, Williams, 1891).

HIÉRARCHIE DES TERMES. — Une certaine anarchie a régné pendant longtemps dans l'emploi des divers termes de l'échelle stratigraphique générale et notamment dans la fixation de leur valeur relative. Pour mettre fin à cet état de choses, les commissions de nomenclature nommées par les divers Congrès géologiques internationaux ont proposé une *hiérarchie* des subdivisions, qui met fin à toute confu-

sion, bien que l'accord soit encore loin de régner sur les termes eux-mêmes, sur leurs noms et leur délimitation.

Les divisions de premier ordre des temps géologiques, introduites depuis longtemps dans la science (v. plus haut, p. 542), sont les *ères* (Primaire, Secondaire, etc., ou Paléozoïque, Mésozoïque, etc.). Leur valeur est universelle. Sauf pour l'opportunité d'introduire dans la chronologie une ère Quaternaire et une ère antérieure à l'aire Primaire, sous le nom d'ère Azoïque ou Agnotozoïque, tout le monde est d'accord sur leur nombre. De même il n'existe que des divergences de détail sur leur délimitation. Les congrès recommandent d'appeler *groupe* l'ensemble des terrains correspondant à une ère; mais ce terme désignant en Zoologie un groupement d'ordre tout à fait secondaire, intermédiaire entre le genre et l'espèce, il serait fâcheux de l'employer pour une division de premier ordre et il paraît préférable de se servir du terme de *série*.

Les divisions du second ordre sont les *périodes*, et l'ensemble des terrains qui correspond à l'une d'elles constitue un *système*. Leurs limites sont basées sur d'importants déplacements des lignes de rivage et, en général, sur de grands renouvellements de la faune et de la flore; elles coïncident assez bien avec les limites traditionnelles, on a vu plus haut (p. 552) pour quelle raison.

L'accord n'est pas général sur leur nombre. En France, on réunit souvent le Cambrien au Silurien; nous suivrons ici l'exemple des géologues anglais, américains, allemands, en envisageant les deux termes comme des systèmes distincts. En revanche, des raisons paléontologiques militent en faveur de la réunion du Carbonifère et du Permien en un seul système Anthracolithique. Le Jurassique présente une telle importance que sa division en deux sous-systèmes Liasique et Oolithique est pleinement justifiée.

Les noms des périodes ont des origines diverses. Ce sont des noms ou géographiques (Cambrien, Silurien, Dévonien, Permien, Jurassique), ou lithologiques (Carbonifère, Oolithique, Crétacé), ou paléontologiques (Nummulitique), ou encore des noms tirés d'une particularité spéciale (Trias, Néogène). Les tentatives qui ont été faites pour donner à tous ces noms une terminaison univoque en *ique* (Silurique, Dévonique, Crétacique) n'ont pas prévalu contre l'usage.

Les périodes peuvent être divisées en *époques*, les systèmes, en *groupes*, coupures de 3<sup>e</sup> ordre, basées surtout sur la répartition verticale des genres. On s'accorde maintenant à les désigner par les préfixes *Éo* (ou *Paléo*), *Méso* et *Néo*, placés devant le nom de la

période ou système. Ainsi, on divise le système Crétacé en groupes Eocrétacé, Mésocrétacé et Néocrétacé<sup>1</sup>.

Les subdivisions des époques sont appelées *âges*, celles des groupes, *étages*. Leur valeur ne s'étend guère en dehors des limites d'une province zoologique, sauf pour les moments de grandes transgressions marines. Les règles de leur nomenclature ont été données plus haut. Leurs limites sont basées sur des déplacements secondaires dans l'emplacement des lignes de rivage et sur les arrivées brusques de types cryptogènes. Quelquefois il peut être utile de les diviser en *sous-étages*, dont les noms seront formés suivant les mêmes règles.

Enfin, chaque étage ou sous-étage comprend une ou plusieurs *zones*. Ce terme de zone, introduit dans la Stratigraphie par Oppel, a prévalu sur ceux d'horizon ou de niveau, que l'on a quelquefois employés et qui étaient mieux choisis. On désigne les zones par le nom de l'espèce la plus caractéristique et l'on dira par exemple zone à *Reineckeia anceps* ou zone de *Reineckeia anceps* pour désigner le niveau de l'étage Callovien où cette Ammonite est confinée.

S. S. Buckman a proposé d'appeler *hemera* la durée de temps correspondant à la zone, celle-ci désignant, dans la pensée de cet auteur, un ensemble concret de couches caractérisées par l'extension verticale d'une espèce déterminée, tandis que les *hemeræ* seraient des divisions purement chronologiques. Ce terme est, toutefois, peu usité.

Sans revenir sur ce qui a été dit plus haut du rôle des zones comme moyen de corrélation, nous pouvons définir la valeur de ces coupures de 5<sup>e</sup> ordre en désignant chacune d'elles comme l'*unité dans l'échelle stratigraphique*.

Il va sans dire que la classification stratigraphique générale, dont les principes viennent d'être exposés, n'enlève rien à la valeur des classifications locales, qui subsistent à côté d'elle et sont employées sur toutes les cartes géologiques détaillées, tandis que la classification générale a pour but de coördonner les divisions régionales dans la mesure où la corrélation est vraiment réalisable [19].

1. Pour le sous-système Oolithique, les dénominations usuelles des trois groupes devront être remplacées par le nom suivi des qualificatifs *inférieur*, *moyen* et *supérieur*, ce qui permettra d'éviter les confusions avec les termes de Paléolithique et de Néolithique employés par les préhistoriens. On en fera autant pour le Néogène.

## 4° PLAN ADOPTÉ DANS L'ÉTUDE DES PÉRIODES

Dans cette seconde partie, consacrée à l'étude des périodes géologiques, nous exposerons en détail l'histoire de ces périodes, en suivant l'ordre chronologique et en consacrant un chapitre à chacune d'elles. Nous adopterons dans ces chapitres un plan qui sera le même pour chaque période, sauf pour les terrains antérieurs au Cambrien et pour le Quaternaire, où nous serons obligés d'adopter un mode d'exposition un peu différent, en raison des caractères assez particuliers que présentent ces termes de la série sédimentaire.

Après avoir donné l'origine du nom de la période ou du système, nous commencerons toujours notre exposé par un aperçu des caractères paléontologiques. Nous énumérerons ensuite les principaux faciès, en indiquant les conditions dans lesquelles on les rencontre. Puis nous discuterons la question de la délimitation et des subdivisions du système, sans entrer dans des détails, que nous réserverons pour l'étude spéciale de la répartition géographique et des principaux types.

Dans cette partie, toute de documentation, nous suivrons un ordre géographique à peu près constant, sans d'ailleurs nous préoccuper en aucune façon des limites politiques. Nous commençons toujours par le Nord de l'Europe ou par l'Amérique du Nord, c'est-à-dire par des régions situées sur le bord de l'ancien continent Nordatlantique, qui, les premières, ont été le siège de mouvements orogéniques. Nous traitons ensuite des affleurements plus méridionaux, situés dans la zone des plissements armoricains et varisques, dans ce que l'on a quelquefois appelé l'Europe hercynienne. Puis nous passons aux gisements faisant partie de l'Europe méditerranéenne et alpine. Nous cherchons enfin à retrouver, dans les autres parties du monde, les traces de bandes analogues, à dislocations de plus en plus récentes, entourant un noyau ancien et caractérisées chacune par des faciès spéciaux.

Après cette étude de détail, nous nous efforcerons de dégager des faits exposés les résultats paléogéographiques. Les intéressantes esquisses d'A. de Lapparent nous seront ici d'un très grand secours [0,1 ; 27].

Il y aura lieu également de mettre en évidence, pour chaque période, l'existence de provinces zoologiques et botaniques, ce qui nous permettra de discuter les problèmes relatifs à la différenciation des climats.

Nous terminerons chaque chapitre par un aperçu sommaire des *mouvements du sol*, orogéniques ou épirogéniques, dont les transgressions et les régressions des mers nous auront révélé l'existence. Nous donnerons aussi quelques indications sur les principales *éruptions volcaniques* de l'époque, sans entrer toutefois dans des détails sur la composition des produits, qui sont du domaine de la Pétrographie.

1. — A. G. WERNER. Kurze Classification und Beschreibung der verschiedenen Gebirgsarten. 1 br. in-4°, 28 p. Dresden, 1787.

2. — CHARLES DARWIN. On the Origin of Species by means of Natural Selection or the preservation of favoured races in the Struggle of Life. 1 vol. in-12, x + 502 p. London, 1859.

3. — G. DE SAPORTA et A.-F. MARION. L'évolution du Règne végétal. 3 vol. in-8°, XII + x + 238 + 250 + 248 p., 85 + 106 + 136 fig. *Bibl. Scient. intern.*, XXXIX, LII, LIII. Paris, 1881, 1885.

4. — R. ZEILLER. Éléments de Paléobotanique. 1 vol. in-8°, 421 p., 210 fig. Paris, 1900.

5. — Id. Les végétaux fossiles et leurs enchaînements. *Revue du Mois*, III, p. 129-149, 1907.

6. — H. POTONIÉ. Lehrbuch der Pflanzenpaläontologie, mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse des Geologen. 1 vol. in-8°, 402 p., 3 pl., 355 fig. Berlin, 1899.

7. — ALBERT GAUDRY. Les Enchaînements du Monde animal dans les temps géologiques. Mammifères tertiaires. Fossiles primaires. Fossiles secondaires. 3 vol. in-8°, 293 + 320 + 322 p., 312 + 285 + 403 fig. Paris, 1878-1890.

8. — Id. Essai de paléontologie philosophique. 1 vol. in-8°, 230 p., 204 fig. Paris, 1896.

9. — M. NEUMAYR. Die Stämme des Tierreiches. Wirbellose Thiere. I. 1 vol. in-8°, 603 p., 192 fig. Wien u. Prag, 1889.

10. — CHARLES DEPÉRET. Les Transformations du monde animal. *Biblioth. de Philosophie scientifique*. 1 vol. in-18, 360 p. Paris, 1907.

11. — JOHANNES WALTHER. Geschichte der Erde und des Lebens. 1 vol. in-8°, 570 p., 353 fig. Leipzig, 1908.

12. — GUSTAV STEINMANN. Die geologischen Grundlagen der Abstammungslehre. 1 vol. in-8°, 284 p., 172 fig. Leipzig, 1908.

13. — W. WAAGEN. Die Formenreihe des *Ammonites subradiatus*, Versuch einer paläontologischen Monographie. *Geogn.-paläont. Beitr.*, II, p. 179-256, pl. XVI-XX, 1869.

14. — JAMES PERRIN SMITH. Geological Studies of Migration of Marine Invertebrates. *Journ. of Geol.*, III, p. 481-495, 1895.

15. — Id. Principles of Palæontologic Correlation. *Ibid.*, VIII, p. 673-697, 1900.

16. — T. H. HUXLEY. Homotaxis or similarity of arrangement, and Synchrony or identity of date. *Quart. Journ. Geol. Soc.*, XVIII, p. XL-LIV, 1862.

17. — H. DOUVILLÉ. Sur le terrain nummulitique de l'Aquitaine. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 4<sup>e</sup> sér., II, p. 15-36, 1902.

17 bis. — W. J. SOLLAS. The Age of the Earth and other Geological Studies. 1 vol. in-8°, 328 p., 98 fig. London, 1905. IX. The Key to Terrestrial History, p. 257-289.

18. — T. C. CHAMBERLIN. The ulterior basis of the time divisions and the classification of geologic history. *Journ. of Geol.*, VI, p. 449-462, 1898.

19. — HENRY SHALER WILLIAMS. Dual Nomenclature in Geological Classification. *Ibid.*, II, p. 145-160, 1894.

20. — ID. The Discrimination of Time-values in Geology. *Ibid.*, IX, p. 570-585, 1901.

21. — CHARLES MAYER-EYMAR. Tableau des terrains de sédiment. *Soc. Historico-Naturalis Croatica*. 1 br. in-8°, 35 p., Zagreb, 1889.

22. — B. STUDER. Index der Petrographie und Stratigraphie der Schweiz und ihrer Umgebungen. 1 vol. in-8°, 272 p. Bern, 1872.

23. — MUNIER-CHALMAS et DE LAPPARENT. Note sur la nomenclature des terrains sédimentaires. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 3<sup>e</sup> sér., XXI, p. 438-488, 3 tableaux, 1894.

24. — E. RENEVIER. Chronographe géologique. 12 grands tableaux en couleurs (gamme internationale). Texte explicatif suivi d'un répertoire stratigraphique polyglotte. *C.-R. du Congrès géol. intern.*, 6<sup>e</sup> session, p. 520-695, 1897.

25. — FRITZ FRECH. Ueber Abgrenzung und Benennung der geologischen Schichtengruppen. *Ibid.*, 7<sup>e</sup> session, p. 27-52, 1897.

26. — U. BOTTI. Dei piani e sotto-piani in geologia. Manuele alfabetico ragionata. 2<sup>e</sup> ediz. riveduta ed accresciuta. 1 vol. in-8°, 393 p. Reggio Calabria, 1899.

27. — A. DE LAPPARENT. Sur de nouvelles mappemondes paléogéographiques. *Annales de Géogr.*, XV<sup>e</sup> ann., p. 97-114, 7 fig., 1906.

28. — THEODOR ARLDT. Die Entwicklung der Kontinente und ihrer Lebewelt. Ein Beitrag zur vergleichenden Erdgeschichte. 1 vol. in-8°, 730 p., 17 fig., 23 cartes. Leipzig, 1907.

V. aussi : 0, 1, 14-17; I, 2, 4-6; VI, 4, 6; XI, 4.

## CHAPITRE XXXI

### PÉRIODES ANTÉ-CAMBRIENNES

- 1<sup>o</sup> Période Archéenne : Délimitation et subdivisions. — Éléments lithologiques. — Traces organiques. — Extension géographique de l'Archéen. — Extension géographique des terrains cristallophylliens d'âge indéterminé. — Conclusions générales.
- 2<sup>o</sup> Période Algonkienne : Délimitation et subdivisions. — Éléments lithologiques. — Restes organiques. — Extension géographique de l'Algonkien. — Conclusions générales.

On a l'habitude aujourd'hui de faire débiter l'ère Paléozoïque ou Primaire par le système Cambrien, qui renferme les restes de la plus ancienne faune connue, mais non toutefois les plus anciens organismes conservés. Il existe tout un ensemble de terrains antérieurs au Cambrien, qui en sont souvent séparés par une importante discordance et qui ne renferment de restes organiques que dans leurs parties les plus élevées et encore à titre tout à fait exceptionnel. C'est la série qui, jusque dans ces dernières années, avait été désignée, par beaucoup de géologues, sous la dénomination de terrain *Primitif*, car on l'envisageait comme la première croûte solide du Globe. Nous avons vu déjà précédemment (chap. XII) que cette conception est tout à fait erronée et que les granites et les schistes cristallins, qui constituent la majeure partie des terrains antérieurs au Permien, doivent être envisagés comme des formations métamorphiques, c'est-à-dire comme des terrains sédimentaires modifiés dans des conditions que nous avons cherché à définir. De plus, nous avons pu établir qu'il existe des formations métamorphiques tout à fait semblables, d'âge beaucoup plus récent, cambriennes, siluriennes, dévoniennes, carbonifères ou permienes, voire secondaires et peut-être même tertiaires. Hutton était donc tout à fait dans le vrai, lorsqu'il s'élevait, dès la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, contre la réunion de tous les granites et schistes cristallins sous le nom de terrains primitifs. Par contre, il est parfaitement légitime de réunir ceux de ces terrains qui

sont antérieurs au Cambrien sous une dénomination spéciale. On leur a souvent donné les noms de série *Azoïque*, ou *Protérozoïque*, ou de terrain *Archéen*. Mais il existe, dans cette puissante série, des formations sédimentaires non métamorphiques ou peu métamorphiques, antérieures au Cambrien, quoique plus récentes que les plus anciens schistes cristallins connus; aussi a-t-on dû séparer cet ensemble des terrains métamorphiques sous-jacents et en faire un système à part, auquel convient très bien le nom d'*Algonkien*, proposé par le Service géologique des États-Unis. Par contre, celui de *Précambrien*, souvent employé en France<sup>1</sup>, prête à équivoque, car il s'applique tout aussi bien à la totalité des terrains antérieurs au Cambrien. Nous ferons donc usage ici de ces deux termes d'ARCHÉEN et d'ALGONKIEN, pour désigner les deux périodes qui précèdent le début de l'ère Primaire et dont l'ensemble constitue l'ère *Agnotozoïque*. Nous les définirons et nous les délimiterons d'une manière plus précise dans les pages suivantes.

#### 1<sup>o</sup> PÉRIODE ARCHÉENNE

DÉLIMITATION ET SUBDIVISIONS. — Le terme d'Archéen est d'origine américaine; il apparaît pour la première fois en 1876 dans la seconde édition du *Manuel de Géologie* de James Dana. Mais ce n'est que plus tard qu'il fut employé dans un sens plus restreint et Van Hise le définissait en 1892 « l'ensemble des roches complètement cristallines antérieures à l'Algonkien » [4]. Il est clair qu'ainsi comprise sa limite supérieure ne peut avoir qu'une valeur locale, car, en l'absence de fossiles, nous n'avons aucun moyen d'affirmer avec certitude que la discordance qui sépare l'Archéen de l'Algonkien dans telle ou telle région est synchronique de celle qui, dans l'Amérique du Nord, permet de séparer les deux systèmes. Dans les pays où des terrains assimilés à l'Archéen et à l'Algonkien sont concordants, on ne peut même pas établir que le terme inférieur est réellement d'âge archéen, car il pourrait très bien n'être qu'un faciès métamorphique, correspondant comme âge à l'Algonkien inférieur des auteurs américains.

Quant à la limite inférieure de l'Archéen, elle est forcément inconnue, puisque, par définition, l'Archéen est le plus ancien terrain connu, celui qui forme le substratum de tous les autres.

Ce n'est qu'en Finlande que l'on a eu la possibilité d'établir dans

1. Edmond Hébert restreignait le terme d'Archéen à ces terrains sédimentaires antécambriens, réservant le nom de Primitif aux schistes cristallins sous-jacents.

l'Archéen plusieurs subdivisions, correspondant à des séries séparées par des discordances. On leur a donné des noms d'étages, comme on le verra tout à l'heure. Les deux termes distingués en Amérique correspondent, l'un au faciès schisteux (*Keewatin*), l'autre au faciès granitoïde (*Laurentien*) d'un même ensemble.

Partout ailleurs il serait prématuré, dans l'état actuel de nos connaissances, de vouloir établir, dans l'Archéen, des divisions stratigraphiques. On doit se contenter de divisions pétrographiques.

ÉLÉMENTS LITHOLOGIQUES. — Par définition, l'Archéen ne devrait renfermer que des éléments métamorphiques et éruptifs. Il semble bien qu'en Amérique il en soit ainsi, mais celui de Finlande comprend, d'après J. J. Sederholm [XIII, 21], une importante série de schistes, de quartzites et surtout de conglomérats, dont l'origine sédimentaire est tout à fait incontestable. Les conglomérats de Tammerfors, en particulier, malgré la cristallinité de leur ciment, ont tous les caractères d'un poudingue marin, dont les galets, parfaitement arrondis, composés de roches granitoïdes et porphyriques empruntées au substratum, possèdent la forme ellipsoïdale habituelle (pl. LXXII).

D'autre part, il existe, dans tous les districts cambriens connus, un grand développement de roches éruptives indubitables. Ce sont ou des roches de profondeur intrusives, telles que les diabases; ou des roches d'épanchement, en dykes ou en nappes, telles que les porphyres quartzifères (rhyolithes) et les porphyrites (andésites), avec les tufs qui leur correspondent.

Ces roches éruptives ont fréquemment subi un dynamométamorphisme intense : les tufs sont devenus schisteux, les diabases et les diorites ont été laminés et transformés en amphibolites.

Toutefois, ce sont les roches métamorphiques, transformées par le métamorphisme régional, qui jouent, dans les terrains archéens, le rôle de beaucoup le plus important. On y retrouve tous les termes des séries cristallophylliennes qui ont été décrits antérieurement (chap. XIII), depuis les schistes sériciteux et chloriteux, jusqu'aux gneiss granitoïdes, en passant par les gneiss gris, les gneiss rubanés (pl. LXXIII, 1) et les gneiss ocellés les plus variés.

Les micaschistes ont quelquefois conservé leur stratification primitive. Ainsi Sederholm [XIII, 21] a signalé, dans le Sud-Ouest de la Finlande, des micaschistes à stratification entrecroisée (fig. 197), dont l'origine détritique ne peut être contestée.

Les gneiss archéens ont reçu, comme on sait, les interprétations les plus diverses. Tout récemment encore on les assimilait à la pre-

mière écorce solide formée à la surface du Globe par le refroidissement de la masse fluide initiale. Mais cette opinion perd tous les jours du terrain, et l'on admet assez généralement aujourd'hui que la première croûte solide n'a jamais été vue par aucun observateur et qu'elle n'existe même plus dans sa forme primitive, ayant été partout rebrassée, refondue.

D'autres auteurs pensent que, quel qu'ait été le substratum primitif, les roches cristallophylliennes auraient été les premiers sédiments déposés sur ce substratum. Elles se seraient formées toutes cristallisées et toutes agencées en structure gneissique et devraient être envisagées comme les dépôts d'une sorte d'eau-mère sursaturée, abandonnant successive-

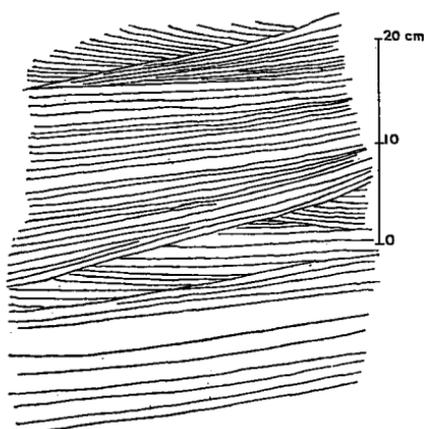


Fig. 197. — Stratification entrecroisée dans un micaschiste archéen. Lac de Mouhijärvi, Suodeniemi, Finlande (d'après J. J. SEDERHOLM).

ment dans son fond les innombrables bandes cristallines dont se composent les gneiss. Michel-Lévy a fait remarquer avec raison que cette hypothèse suppose une discontinuité et une périodicité très rapprochée dans la précipitation des membranes de mica, périodicité qui serait tout à fait inexplicable [XIII, 16].

D'ailleurs nous avons donné antérieurement les preuves de

l'origine métamorphique des schistes cristallins, en définissant les conditions qui régissent le métamorphisme régional. Nous avons aussi montré comment ce phénomène est lié d'une manière constante avec la présence de sédiments déposés dans des géosynclinaux et nous avons établi que le granite est le dernier terme de cette série métamorphique.

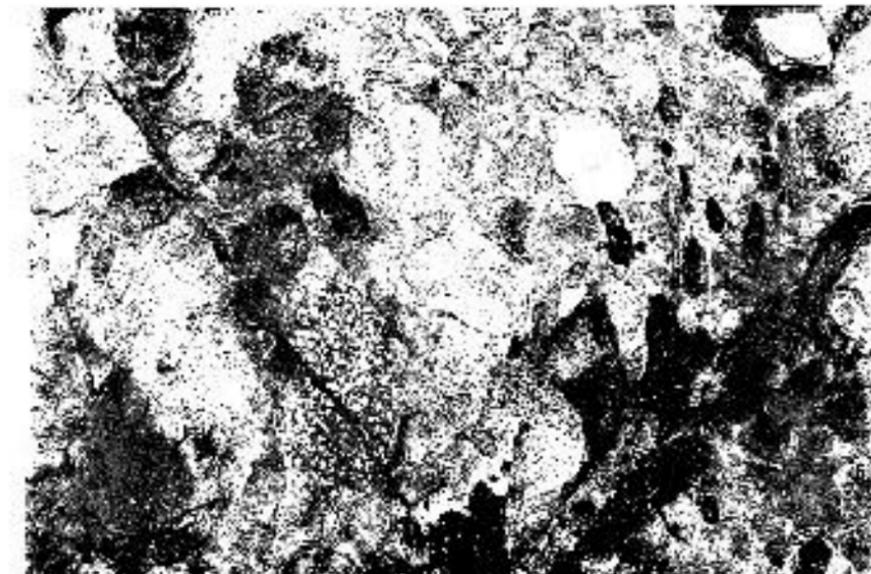
Les gneiss archéens fournissent des exemples nombreux du processus d'imprégnation qui leur a donné naissance, comme le montrent les observations de Sederholm [14.]

Les granites et les syénites, qui accompagnent presque toujours les schistes cristallins, occupent souvent, dans les régions archéennes, des surfaces immenses, mais on connaît aussi, en particulier en Finlande, des affleurements bien délimités, à contours elliptiques ou circulaires, qui coupent comme à l'emporte-pièce les bandes schisteuses. Quant aux gneiss granitoïdes, qui forment presque partout la



Cliché J. J. Sederholm.

CONGLOMÉRATS ET SCHISTES BOTNIENS DE TAMMERFORS.  
Vähä-Lima Teisko (Finlande).



Cliché J. J. Sederholm.

CONGLOMÉRAT BOTNIEN DE TAMMERFORS (Finlande).



GNEISS PRÉLADOGIEN (gr. nat.)  
Pitkäranta (Finlande).



*Eozoon canadense* (gr. nat.)  
Archéen, Côte Saint-Pierre (Canada).

Glichés H. Bagot.

base de la série archéenne et qui, naguère encore, étaient considérés, pour cette raison, comme la première croûte solide du Globe, leur ressemblance est frappante avec les granites écrasés qui forment les noyaux anticlinaux des grands plis couchés des Alpes centrales, où l'âge beaucoup plus récent de ces roches est aujourd'hui assez généralement admis.

Il s'en faut de beaucoup, comme on le verra plus loin, que la totalité des formations cristallophylliennes soient d'âge archéen. On en connaît à tous les niveaux dans la série primaire et il en existe également qui résultent du métamorphisme de terrains secondaires et peut-être même tertiaires.

TRACES ORGANIQUES. — On a vu précédemment (chap. XIII) que la présence, au milieu des terrains cristallophylliens, d'intercalations de lentilles calcaires a été considérée comme un argument en faveur de la nature primitivement sédimentaire de ces formations. Des lentilles de calcaires ou de cipolins sont assez fréquentes dans les gneiss et les micaschistes de l'Archéen, mais on n'y a jamais trouvé les moindres traces de fossiles.

Il est vrai que l'on a pendant longtemps considéré comme des restes organiques des masses noduleuses formées de couches alternantes de calcaire et de serpentine ou de pyroxène, traversées par des canaux, qui ont été signalées pour la première fois par Logan dans les gneiss archéens du Canada. Dawson leur a donné le nom d'*Eozoon canadense* (pl. LXXIII, 2) et Carpenter a cru y voir des Foraminifères [1]. On a trouvé des restes analogues en Finlande, en Bavière, en Saxe, dans les Pyrénées, etc., toujours dans des terrains que l'on attribuait à l'Archéen. Mais plusieurs auteurs, en particulier Möbius [2], ont affirmé que la structure d'*Eozoon* est beaucoup trop irrégulière pour qu'on puisse lui attribuer une origine organique. Ils ont conclu à la nature purement minérale de ces associations de calcite et de serpentine, retrouvées d'ailleurs depuis par Johnston-Lavis et W. Gregory dans les blocs calcaires de la Somma, qui ont, comme on sait, été projetés par les éruptions du Vésuve, après avoir été arrachés aux couches jurassiques du sous-bassement.

Par contre, la présence de matière charbonneuse, dans les schistes archéens de la Finlande méridionale, indiquerait, d'après J. J. Sederholm [XIII, 24], d'une manière indubitable la présence d'organismes. Certains petits amas en forme de sacs ont même été interprétés par ce sagace observateur comme des fossiles de nature

problématique, tels que Échinodermes primitifs ou plus vraisemblablement Végétaux de structure peu compliquée.

**EXTENSION GÉOGRAPHIQUE DE L'ARCHÉEN.** — Les régions où le système Archéen est représenté par des affleurements indiscutables sont pour la plupart situées au nord du 40° parallèle. Au sud de cette ligne, l'âge des formations cristallophylliennes, qui occupent souvent d'immenses surfaces, ne peut que rarement être déterminé d'une manière certaine.

*Amérique du Nord.* — Puisque c'est au Canada, dans la région du Saint-Laurent et des Grands Lacs, que l'Archéen a été tout d'abord défini, c'est par l'Amérique du Nord que nous commencerons notre aperçu, quoique le Nord de l'Europe fournisse des types aussi bien connus et peut-être plus caractéristiques [3-6].

Les plus grandes divergences ont régné pendant longtemps, aux États-Unis et au Canada, sur la manière de grouper et de paralléliser entre elles les formations locales de l'Archéen de ces pays; aussi une commission a-t-elle été constituée par les deux services géologiques intéressés pour étudier les formations anté-cambriennes des régions avoisinant le lac Supérieur et, si possible, établir leur corrélation [6]. Nous nous conformerons ici aux conclusions de cette commission relatives à l'Archéen et à ses limites avec l'Algonkien, et nous en ferons autant plus loin pour la délimitation et la corrélation des divers termes de l'Algonkien.

Les couches les plus profondes qui, dans la région des Grands Lacs, soient accessibles à l'observation sont des gneiss granitoïdes, très développés par exemple dans les environs d'Ottawa, où Logan en a fait le type de son groupe *Laurentien*. Mais cette formation est considérée aujourd'hui comme intrusive dans une série schisteuse, qui serait par conséquent plus ancienne qu'elle. En réalité, elle correspond sans doute aux parties les plus profondes de la série schisteuse, qui auraient été transformées en gneiss granitoïdes ou en granite par un métamorphisme régional particulièrement intense. Dans ces gneiss sont d'ailleurs intercalés des mica-schistes, des quartzites, des schistes amphiboliques et des calcaires serpentineux à *Eozoon*.

Lawson a donné le nom de *Keewatin*, d'après une localité située près du lac des Bois, au Canada, à une série de roches vertes principalement schisteuses, qui n'est autre chose qu'une accumulation de tufs volcaniques métamorphisés. Ce même nom est aujourd'hui appliqué à toutes les formations détritiques ou volcaniques de la région des Grands Lacs antérieures à l'Algonkien, dont elles sont séparées par une importante discordance. Ce sont presque toujours des schistes verts extrêmement puissants, de même origine que ceux du Canada, aussi bien dans le district de Marquette [Michigan] (schistes de Kitchi et de Mona), que dans ceux de Mesabi et de Vermilion (Minnesota), célèbres par la richesse en minerai de fer de leurs gîtes d'imprégnation. Partout les parties profondes de cette série sont granitisées, et le tout est traversé par des intrusions de diabases et de diorites et par des dykes de diverse nature.

Au nord des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent s'étend une

immense surface, où les terrains précambriens affleurent presque partout ou sont recouverts directement par les formations glaciaires; mais le départ n'a pas encore été fait entre les parties archéennes, principalement gneissiques, et les parties algonkiennes, moins métamorphiques. La région précambrienne atteint, vers l'ouest, presque jusqu'au Mackenzie; au nord, elle comprend les abords de la baie d'Hudson et une grande partie de

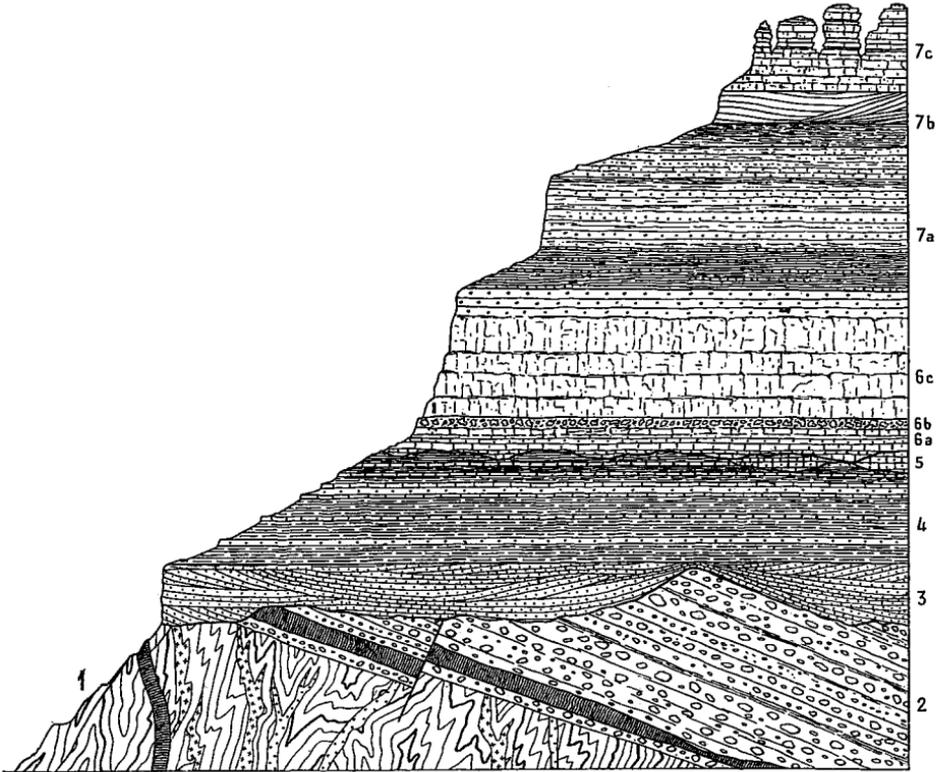


Fig. 198. — Coupe des terrains entamés par le Grand Cañon du Colorado, dans l'Arizona, prise en face du Point Sublime (d'après FR. FRECH).

1, gneiss archéens, avec intrusions de pegmatites et de diabases; 2, grès et conglomérats algonkiens, avec filon-couche de diabase vers la base; 3, 4, Cambrien : grès de Tonto inférieur et supérieur; 5, calcaires dévoniens, en grande partie détruits par la dénudation antécarbonifère; 6, Carbonifère inférieur : a, alternances de grès et de calcaires, b, calcaire bréchoïde bleuâtre, c, calcaire du Red Wall; 7, Carbonifère supérieur : a, grès d'Aubrey inférieur et schistes, b, grès d'Aubrey blanc, à stratification entrecroisée, c, calcaires et dolomies d'Aubrey.

l'Amérique arctique; au nord-est, toute la presqu'île du Labrador, qui semble être formée des mêmes terrains. Elle coïncide dans son ensemble avec le bouclier Canadien de Suess. Le Groenland a probablement une constitution analogue.

Au sud du bouclier Canadien, il existe aux États-Unis plusieurs régions archéennes, dont quelques-unes ont une assez grande étendue, tandis que d'autres correspondent à des affleurements peu importants, dont la présence est due à la dénudation de zones de plissement beaucoup plus récentes.

En général, les anciens auteurs, en Amérique comme en Europe, ont attribué à l'Archéen tous les terrains métamorphiques et en particulier les gneiss et les granites. Aujourd'hui on sait qu'une grande partie appartient à l'Algonkien et même à la série Primaire. Dans la principale zone métamorphique du Sud-Est, en particulier, ces terrains d'âge différent ont été sans cesse confondus et rien ne permet d'admettre que l'Archéen, s'il affleure réellement, est séparé de l'Algonkien par une discordance. Il en est de même dans les États du Nord-Est, au Nouveau-Brunswick, dans la Nouvelle-Écosse et à Terre-Neuve, où cependant un ensemble plus ou moins métamorphique supporte en discordance le Cambrien inférieur.

On rencontre souvent les mêmes difficultés dans l'Ouest, mais, dans le Grand Cañon du Colorado (fig. 198), on voit partout l'Algonkien reposer en discordance sur des gneiss fortement plissés et traversés par des dykes intrusifs de pegmatites, antérieures à l'Algonkien, et de diabases, qui, par contre, pénètrent également dans ce terrain et sont postérieures au mouvement orogénique qui a donné lieu à la discordance [23].

Dans les Cordillères de l'Ouest, enfin, on a quelquefois observé cette discordance, mais souvent aussi l'Archéen, l'Algonkien et le Cambrien se succèdent en concordance.

*Europe Septentrionale.* — Dans l'extrême nord de l'Écosse et dans les îles Hébrides, on connaît depuis longtemps une puissante série gneissique, dont l'âge archéen semble incontestable, car elle est surmontée en discordance par des grès algonkiens. Murchison en a fait le *Lewisien*, nom tiré de l'île de Lewis. D'après Sir Archibald Geikie [7], la masse presque tout entière de ces gneiss aurait une origine éruptive et la disposition zonée des éléments serait due à des phénomènes de ségrégation dans des sillons intrusifs. Les minéraux prédominants sont le feldspath plagioclase, le pyroxène, la hornblende, la magnétite; le quartz et le mica noir y sont moins abondants. Les éléments ferro-magnésiens prédominent dans certains lits, le feldspath dans d'autres. L'ensemble est traversé par des dykes de basalte, de péridotite, de granite, sans aucune trace de manifestations éruptives extérieures, et il a été fortement plissé et laminé dans toutes ses parties avant le dépôt des grès algonkiens [8].

Au sud-est de l'importante dislocation du Grand Glen, qui coupe les Highlands d'Écosse en deux régions distinctes, s'étend une région où affleure une série épaisse de quelques milliers de mètres et constituée par des quartzites, des phyllades, des schistes graphitiques, des micaschistes, des marbres, etc. Cet ensemble, auquel Sir Archibald Geikie a donné le nom de *Dalradien*, renferme en outre de nombreuses intrusions de roches éruptives, acides ou basiques, et des intercalations de parties plus métamorphiques, telles que gneiss, schistes à amphibole, chlorito-schistes. Comme le tout est extraordinairement plissé, il a été impossible jusqu'ici d'y établir des subdivisions chronologiques, d'autant plus qu'aucune discordance n'a encore été relevée dans la série.

Dans le Nord de l'Irlande, où l'on retrouve la continuation de la même zone, des gneiss analogues à ceux du Lewisien constituent la base du Dalradien. Quant à la partie supérieure, elle paraît être d'âge cambrien et peut-être même silurien. Le Dalradien serait donc une série compréhensive, formée dans un géosynclinal peu profond, mais en voie de descente continue. La base seule aurait subi un métamorphisme intense. Sir Archibald Geikie pense toutefois que cette partie inférieure est séparée du reste par une discordance.

Dans les régions plus méridionales de la Grande-Bretagne, la présence de l'Archéen n'a pas été établie d'une manière certaine.

En Norvège, le même contraste existe entre une zone septentrionale, la zone des îles Lofoten, qui est l'homologue de celle des Hébrides, et une zone axiale de la Scandinavie, qui correspond à la zone des Grampians, ou Highlands méridionaux.

Les îles Lofoten sont constituées en grande partie par des gneiss très anciens, accompagnés de granites et de venues éruptives diverses. Les micaschistes qui leur font suite semblent appartenir comme eux à l'Archéen. Toutefois rien ne rappelle ici les grès algonkiens, qui, dans la zone des Hébrides, reposent en discordance sur les gneiss archéens [10].

Sur le versant norvégien de la chaîne axiale de Scandinavie, l'Archéen est formé principalement de gneiss et de granites, avec un moindre développement de micaschistes. Ce n'est que localement que l'on observe une discordance avec l'Algonkien métamorphique qui lui succède [11].

Sur le versant sud-est, par contre, les choses se passent tout autrement : l'Algonkien détritique, à éléments grossiers, repose toujours en discordance sur l'Archéen, dans lequel d'ailleurs les granites sont tout à fait prédominants.

La partie orientale de la péninsule Scandinave, dont ces granites font partie, a des affinités beaucoup plus grandes avec la Finlande qu'avec la Norvège, aussi la classification des terrains anté-cambriens de Finlande a-t-elle été récemment étendue à toute la Suède orientale, où leur étude est beaucoup moins avancée [14].

Si l'on fait abstraction des dépôts quaternaires, toute la Finlande, la Carélie et la presqu'île de Kola ou Laponie russe sont constituées par des formations archéennes et algonkiennes, qui ont fait l'objet de travaux déjà classiques de la part de J. J. Sederholm [XIII, 21; 13, 14], de W. Ramsay [15] et de B. Frosterus [12]. Dans aucun pays d'Europe ces terrains n'ont été étudiés avec autant de succès. Voici quelle est, dans la partie orientale du massif Finno-Scandinave, la composition de l'Archéen.

1° *Catarchéen*. — Les terrains les plus anciens de la région sont des gneiss granitoïdes, avec intercalations de roches basiques fortement métamorphosées (*métabasites*).

2° *Ladogien*. — Micaschistes et phyllades, quartzites d'aspect vitreux, calcaires dolomitiques, métabasites, gneiss glanduleux. Granites. Intrusions de diorites et de péridotites.

3° *Bottmien*. — Schistes et conglomérats (v. plus haut, p. 567). Granites. Porphyres uralitiques accompagnés de tufs, porphyrites.

Les relations stratigraphiques de ces trois formations sont particulièrement intéressantes. Chacune supporte la suivante en discordance angulaire et le Bottmien est, à son tour, séparé de l'Algonkien par une discordance très importante. Les roches éruptives du Ladogien n'ont pas pénétré dans le Bottmien et les conglomérats de cette formation sont constitués par des galets de granites et de roches éruptives empruntés au Ladogien. Le Bottmien s'est donc déposé après que les sédiments ladogiens ont été partiellement transformés en granites et traversés par des roches éruptives. Il est nécessaire de supposer une longue période d'exondation entre le dépôt des deux formations, car autrement des roches formées à une grande profondeur n'auraient pas pu être amenées à la surface et démantelées par les agents dynamiques externes. Chacune des trois formations correspond à une phase de lithogénèse, suivie de phénomènes orogéniques et

glyptogéniques. *La période archéenne correspond en Finlande à trois cycles successifs.*

*Chine.* — Les observations de F. von Richthofen [16] ont établi l'existence, dans la Chine septentrionale, de formations détritiques antérieures au Cambrien et incontestablement algonkiennes. Celles-ci reposent en discordance angulaire sur une série de gneiss et de micaschistes, traversée par des roches intrusives, que Bailey Willis [18] a appelée *complexe de T'ai-chan*, car elle est particulièrement bien développée dans les monts T'ai, dans la province de Chan-toung.

**EXTENSION GÉOGRAPHIQUE DES TERRAINS CRISTALLOPHYLLIENS D'ÂGE INDÉTERMINÉ.** — En dehors des régions que nous venons de passer en revue, l'état actuel de nos connaissances ne permet pas de distinguer les terrains algonkiens, et souvent nous ne possédons aucun critérium qui nous permette d'affirmer avec certitude l'âge antécambrien d'un ensemble déterminé de terrains cristallophylliens. L'aperçu qui va suivre de l'extension géographique de ces terrains n'a d'autre raison d'être que de préciser l'emplacement, à la surface du Globe, des points où affleurent actuellement les parties métamorphisées de la base de la série sédimentaire.

*Europe centrale et méridionale.* — Les anciennes cartes géologiques de la France marquent des affleurements assez étendus de terrains archéens dans le massif Armoricain, dans le Plateau Central et dans les Vosges. Dans la première de ces régions, il est aujourd'hui établi que les gneiss et les granites les plus anciens ne sont qu'un faciès métamorphique des schistes algonkiens, qui y jouent un rôle important.

Dans le Plateau Central, on ne peut même plus affirmer l'existence de schistes azoïques d'âge algonkien et, pour plusieurs séries métamorphiques, la preuve est faite de leur âge cambrien ou même post-cambrien. Il existe pourtant, surtout dans l'ouest du massif, de vastes étendues de gneiss, de micaschistes et de granites dont l'âge restera peut-être à jamais indéterminé. Pour ce qui est des Vosges, on y observe plusieurs pointements de gneiss, qui supportent en discordance des schistes sans fossiles. Mais rien ne prouve que l'âge de ces derniers soit algonkien. L'âge des gneiss de la Forêt-Noire ne peut pas être davantage précisé.

L'Algonkien existe indubitablement en Thuringe et dans le massif de Bohême. Il y est représenté par des schistes et des grauwackes et repose en concordance sur des terrains cristallophylliens, composés de gneiss et de micaschistes extrêmement puissants, dont l'âge archéen n'est, par conséquent, guère douteux.

Dans les Pyrénées, les phyllades précambriens passent insensiblement, à la base, à des terrains cristallophylliens, qui représentent peut-être l'Archéen. Il en est de même dans le massif des Maures et en Corse, avec cette réserve que l'âge des schistes azoïques non métamorphisés ne peut être donné comme algonkien que d'une manière tout à fait dubitative et par comparaison avec les Pyrénées.

Dans les Alpes occidentales, la plupart des massifs de gneiss et de micaschistes sont aujourd'hui plutôt attribués au Paléozoïque qu'à la série pré-

cambrienne; quelques-uns même sont certainement carbonifères ou permians. Les mêmes conclusions devront probablement s'appliquer aux schistes cristallins des Alpes orientales et à ceux des Karpates.

Rien ne permet d'affirmer l'âge archéen des terrains cristallophylliens des Balkans et de la péninsule de l'Apennin. Par contre, l'existence du Cambrien dans la Meseta Ibérique rend assez vraisemblable l'attribution à l'Archéen et à l'Algonkien des schistes cristallins et des schistes non métamorphiques qui y prennent un très grand développement concurremment avec les terrains primaires. Mais les relations stratigraphiques de ces divers termes sont encore mal connues.

*Afrique et Amérique du Sud.* — L'ossature du continent Africain est constituée par des terrains cristallophylliens et granitiques qui couvrent des étendues immenses et servent souvent de soubassement à des grès horizontaux d'âge indéterminé. Les terrains sédimentaires les plus anciens avec lesquels ils se trouvent en contact sont des schistes et des grès siluriens, de sorte que l'on ne peut pas affirmer avec certitude l'âge anté-cambrien de la totalité des terrains métamorphiques.

Au Brésil et dans les Guyanes, où ces terrains jouent exactement le même rôle qu'en Afrique, on peut tout au moins distinguer une série ancienne fortement métamorphique et une série détritique plus récente, dont le métamorphisme est beaucoup moins intense.

*Madagascar, Inde péninsulaire, Australie.* — Tout l'Est de Madagascar, les îles Seychelles, la péninsule de l'Inde et l'Australie occidentale sont autant de noyaux cristallophylliens, dont l'âge archéen n'est nullement démontré, car aucun d'eux ne supporte des terrains paléozoïques plus anciens que le Carbonifère. La réunion de ces diverses terres en une masse continentale unique, qui aurait subsisté pendant une partie de l'ère Primaire, est également une hypothèse, en faveur de laquelle on ne peut invoquer que des arguments indirects. Nous y reviendrons, lorsque nous aurons à parler de la flore permienne.

*Zone des plissements alpins.* — Les terrains cristallophylliens ne sont pas localisés uniquement dans les grandes aires continentales, dont ils forment en quelque sorte l'ossature. On en retrouve des affleurements, moins étendus, il est vrai, dans les bandes sinueuses qui séparent ces masses les unes des autres et qui ont fonctionné comme des zones géosynclinales pendant toute la durée des temps Primaires et Secondaires, en attendant qu'elles soient devenues le siège des mouvements orogéniques de l'ère Tertiaire. Ce sont des noyaux, en forme de massifs ou de longues traînées, de granites écrasés, de gneiss, de micaschistes, de schistes chloriteux ou sériciteux. Outre ceux des Alpes et des Karpates, on peut citer ceux de la Cordillère Bétique, du littoral algérien, de l'Asie Mineure, de l'arc Iranien, de l'Himalaya, du Japon, des Coast Ranges de l'Amérique du Nord, des Andes, etc. Sur les cartes géologiques on leur attribue encore la teinte de l'Archéen, mais le sort qu'ont subi les schistes cristallins des Alpes doit nous prévenir contre une pareille généralisation. Il est probable que la plupart de ces massifs sont constitués par des terrains paléozoïques métamorphisés. Quelques-uns d'entre eux sont même d'âge mésozoïque.

**CONCLUSIONS GÉNÉRALES.** — Pour ne parler maintenant que des terrains archéens indiscutables, on peut conclure de ce qui précède que nulle part ils ne sont restés horizontaux et que partout où ils affleu-

rent, ils ont subi des plissements extrêmement intenses. De plus, on constate qu'ils ont toujours été fortement métamorphisés, de manière à prendre presque partout un aspect entièrement cristallin, qui masque leur nature sédimentaire primitive. Le métamorphisme a suivi de près le phénomène de plissement, car, dans les conglomérats qui reposent en discordance sur la série plissée et métamorphisée, on retrouve généralement, à l'état de galets, des roches métamorphiques que rien ne permet de distinguer de celles qui font partie intégrante de cette série.

Enfin, les roches intrusives se trouvent en abondance, et nous possédons des preuves nombreuses de l'existence de volcans archéens, sous la forme de produits d'épanchement et de projections. Mais la distribution de ces volcans et leurs relations avec les plissements nous échappent encore entièrement.

## 2° PÉRIODE ALGONKIENNE

**DÉLIMITATION ET SUBDIVISIONS.** — Le nom d'Algonkien est aujourd'hui employé par un grand nombre d'auteurs, non seulement en Amérique, mais même en Europe, pour désigner le terme supérieur des formations anté-cambriennes. Les conditions dans lesquelles la limite inférieure de ce système peut être précisée ont été définies plus haut. Sa limite supérieure est non moins tranchée, toutes les fois qu'il supporte en discordance le Cambrien fossilifère; mais, lorsque l'Algonkien et le Cambrien sont concordants, leur délimitation est forcément arbitraire.

Des subdivisions ont pu être établies dans l'Algonkien de l'Amérique du Nord et de la Finlande, grâce aux discordances que l'on observe, à plusieurs niveaux, dans les séries de ces deux pays; mais il est impossible de les identifier de part et d'autre de l'Atlantique, à cause de l'absence de fossiles reconnaissables, de sorte qu'elles conservent un caractère essentiellement local.

De même, les noms que l'on a proposés, dans d'autres parties de l'Europe, pour certains représentants de l'Algonkien, s'appliquent à des formations locales et non à des termes d'une valeur générale.

**ÉLÉMENTS LITHOLOGIQUES.** — Les formations sédimentaires peu ou point métamorphisées jouent déjà un rôle très considérable dans l'Algonkien, et leur véritable nature a été reconnue en général, depuis longtemps, par les auteurs. Ce sont presque exclusivement des formations détritiques, car les calcaires, probablement zoogènes, n'y

forment que des intercalations lenticulaires ou des lits d'une faible épaisseur.

Lorsque l'Algonkien est discordant sur l'Archéen, il est ordinairement représenté par des grès ou des quartzites et, surtout à la base, par des conglomérats. Par contre, lorsqu'il fait suite en concordance à l'Archéen, il est constitué par une puissante série de schistes, résultant évidemment de la compression de formations argileuses.

Le métamorphisme des terrains antérieurs au Cambrien s'étend souvent bien au delà de la limite supérieure de l'Archéen et peut affecter la totalité de l'Algonkien, même quand ce terme est discordant sur l'Archéen; mais il n'a affecté que les séries plissées. Il est plus ou moins intense. Tantôt les schistes ou les sédiments grossiers ont subi une recristallisation de tous leurs éléments, tout en conservant à peu près leur aspect primitif; tantôt ils sont entièrement transformés soit en micaschistes, soit en gneiss et en amphibolites, soit même, lorsque la digestion intratellurique a été complète, en granites. On observe aussi, lorsque le métamorphisme est moins général, des auréoles de contact autour de massifs granitiques, alors qu'à une faible distance de la roche cristalline les schistes ne sont pas modifiés.

Les couches algonkiennes sont fréquemment traversées soit par des *sills* intrusifs de diabases, soit par des dykes très variés, soit encore par des coulées interstratifiées de basaltes, de porphyrites, de rhyolithes, etc. Les projections témoignent également de l'existence de nombreux volcans.

RESTES ORGANIQUES. — L'existence de restes organiques dans les couches algonkiennes ne peut plus faire aujourd'hui aucun doute. La nature de certains sédiments indique à elle seule l'existence d'organismes dans les mers de l'époque. Sans parler des calcaires, qui sont probablement zoogènes, on ne peut guère attribuer aux intercalations de lits de charbon, dans certains schistes, d'autre origine que celle de la houille dans les terrains plus récents. On connaît à Schunga, dans le gouvernement d'Olonetz, et à Suojärvi, en Finlande, des couches de charbon plus riches en carbone que l'antracite lui-même, celle de Schunga atteint jusqu'à 2 m d'épaisseur. Inostranzeff a donné le nom de *shungite* à ce charbon, dont certaines variétés possèdent un éclat métallique et une densité comprise entre 3 1/2 et 4 [19].

Les phtanites de Lamballe, dans les Côtes-du-Nord, renferment des corpuscules siliceux très réguliers de forme, dans lesquels L. Cayeux a reconnu la présence de Radiolaires et de Spongiaires

[20]. L'âge algonkien de ces couches a été nettement établi par Charles Barrois.

Les restes d'organismes non microscopiques sont également très rares et leur état de conservation laisse beaucoup à désirer. On connaît, dans différentes régions, des traces d'Annélides, décrites sous le nom d'*Arenicolites*, et des coquilles d'*Hyalithes*, genre attribué d'ordinaire aux Ptéropodes, mais sans raisons bien sérieuses.

Des restes un peu plus variés ont été découverts plus récemment dans l'Algonkien de l'Amérique du Nord [21, 22].

Dans le Grand Cañon du Colorado (Arizona), l'« étage de Chuar » a fourni quelques débris organiques indiscutables : des formes semblables aux *Stromatopora*, décrites sous le nom de *Cryptozoon*; des coquilles coniques écrasées, en forme de Patelles, qui ont reçu le nom de *Chuarina circularis*; des *Hyalithes* très douteux; un fragment ressemblant à une plèvre de Trilobite.

Les couches de Belt, dans le Montana, recouvertes en discordance par le Cambrien moyen, renferment des pistes d'Annélides, provenant de quatre espèces différentes; d'autres pistes, dues à des Mollusques ou à des Crustacés; puis, en immenses quantités, des débris d'un ou plusieurs genres de Crustacés, déformés, aplatis, tronçonnés, mais, paraît-il, indiscutables. Walcott les a décrits sous le nom de *Beltina Danai* [21].

Comme on le voit, bien que la présence de débris organiques dans l'Algonkien ne puisse plus être contestée aujourd'hui, nous sommes loin de connaître, même à l'état rudimentaire, les restes d'un ensemble qui puisse être qualifié de faune.

EXTENSION GÉOGRAPHIQUE DE L'ALGONKIEN. — Comme pour l'Archéen, nous commencerons l'exposé de l'extension géographique de l'Algonkien par l'Amérique du Nord et nous suivrons, pour la nomenclature des divers termes, les conclusions de la Commission instituée par les deux services géologiques du Canada et des États-Unis [6].

*Amérique du Nord.* — Dans la région des Grands Lacs, l'Archéen est recouvert en discordance par une très puissante série (fig. 199), à laquelle on donne depuis longtemps le nom de *Huronien*, introduit par Logan. Ce terme est séparé du Cambrien par un terme également très important, dont on a fait le *Keweenawien* (Brooks), en prenant pour type la série de la presqu'île de Keweenaw, sur le lac Supérieur.

Le Huronien lui-même comprend deux ou trois subdivisions séparées l'une de l'autre par une discordance. Le Keweenawien est discordant sur le Huronien supérieur et supporte lui-même en discordance le Cambrien. Toute cette immense succession de dépôts algonkiens est entièrement

dépourvue de fossiles. Elle renferme, par contre, de nombreuses intercalations de roches intrusives ou des coulées de roches d'épanchement. Voici, en résumé, les termes dont elle se compose de haut en bas (quelques noms locaux ont été mis entre parenthèses) :

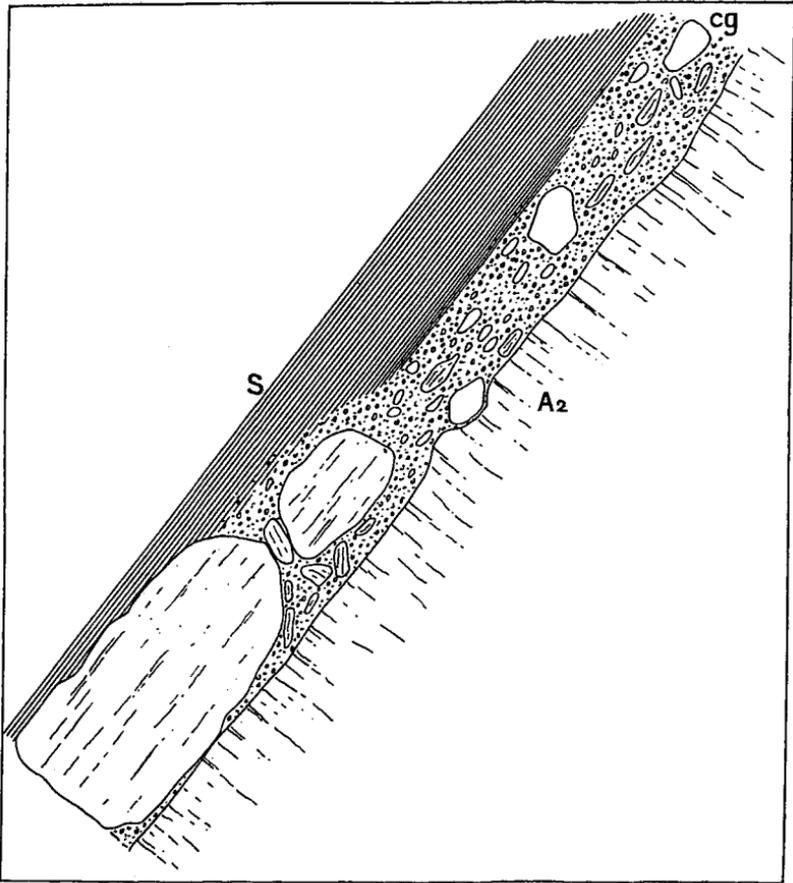


Fig. 199. — Conglomérat de base (cg) du Huronien supérieur (S), reposant en discordance angulaire sur les schistes verts de l'Archéen (A<sub>2</sub>) (d'après CH. VAN HISE). Potato River, Wisconsin.

II. KEWEENAWIEN. — Grès extrêmement puissants (5 000 m), avec bancs de conglomérats et intercalations de coulées ou de nappes intrusives de basaltes, de rhyolithes, de gabbros, de diabases, devenant de plus en plus rapprochées et de plus en plus épaisses vers la base. L'épaisseur totale de la série se trouve ainsi amenée à plus de 15 000 m.

*Discordance.*

I. HURONIEN. — Quartzites, calcaires, schistes (5 à 6 000 m), avec intercalations de roches éruptives.

3° Huronien supérieur (Animikie, série de Marquette supérieure, série de Mesabi, etc.).

*Discordance.*

2° Huronien moyen (série de Marquette moyenne).

*Discordance.*

1° Huronien inférieur (série de Marquette supérieure, Couchiching, etc.).

Le Huronien renferme, dans presque toute sa hauteur, des gîtes ferrugineux d'imprégnation, exploités notamment dans les districts de Marquette (Michigan), de Menominee et Gogebie (Michigan et Wisconsin) et de Mesabi (Minnesota). Le Keweenawien est remarquable, par contre, par la quantité énorme de cuivre natif qu'il renferme. Ce métal remplit tous les interstices des grès et des conglomérats, ainsi que les fissures qui traversent ces roches. Sa présence est en relation avec les coulées interstratifiées.

Les divers étages de l'Algonkien paraissent bien représentés dans les parties du bouclier Canadien situées au nord des Grands Lacs, mais ils n'ont pas été séparés avec une précision suffisante sur les cartes géologiques et souvent on les confond encore avec l'Archéen, quoique la discordance de ces deux termes soit générale. Sur le pourtour de l'ancien massif, par contre, les deux systèmes sont fréquemment concordants et ne peuvent alors être séparés qu'en faisant intervenir les caractères lithologiques, l'Algonkien étant moins métamorphique que l'Archéen.

Le Grand Cañon du Colorado, dans l'Arizona, fournit une coupe unique [24] pour l'étude de l'Algonkien et de ses relations avec l'Archéen et le Cambrien (fig. 197). Ch. D. Walcott [23] y distingue deux termes, séparés par une légère discordance, le groupe inférieur d'*Unkar* et le groupe supérieur de *Chuar*. C'est dans ce dernier qu'ont été recueillis les restes organiques dont il a été question plus haut. L'Algonkien est peu incliné et repose en discordance sur l'Archéen fortement plissé. Il débute par un conglomérat de base, mais comprend surtout des alternances de marnes et de grès, présentant des teintes rouges et brunes très vives. La série atteint environ 4 000 m d'épaisseur et supporte en discordance le Cambrien. Cette coupe montre avec évidence que la double discordance qui délimite l'Algonkien s'étend, dans l'Amérique du Nord, bien au delà des limites du bouclier Canadien, jusque dans des régions qui sont aujourd'hui encore en grande partie recouvertes par des terrains paléozoïques.

*Europe septentrionale.* — Dans la Grande-Bretagne, la discordance de l'Algonkien sur l'Archéen caractérise la zone des Hébrides, qui comprend, outre cet archipel, l'extrême pointe nord de l'Écosse [8]. Les gneiss lewisiens, fortement plissés, y sont recouverts en discordance par les *grès de Torridon*, ou *Torridonien*, puissante série détritique (3 000 m), peu inclinée, que l'on attribue à l'Algonkien, puisque, à son tour, elle supporte en discordance le Cambrien. Souvent ces grès se sont déposés dans des vallées préexistantes creusées dans les gneiss lewisiens (fig. 200). Dans le Sud de l'Écosse et dans le Nord de l'Irlande, c'est-à-dire dans la zone des Grampians, l'Algonkien fait, par contre, partie intégrante du Dalradien, dont il a été question plus haut à propos de l'Archéen [7].

Dans le prolongement en Scandinavie de cette zone des Grampians, c'est-à-dire dans la chaîne axiale de la péninsule [41], l'Algonkien fait suite sans discordance à l'Archéen et atteint de très grandes épaisseurs. On lui donne le nom de *groupe de Seve*. Il présente deux faciès, suivant qu'on l'étudie sur le versant norvégien ou sur le versant suédois. Au nord-ouest, il est entièrement métamorphique; c'est un ensemble, connu sous la dénomination de *schistes d'Åre*, qui comprend de bas en haut : 1° des micaschistes quartzeux; 2° des schistes amphiboliques; 3° des gneiss micacés. Vers le sud-est, le métamorphisme diminue graduellement et la série devient entièrement clastique, tout en conservant une très grande épaisseur. C'est la *sparagmite* des anciens auteurs. On désigne sous ce nom des grès feldspathiques très grossiers, gris ou rouges, foncés ou clairs, associés à des

quartzites, des conglomérats, des schistes argileux et, accessoirement, à des calcaires. Ils supportent en concordance des quartzites cambriens.

La sparagmite repose souvent sur le Silurien horizontal ou peu plissé de la Suède (fig. 251). Cette superposition anormale, qui a pendant longtemps donné lieu à une détermination erronée de l'âge de la sparagmite, est due à un vaste charriage vers le sud, dont l'existence a été démontrée par Törnebohm [11]. Nous y reviendrons plus tard.

Ce Silurien horizontal repose lui-même normalement sur le Cambrien et sur de l'Algonkien également horizontal, constitué par les grès de *Dalécarlie*, remarquables par les grandes nappes de diabases intrusifs qui s'y trouvent intercalées. Cette série est discordante sur l'Archéen plissé, dont nous avons déjà parlé.

En Finlande et dans les régions voisines, c'est-à-dire dans le Nord de la Suède et dans le gouvernement russe d'Olonetz, le système Algonkien

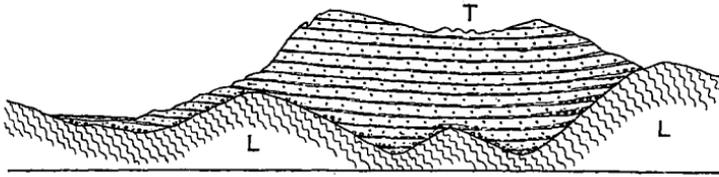


Fig. 200. — Discordance des grès torridoniens (T) sur les gneiss lewisiens (L) redressés et plissés. Slich, près du Loch Maree, Western Ross, Écosse (d'après PEACH, HORNE, etc.).

offre une bien plus grande complication et il est à cet égard comparable à celui de la région des Grands Lacs, dans l'Amérique du Nord. Voici, d'après Sederholm [XIII, 21; 13, 14], W. Ramsay [15], B. Frosterus [12], les termes dont il se compose :

III. JOTNIEN. — Grès et intrusions de diabases.

Granites porphyroïdes intrusifs (les plus récents de la région, connus sous le nom de *rapakiwi*).

Conglomérats et coulées de labradorites.

*Discordance.*

II. JATULIEN. — 2° Jatulien supérieur ou *Onégien* :

Roches basiques laminées, grès, schistes, dolomies, anthracite (*shungite*). Coulées de porphyres augitiques avec tufs.

1° Jatulien inférieur :

Roches basiques laminées, schistes argileux, dolomies, quartzites, grès, conglomérats.

*Discordance.* Granites postkaléviens.

I. KALÉVIEN. — 2° Kalévien supérieur :

Roches basiques laminées, conglomérats.

*Discordance.*

1° Kalévien inférieur :

Roches basiques laminées, chloritoschistes, dolomies, phyllades, quartzites, conglomérats.

*Discordance.*

Ces divers termes, séparés par des discordances, correspondent à autant de phases de sédimentation distinctes, interrompues par des mouvements orogéniques.

Le Kalévien repose en discordance sur les divers termes de l'Archéen. Ses caractères lithologiques rappellent ceux du Huronien inférieur d'Amérique.

Le Jatulien renferme les plus anciennes anthracites connues. Il est discordant sur le Kalévien, mais repose souvent directement sur l'Archéen. Il n'est pas sans analogies avec le Huronien supérieur.

Le Jotnien est discordant sur les termes inférieurs de l'Algonkien, mais il supportait sans doute le Cambrien en concordance, car, comme celui-ci, il n'a subi aucun plissement postérieur à son dépôt. Par ses caractères lithologiques, il rappelle toutefois le Keweenawien d'Amérique et le Torridonien d'Écosse. Les grès de Dalécarlie paraissent être son équivalent exact. Leur âge algonkien résulte de leur antériorité au Cambrien inférieur. Ils n'ont subi, de même que le Jotnien, aucune espèce de métamorphisme, tandis que l'Algonkien inférieur et moyen, qui sont plissés, aussi bien en Suède qu'en Finlande, ont été atteints par le métamorphisme régional, et leurs sédiments ont été par places transformés en gneiss ou en granites.

*Chine.* — Laissant de côté les formations précambriennes de la Sibérie centrale, sur lesquelles nous ne possédons que des données pétrographiques et tectoniques, mais sur la stratigraphie desquelles nous ne sommes qu'insuffisamment renseignés, nous abordons les formations algonkiennes, dont la succession, au moins dans la Chine septentrionale, est aujourd'hui assez bien connue, grâce aux magnifiques travaux de F. von Richthofen [16] et des membres d'une récente expédition faite sous les auspices de l'institut Carnegie et sous la direction de Bailey Willis [18]. Voici comment la succession des diverses formations antécambriennes et leurs relations respectives dans le Wou-t'ai-chan, au sud-ouest de Pékin, ont été résumées dans le mémoire de Bailey Willis :

SYSTÈME DE HOU-TO ( <i>Néo-Protérozoïque</i> ).	{ Calcaire de Tung-yii. Argiles schisteuses de Tôu-ts'un.	} Argiles schisteuses, calcaires et quartzites.
	<i>Discordance.</i>	
	Série de Si-t'ai.	Chloritoschistes, conglomérats quartziteux à la base.
	<i>Discordance.</i>	
SYSTÈME DE WOU-T'AI ( <i>Éo-Protérozoïque</i> ).	Série de Nan-t'ai.	Marbre siliceux, jaspe, quartzites, schistes.
	<i>Discordance.</i>	
	Série de Shī-tsui.	Micaschistes, gneiss, quartzites à magnétite, feldspathiques à la base.
	<i>Discordance.</i>	
« COMPLEXE » DE T'AI-CHAN ( <i>Archéen</i> ).		Gneiss variés et roches intrusives.

Comme on le voit, l'Algonkien est, ici aussi, complètement indépendant d'une série basale à métamorphisme plus intense, à laquelle convient le nom d'Archéen. Lui-même est constitué par une succession de termes très puissants, discordants entre eux, qui est tout à fait comparable à celle de l'Algonkien d'Amérique et de Finlande. Le système de Wou-t'ai correspondrait à peu près au Huronien, celui de Hou-to, au Keweenawien. Le système de Hou-to repose parfois directement en discordance sur les gneiss archéens. Des calcaires non métamorphiques y jouent un rôle important, mais on n'y a pas trouvé de fossiles.

Dans la Chine centrale, en particulier dans le Ts'in-ling-chan, il est très

difficile de séparer les formations précambriennes métamorphiques des terrains paléozoïques qui leur font suite sans discordance apparente et qui ont été également métamorphisés, quoique d'une manière moins intense.

*Europe centrale.* — Le Pays de Galles est une terre classique pour l'étude de l'Algonkien, mais l'unanimité est loin d'être établie sur l'interprétation qu'il convient de donner à ses différents termes. Dans l'île d'Anglesey, des gneiss, peut-être archéens, supportent en concordance des chloritoschistes, des phyllades, des grès, constituant le *Monien* de Blake et généralement attribués à l'Algonkien. Dans le Sud, dans le promontoire de St-Davis, le substratum est inconnu ; des trois subdivisions, *Dimélien*, *Arvonien* et *Pébidien*, distinguées par Hicks [25], la première est exclusivement constituée par des roches éruptives et se trouve, d'après Bigot [26], partout en contact par faille avec les deux autres ; l'Arvonien et le Pébidien, par contre, sont formés de schistes et de conglomérats, qui correspondent aux phyllades de Saint-Lô du Nord du Massif Armoricain. Plus à l'est, dans le Shropshire, l'Algonkien est représenté par une série éruptive, l'*Uriconien* de Callaway, comprenant des laves acides, des brèches volcaniques, des tufs, et par une série sédimentaire, les schistes du Longmynd ou *Longmyndien*. Dans toutes ces régions, le Cambrien repose en discordance bien marquée sur les couches algonkiennes ; mais, d'après Sir Archibald Geikie [7], certaines formations éruptives, considérées comme précambriennes, dateraient en réalité du début du Cambrien.

Dans le Cotentin et en Bretagne, l'Algonkien possède de grandes analogies avec celui du Pays de Galles, mais sa discordance avec le Cambrien n'est générale que dans le Nord du massif Armoricain. Comme c'est la formation la plus ancienne qui affleure dans la région, on ne peut indiquer ses relations avec l'Archéen. Pour ne pas préjuger son âge exact, Charles Barrois a proposé de lui appliquer le nom de *Briovérien*.

Les roches qui prédominent dans l'Algonkien du massif Armoricain sont des schistes, associés quelquefois à des grauwackes, à des arkoses et à des poudingues. Dans le nord de la région, ils sont connus sous le nom de *phyllades de Saint-Lô*. On n'y trouve pas en général d'autres restes organiques que des pistes d'origine très problématique. Cependant, à Lamballe, les phtanites intercalés à la base de la série ont fourni les Radiolaires dont il a été question plus haut. Dans le Trégorrois, les roches basiques interstratifiées dans les schistes prennent un très grand développement.

L'épaisseur totale de l'Algonkien du massif Armoricain a été évaluée à 5 000 m.

Il a déjà été question plus haut du métamorphisme qu'ont subi les phyllades de Saint-Lô. Il est inutile d'y revenir.

Nous ne parlerons pas davantage ici des formations algonkiennes de l'Allemagne centrale et de la Bohême qui sont concordantes avec l'Archéen. Nous y reviendrons d'ailleurs à propos de leurs relations avec le Cambrien.

**CONCLUSIONS GÉNÉRALES.** — L'étude des terrains algonkiens permet d'arriver à quelques résultats généraux sur l'histoire de la période qui, si incomplets qu'il soient, ont un caractère beaucoup moins hypothétique que ceux que l'on pourrait tirer de l'étude des terrains archéens. Le fait que l'Algonkien a quelquefois été épargné par le phénomène de plissement facilite grandement l'étude des roches qui

le composent et permet de les envisager comme des sédiments ordinaires. Le grand rôle qu'y jouent les formations détritiques s'explique par la dégradation intense qu'ont subie les chaînes archéennes et les chaînes algonkiennes aussitôt après leur surrection, mais il serait prématuré de vouloir se baser sur les variations de faciès des dépôts algonkiens pour chercher à déterminer les conditions bathymétriques des mers et, à plus forte raison, pour reconstituer la paléogéographie de l'époque. Il n'en est pas de même des conditions climatiques et des mouvements orogéniques de l'Algonkien, qui méritent de retenir encore notre attention.

*Conditions climatiques.* — Il eût été téméraire, il y a quelques mois à peine, de vouloir essayer de se faire une idée quelconque du climat de l'époque Algonkienne; mais une découverte toute récente est venue jeter un jour inattendu sur cette question.

Un examen approfondi des conglomérats de base du Huronien inférieur dans l'Ontario (Canada), et en particulier aux environs de Cobalt, a permis à A. P. Coleman [27] de les assimiler à une argile à blocs, à une véritable moraine de fond durcie. Les blocs de ce conglomérat présentent souvent deux ou plusieurs faces aplanies, couvertes de stries parallèles, disposées suivant plusieurs directions qui se coupent. Ce sont des granites, des gneiss, des schistes verts, des roches éruptives, empruntés au Laurentien et au Keewatin sous-jacent. Le ciment qui les unit est identique, comme composition et comme aspect, à celui des argiles à blocs ou *tillites* connues dans l'Afrique australe sous le nom de conglomérat de Dwyka, dont l'origine glaciaire n'est plus sérieusement contestée. Le substratum des *tillites* de Cobalt ne présente toutefois aucune trace du polissage que l'on observe souvent à la surface des roches qui supportent de la moraine de fond.

Des conglomérats huroniens possédant les mêmes particularités ont été trouvés dans l'Ontario, sur toute l'étendue de la région qui est limitée au sud par le lac Supérieur, depuis le lac des Bois, à l'ouest, jusqu'au lac Temiscaming, à l'est, c'est-à-dire sur une longueur de plus d'un millier de kilomètres. Des formations analogues semblent exister dans le Minnesota et dans le Michigan. Leur extension est donc tout à fait comparable à celle des dépôts glaciaires de l'époque Anthracolithique et de l'époque Quaternaire. Il serait difficile d'attribuer leur origine à une cause autre que le phénomène glaciaire. L'intensité des plissements archéens et l'accumulation énorme de formations détritiques à l'Algonkien rendent très plausible l'existence de reliefs qui ont dû considérablement faciliter l'établissement de grandes calottes glaciaires; mais la présence de glaciers implique de

plus, pour le début de l'époque Algonkienne, un climat plus rigoureux que celui de l'époque actuelle. La rareté des formations calcaires dans les séries algonkiennes de tous les pays est parfaitement en accord avec cette conclusion.

Il convient d'ajouter que divers auteurs ont également affirmé l'existence de dépôts glaciaires algonkiens au Spitzberg et au Cap, mais l'âge anté-cambrien des formations en question est loin d'être établi avec certitude.

*Mouvements orogéniques.* — La période Algonkienne est marquée par des mouvements orogéniques très intenses. L'étude de la région des Grands Lacs, en Amérique, celle de la Finlande, en Europe, celle de la Chine septentrionale, en Asie, ont montré que chacun de ces mouvements successifs a eu lieu après une période de sédimentation d'une très longue durée. Comme les lacunes indiquées par les discordances permettent de conclure à des phases d'exondation et de dénudation prolongées, et consécutives aux mouvements orogéniques, c'est-à-dire à l'existence de plusieurs cycles successifs, il faut admettre, pour l'ensemble de la période Algonkienne, une durée immense, que les auteurs américains estiment avoir été aussi longue que toute l'ère Paléozoïque.

Il est plus facile de reconstituer les directions des zones de plissement de l'Algonkien que de se faire une idée, même approximative, des directions prédominantes dans les mouvements orogéniques de l'Archéen.

Dans le bouclier Canadien, au nord de la région des Grands Lacs, les plissements sont dirigés W.-E. ou S.W.-N.E. La même direction se retrouve dans les îles Hébrides, dans l'extrême nord de l'Écosse et dans les îles Lofoten. Marcel Bertrand avait dès 1888 raccordé hypothétiquement, d'une rive de l'Atlantique à l'autre, ces plissements précambriens et avait conclu à l'existence d'une *chaîne Huronienne* [XIV, 15].

Les travaux de Sederholm et de ses collègues finlandais ont montré que dans le Sud-Est du bouclier Scandinave la direction des plissements est tout autre. Dans le Centre de la Suède et dans le Sud de la Finlande, les plissements archéens ou anté-algonkiens sont orientés à peu près E.-W., mais il n'en est pas de même des plissements algonkiens ou anté-jotniens, qui coupent souvent cette direction ancienne presque à angle droit, affectant eux-mêmes une orientation N.-S. ou N.W.-S.E., qui se retrouve depuis la mer Blanche, à l'est, jusque dans le Sud de la Norvège. Tous ces plis paraissent s'enfoncer très nettement sous la grande surface de charriage, qui

délimite au Sud-Est la chaîne axiale de la Scandinavie et qui est postérieure au Silurien. Dès lors, il est impossible de raccorder les plis du Sud-Est du bouclier Scandinave avec ceux du bord nord-ouest, c'est-à-dire avec la chaîne Huronienne.

Vers le S.E., par contre, les plis de la Finlande s'ennoient sous les terrains paléozoïques horizontaux de la plate-forme Russe et il est impossible de dire exactement jusqu'où, sous cette couverture, ils conservent leur direction.

En Asie, il existe de même des restes d'une chaîne très ancienne, d'âge certainement antérieur au Cambrien. C'est la *faute ancien*, comme l'appelle Suess [0,22, III], le bord méridional du vaste plateau de la Sibérie centrale, où le Cambrien est transgressif sur les terrains cristallophylliens plissés et a conservé son horizontalité primitive. Il forme, au nord d'Irkoutsk, un vaste amphithéâtre, dû à la rencontre de deux directions de plissement, l'une S.E. ou E.S.E., *saïanique*, dans l'ouest; l'autre S.W. ou W.S.W., *baïkatique*, dans l'est.

Dans les autres continents, il serait tout à fait prématuré de vouloir reconstituer les zones de plissement précambriennes. De même, l'état actuel de nos connaissances ne permet pas encore de rechercher les relations des venues éruptives avec la direction des plis. On connaît d'immenses coulées d'âge algonkien, accompagnées de projections, mais la structure des appareils volcaniques est masquée par les mouvements orogéniques de la fin de la période ou oblitérée par les dénudations ultérieures.

- 
1. — LOGAN, DAWSON, CARPENTER, STERRY HUNT. On the occurrence of organic remains in the Laurentian Rocks of Canada. *Quart. Journ. Geol. Soc.*, XXV, p. 45-71, pl. VI-IX, 1865.
  2. — KARL MÖBIUS. Der Bau des Eozoon canadense nach eigenen Untersuchungen verglichen mit dem Bau der Foraminiferen. *Palaeontographica*, XXV, p. 175-192, pl. XXIII-XL, 1878.
  3. — HERMANN CREDNER. Die Gliederung der eozoischen (vorsilurischen) Formationsgruppe Nord-Amerikas. *Habilschr. Univ. Leipzig*. 1 br. in-8°, 54 p., 1869.
  4. — TH. R. VAN HISE. Correlation Papers, Archean and Algonkian. *Bull. of the U. S. Geol. Surv.*, n° 86, 549 p., 12 pl., 1892.
  5. — ID. Principles of North American Pre-Cambrian Geology. *16<sup>th</sup> Ann. Rept. of the U. S. Geol. Surv.*, p. 571-843, pl. CVIII-CXVII, fig. 101-169, 1896.
  6. — ID. Report of the Special Committee for the Lake Superior Region with introductory note by —. *Journ. of Geol.*, XIII, p. 89-104, 1905.
  7. — SIR ARCHIBALD GEIKIE. On the pre-cambrian rocks of the British Isles. *Journ. of Geol.*, I, p. 1-14, 1893.
  8. — B. N. PEACH, JOHN HORNE, W. GUNN, C. T. CLOUGH, L. W. HINXMAN, J. J. H. TEALL. The Geological Structure of the North-West Highlands of Scotland. *Mem. Geol. Surv. of Great Britain*. 1 vol. in-8°, 668 p., 52 pl., 1 carte, 66 fig. 1907.
  9. — THEODOR KJERULF. Udsigt over det sydlige Norges geologi. 1 vol. in-4°, 262 p., fig., atlas de 39 pl., 1 carte géol. 1/1 000 000. Christiania, 1879.

10. — HANS REUSCH. Det nordlige Norges geologi, med bidrag of TELLEF DAHL og O. A. CORNELIUSSEN. *Norges geol. unders.* 204 p., 1 carte, 4 pl., fig., 1894.
11. — A. E. TÖRNEBOHM. Grunddragen of det centrala Skandinavians bergbyggnad (mit einem Résumé in deutscher Sprache). *K. Svenska Vetensk. Akad. Handl.*, XXVIII, n° 5, 212 p., 4 pl., 1896.
12. — BENJ. FROSTERUS. Bergbyggnaden i sydöstra Finland (Der Gebirgsbau des südöstlichen Finland). *Bull. de la Commiss. géol. de Finlande*, n° 13, 168 p., 18 fig., 1 carte, 8 pl., 1902.
13. — J. J. SEDERHOLM. Über den gegenwärtigen Stand unserer Kenntniss der kristallinischen Schiefer von Finnland. *Congr. géol. intern. C. R. de la 9<sup>e</sup> session, Vienne, 1903*, p. 609-630, 1904.
14. — ID. Om granit och gneiss, deras uppkomst, uppträdande och utbredning inom urberget i Fennoskandia (On granite and gneiss, their origin, relations and occurrence in the Pre-Cambrian complex of Fennoscandia). *Bull. de la Commiss. géol. de Finlande*, n° 23, 110 p., 11 fig., 8 pl., 2 cartes, 1907.
15. — WILHELM RAMSAY. Ueber die präcambrischen Systeme im östlichen Teile von Fennoskandia. *Centralbl. f. Miner.*, 1907, p. 33-41, 1 fig.
16. — FERD. VON RICHTHOFEN. China. Ergebnisse eigener Reisen und darauf gegründeter Studien. 3 vol. in-4°, atlas de pl. in-folio. Berlin, 1877. — I. Einleitender Theil, 758 p., 29 fig., 11 cartes, 1877; II. Das nördliche China, 792 p., 126 fig., 8 pl., 1882; IV. Palæontologischer Theil, von W. DAMES, EM. KAYSER, G. LINDSTRÖM, A. SCHENK, CONR. SCHWAGER, 288 p., 15 fig., 54 pl., 1883.
17. — LUDWIG VON LOCZY. Die wissenschaftlichen Ergebnisse der Reise des Grafen Béla Szechenyi in Ostasien, 1877-1880. 3 vol. in-4°, atlas in-folio de 33 pl. Wien, 1893-1899. I, 3. Geologie, p. 307-836, pl. III-X, 167 fig.; III, 6. Beschreibung der fossilen Thiere und Pflanzen, sowie der gesammelten Gesteine, p. 1-389, 37 fig., 14 pl.
18. — BAILEY WILLIS. Research in China. I. Descriptive Topography and Geology, by —, ELIOT BLACKWELDER and R. H. SARGENT. 1 vol. in-4°, xxx + 353 p., 51 pl., 65 fig., atlas in-folio de 42 pl. II. Systematic Geology, 1 vol. in-4°, x + 133 p., 9 pl. Washington, 1907.
19. — A. INOSTRANZEFF. Ein neues, äusserstes Glied in der Reihe der amorphen Kohlenstoffe. *Neues Jahrb. f. Miner.*, 1880, I, p. 97-124.
20. — L. CAYEUX. Les preuves de l'existence d'organismes dans le terrain précambrien. 1<sup>re</sup> note sur les Radiolaires précambriens. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 3<sup>e</sup> sér., XXII, p. 197-228, pl. XI, 1894.
21. — CHARLES D. WALCOTT. Pre-Cambrian fossiliferous formations. *Bull. of the Geol. Soc. of America*, X, p. 199-244, pl. XXII-XXVIII, 1899.
22. — ID. Sur les formations pré-cambriennes fossilifères. *Congr. géol. intern. C. R. de la 8<sup>e</sup> sess., en France*, I, p. 299-312, 1901.
23. — ID. Algonkian Rocks of the Grand Cañon of the Colorado. *Journ. of Geol.*, III, p. 312-330, pl. VI, 1 fig., 1895.
24. — FRITZ FRECH. Das Profil des grossen Colorado-Cañon. *Neues Jahrb. f. Miner.*, 1895, II, p. 153-156, pl. III.
25. — HENRY HICKS. On the Pre-Cambrian (Dimetian, Arvonian, and Pebidian) Rocks in Caernarvonshire and Anglesey. *Quart. Journ. Geol. Soc.*, XXXV, p. 295-308, 1 fig., 1879.
26. — A. BIGOT. L'Archéen et le Cambrien dans le Nord du Massif Breton et leurs équivalents dans le Pays de Galles. *Thèse Fac. Sc. Paris et Mém. Soc. Nation. d. Sc. Nat. et Math. de Cherbourg*, XXVII, 202 p., 40 fig., 1890.
27. — A. P. COLEMAN. The Lower Huronian Ice Age. *Journ. of Geol.*, XVI, p. 149-158, fig. 1-5, 1908.

V. ussi : 0, 1, 2, 4, 6, 9, 22; XIII, 16, 21; XIV, 14, 15.

## CHAPITRE XXXII

### PÉRIODE CAMBRIENNE

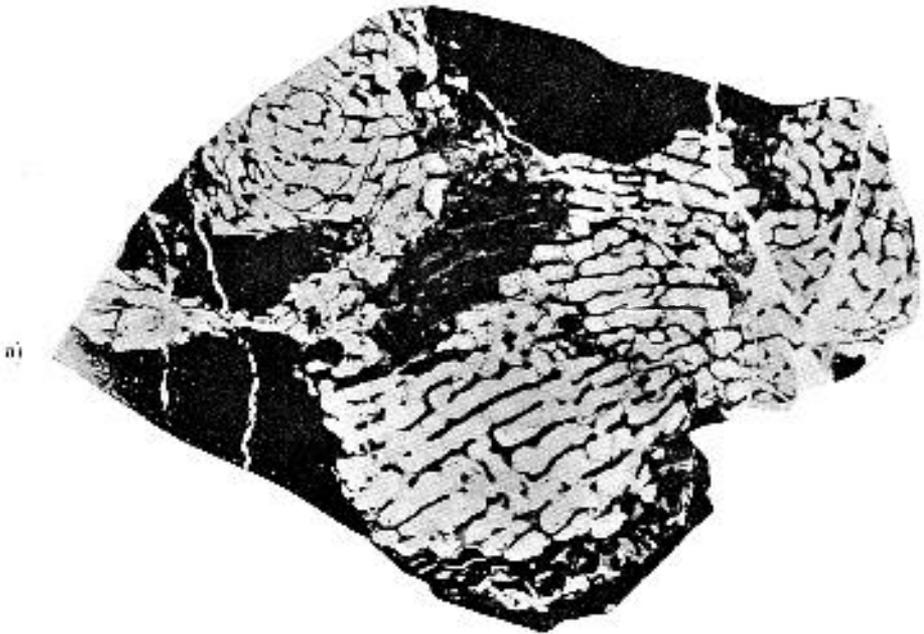
- 1° Caractères généraux : Caractères paléontologiques. — Principaux faciès. — Délimitation et subdivisions.
- 2° Répartition géographique et principaux types : Province nordatlantique. — Europe centrale et méridionale. — Asie et Australie. — Amérique du Nord.
- 3° Résultats généraux : Résultats paléogéographiques. — Provinces zoologiques. — Phénomènes glaciaires. — Mouvements orogéniques et épirogéniques. — Phénomènes volcaniques.

La dénomination de *Cambrien* (de *Cambria*, nom latin du Pays de Galles) fut proposée en 1835 par Sedgwick [1, 2] pour un ensemble de terrains renfermant les plus anciens organismes connus à cette époque et séparés, pour cette raison, du Silurien, que Murchison avait créé peu de temps auparavant. Une longue polémique s'engagea ensuite entre les deux savants au sujet de la délimitation des deux termes, chacun voulant étendre celui qu'il avait introduit au détriment de celui dont son collègue était l'auteur [4]. Nous donnerons plus loin les raisons qui militent en faveur de la délimitation actuelle.

Souvent aussi on a envisagé le Cambrien comme une simple subdivision du système Silurien; mais les trois groupes que l'on est d'accord pour y distinguer ont, comme le montre la succession des faunes, une durée au moins équivalente à celle des deux groupes du Silurien *s. str.* Dans tous les cas, au point de vue didactique, il y a un grand intérêt à traiter à part le Cambrien, dont la faune mérite une attention toute particulière.

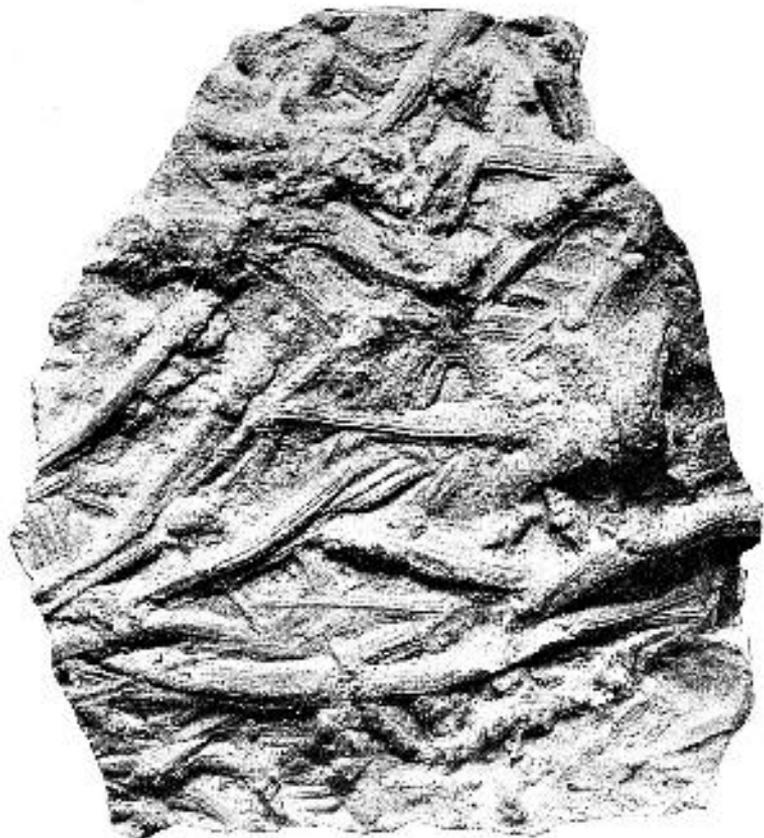
#### 1° CARACTÈRES GÉNÉRAUX

CARACTÈRES PALÉONTOLOGIQUES. — J. Barrande donnait, en 1852 [5], le nom de *faune première* ou de *faune primordiale* à une faune cambrienne, qui, à ce moment, était la plus ancienne que l'on



D'après J. G. Bornemann.

- a) *Archæocyathus Marianus* (Espagne) (3 gr. nat.)
- b) *Protopharetra radiata*. Iglesias (Sardaigne) (3 gr. nat.)
- c) *Coscinocyathus verticillus*. San Pietro, près Masua (Sardaigne) (4 gr. nat.)



GRÈS À LOFTON (P. F. AL.)  
Cambrien inférieur.  
Lugnås (Suède)



Clichés H. Bagot.  
*Paradoxides spinosus* (1/2 gr. nat.)  
Acadien.  
Skrey (Bohème).

connût. Il la considérait comme la plus ancienne qui eût apparu à la surface de la terre et voyait dans l'organisation élevée de quelques-uns de ses représentants un argument en faveur des idées antiévolutionnistes qu'il professait. En réalité, la faune dite primordiale n'est pas la plus ancienne, elle appartient au Cambrien moyen et le Cambrien inférieur a fourni postérieurement aux recherches de Barrande une faune non moins riche, connue surtout grâce aux beaux travaux de Ch. D. Walcott [6]. De plus, on a découvert depuis, dans les dépôts algonkiens, des restes organiques, qui permettent d'escompter pour l'avenir la découverte de faunes non moins riches que celles du Cambrien.

Une analyse des éléments de la faune cambrienne, considérée dans son ensemble, va nous permettre d'ailleurs de nous prononcer sur son degré d'évolution et sur son caractère de vétusté plus ou moins accentué. Pour cette raison, nous nous arrêterons plus longuement sur cette analyse que nous ne le ferons pour les faunes des périodes géologiques suivantes.

Les VÉGÉTAUX sont totalement inconnus au Cambrien. On a bien considéré comme tels les *Eophyton* (pl. LXXV, 1), mais nous verrons tout à l'heure quelle est la signification de ces empreintes. De même, la nature végétale du genre *Oldhamia* est très peu vraisemblable et son attribution aux Hydrozoaires est aujourd'hui admise par tous les auteurs qui ne préfèrent pas y voir de simples ridements mécaniques de la surface des schistes.

Les PROTOZOAIRES ne sont représentés jusqu'ici que par des FORAMINIFÈRES, les uns indéterminables, même génériquement, comme ceux des argiles cambriennes des environs de Saint-Pétersbourg, les autres attribuables aux genres *Globigerina* et *Orbulina*, que l'on trouve encore de nos jours dans le plankton des océans.

Aux SPONGIAIRES appartiennent les *Protospongia*, de l'ordre des *Hexactinellidæ*. C'est, par contre, dans le voisinage de *Calcispongia* que plusieurs auteurs placent les *Archæocyathidæ* ou *Archæozoa*, tandis que d'autres en font des Zoanthaires. Le groupe est exclusivement cambrien et comprend notamment les genres *Archæocyathus* (pl. LXXIV), *Coscinocyathus*, *Ethmophyllum*, etc.

Les HYDROZAIRES sont déjà représentés, d'une part, par les *Graptolithidæ*, dont les types les plus caractéristiques n'apparaissent d'ailleurs que dans les couches-limites du Cambrien et du Silurien; d'autre part, par de véritables méduses de l'ordre des Acalèphes, dont on connaît à la fois les empreintes discoïdes, décrites sous le nom de *Medusites*, les moules internes de la cavité gastro-vasculaire (*Brooksella* et *Spatangopsis*, ce dernier primitivement envisagé comme un Échinide) (fig. 201) et, enfin, les pistes laissées par leur marche sur le sable, qui ne sont autres que les *Eophyton* (pl. LXXV, 1) [8, 9].

Parmi les ÉCHINODERMES, on ne connaît avec certitude dans le Cambrien que 2 classes sur 6 : l'une exclusivement paléozoïque, celle des CYSTOÏDÉS, représentée déjà par des types très spécialisés, qui ont acquis secondaire-

ment la symétrie bilatérale (fig. 202); la seconde, celle des CRINOÏDES, dont les restes sont encore assez rudimentaires.

On peut attribuer aux VERS, et plus particulièrement aux ANNÉLIDES, cer-

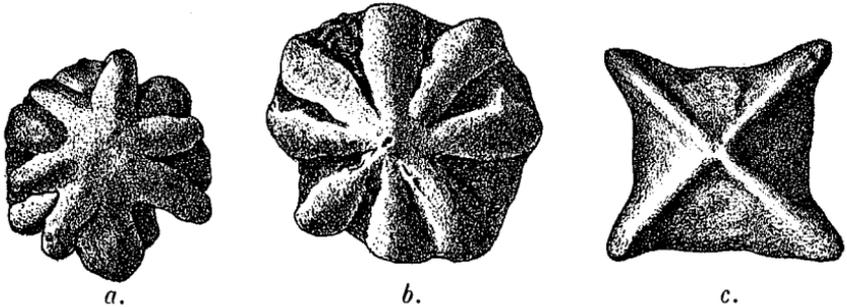


Fig. 201. — Méduses cambriennes. Moules internes de la cavité gastro-vasculaire.

a. *Brooksella alternata*. Acadien, Coosa Valley, Alabama (d'après CH. D. WALCOTT).

b. *Laotira cambria*. Acadien, même localité (Id.).

c. *Medusina costata*. Géorgien, Lugnås, Scanic (Id.).

taines pistes (*Nereites*) et les tubes verticaux que ces Animaux creusent dans le sable (*Arenicolites*, *Scolithus*).

Les BRACHIOPODES sont très abondants dans la faune cambrienne. On y trouve déjà presque toutes les familles d'INARTICULÉS (*Obolidæ*, *Lingulidæ*, *Siphonolretidæ*, *Discinidæ*), tandis que les ARTICULÉS ne sont encore représentés que par les *Strophomenidæ* (*Orthis*, *Orthisina*) et par un seul genre de *Pentameridæ* (*Camarella*).

L'embranchement des MOLLUSQUES est représenté par des LAMELLIBRANCHES, par des GASTÉROPODES et par des CÉPHALOPODES.

Les Lamellibranches, il est vrai, n'ont encore fourni qu'un très petit nombre d'espèces, notamment *Fordilla Troyensis*, qui est peut-être un Ostracode, c'est-à-dire un Crustacé, et *Modioloides priscus*, dont on ne connaît encore que le moule interne, tous deux provenant du Cambrien inférieur.

Les *Hyalithidæ* sont des Mollusques univalves extrêmement simples, que l'on a attribués à tort aux Ptéropodes en raison de la minceur de leur coquille.

Ils doivent vraisemblablement être envisagés comme des Mollusques très primitifs, reliant peut-être les Gastéropodes aux Céphalopodes, de même que les Scaphopodes occupent une position intermédiaire entre les Gastéropodes et les Lamellibranches. Le genre *Hyalithes* est cité

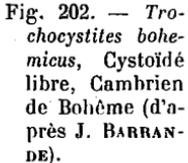


Fig. 202. — *Trochocystites bohemicus*, Cystoïde libre, Cambrien de Bohême (d'après J. BARRANDE).

déjà dans l'Algonkien, il atteint son maximum au Cambrien et se continue à travers tout le Paléozoïque, en devenant rare à partir du Dévonien.

Les Gastéropodes ont plusieurs représentants dès le Cambrien inférieur. Ce sont des formes encore peu différenciées, appartenant soit à la famille des Pleurotomariidés (*Rhapistoma*), soit à des genres de position systématique douteuse, tels que *Scenella*, qui rappelle les Patelles, *Stenothecca*, que l'on a rapproché des Capulidés. Le Cambrien moyen renferme déjà une plus grande variété de Gastéropodes : on y trouve des Pleurotomariidés,

des Bellérophontidés, des Euomphalidés, ainsi que des coquilles turbinées et même une forme senestre. On a attribué au Cambrien supérieur [10] une faune plus riche encore en Gastéropodes, mais il convient plutôt de la remonter à la base du Silurien.

Si l'on fait abstraction des genres *Piloceras*, *Endoceras*, *Trocholites*, trouvés dans les calcaires de Durness, en Écosse, où la conservation des fossiles laisse beaucoup à désirer, on ne peut mentionner qu'un seul représentant cambrien des Céphalopodes, le genre *Volborthella*, dont Karpinsky a mis en évidence les caractères primitifs.

Les CRUSTACÉS sont représentés par des OSTRACODES (*Primitia*, *Leperditia*, *Isoxys*), des PHYLLOPODES (*Protocaris*, *Hymenocaris*), des GIGANTOSTRACÉS (*Aglaspsis*) et surtout par de nombreux TRILOBITES. Ceux-ci appartiennent à plusieurs familles, dont les unes, comme les *Agnostidæ* (*Agnostus*, *Microdiscus*), les *Conocephalidæ* (*Conocephalus* ou *Conocoryphe*, fig. 18, *Clenocephalus*), les *Olenidæ* (*Olenus*, fig. 203, *Olenellus*, fig. 204, *Paradoxides*, pl. LXXV, 2, *Eurycare*, *Ptychoparia*, *Ellipsocephalus*, *Sao*, *Dicellocephalus*, fig. 205, *Arionellus*, *Pellura*) apparaissent dès le Cambrien inférieur, tandis que celle des *Asaphidæ* (*Ogygia*, *Asaphiscus*) n'est connue qu'à partir du Cambrien supérieur. Aucun Trilobite cambrien n'est susceptible de s'enrouler pour protéger sa face inférieure, comme font beaucoup de formes du Silurien et du Dévonien.

On ne connaît encore aucun Vertébré cambrien.

Il résulte de cet aperçu que tous les embranchements et la plupart des classes d'Invertébrés sont représentés dans le Cambrien. L'absence des Zoanthaires et en particulier celle des Tétracoralliaires et des Tabulés, celle aussi des Bryozoaires, les uns et les autres si abondants dès le Silurien, la grande rareté des Crinoïdes peuvent être attribuées au faible développement, dans les terrains cambriens, des formations calcaires et en particulier du faciès récifal. L'absence des Végétaux s'explique de même par le fait que nous ne connaissons pas encore de formations continentales d'âge cambrien, et c'est évidemment à la même circonstance qu'est due notre ignorance complète au sujet des Arthropodes terrestres de l'époque.

La grande variété des types, leur différenciation évidente, l'organisation très élevée de plusieurs formes établissent d'une manière certaine que la faune cambrienne, loin d'être la faune « primordiale », est au contraire une faune dont les représentants ont derrière eux une longue suite d'ancêtres, échelonnés dans toute une longue succession de terrains sédimentaires. Ces terrains sont aujourd'hui connus, c'est l'Archéen et l'Algonkien, qui représentent, comme il a été dit plus haut, une série très complexe de périodes géologiques, dont la durée, rien que pour l'Algonkien, est peut-être

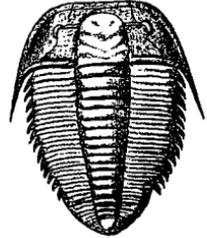


Fig. 203. — *Olenus truncatus*. Potsdamien, Andrarum, Scanie (d'après ANGELIN). Gr. nat.

supérieure à celle de l'ensemble des temps paléozoïques. Des restes fossiles ont été trouvés effectivement dans les terrains précambriens, et, s'ils sont encore si rares, cela tient, d'une part, au métamorphisme intense que ces terrains ont subi, de l'autre, probablement, à la minceur du squelette ou à son absence chez les organismes plus anciens [11].

Mais il ne faudrait pas tomber dans l'excès opposé et, par réaction contre l'opinion courante, qui faisait de la faune cambrienne *un monde très ancien*, considérer les organismes de la première faune paléozoïque comme des types sans caractère archaïque aucun. On ne saurait trop insister sur la présence, parmi ses éléments, des types les moins évolués de chaque groupe. Chez les Échinodermes, ce sont les *Pelmatozoaires* fixés, qui ont précédé les *Échinozoaires* libres. Chez les *Brachiopodes*, ce sont les *Inarticulés* les plus primitifs qui prédominent de beaucoup sur les *Articulés*, plus élevés en organisation. Chez les *Crustacés*, les *Entomostracés*, à segments en nombre variable, sont beaucoup plus nombreux que les *Malacostracés*, au nombre fixe de segments, qui, plus spécialisés, sont à peine représentés au Cambrien. Mais ce sont surtout les *Mollusques* qui viennent à l'appui de cette manière d'apprécier la faune cambrienne. Sans parler des *Lamellibranches*, sur lesquels nous ne possédons que des données insuffisantes, on ne peut manquer d'être frappé de la présence, dans le Cambrien, des familles de *Gastéropodes* que les zoologistes s'accordent à considérer comme les moins élevées en organisation et de ces familles seulement. Les *Céphalopodes*, qui sont les *Mollusques* les plus perfectionnés, ne sont représentés eux aussi que par quelques genres très primitifs.

Pour finir, il ne nous reste plus qu'à énumérer les divisions du règne animal qui, au moins dans l'état actuel de nos connaissances, sont exclusivement cantonnées dans le Cambrien. On ne peut citer aucune classe, aucun ordre qui soit dans ce cas, si ce n'est la singulière famille des *Archæocyathidæ*, qui constitue peut-être à elle seule un ordre indépendant dans la classe des *Calcispongiés*. En revanche, les deux familles des *Obolidæ* et des *Siphonotretidæ*, parmi les *Brachiopodes* inarticulés, survivent à peine au Cambrien. Parmi les *Trilobites*, aucune famille n'est exclusivement cambrienne, mais les genres qui ne passent pas dans le Silurien sont nombreux. Cependant ils sont généralement localisés soit dans une seule des trois divisions que nous distinguerons dans le Cambrien, soit dans deux d'entre elles. Il n'y a guère que les genres *Ptychoparia* et *Agnostus* qui se trouvent dans toutes les trois.

Ajoutons encore, pour caractériser l'époque Cambrienne, que les familles des *Lingulidæ*, des *Agnostidæ*, des *Olenidæ*, des *Conocoryphidæ* y atteignent leur maximum.

PRINCIPAUX FACIÈS. — Nous ne connaissons encore aucun dépôt intercalé dans des formations marines de l'époque Cambrienne qui puisse être envisagé comme une formation continentale; mais il existe, à la base des grès par lesquels commence la transgression cambrienne sur le pourtour du massif Finno-Scandinave, des galets façonnés par le vent et peut-être des *formations glaciaires* datant de la période d'émersion qui a précédé immédiatement cette transgression. Des formations analogues, se présentant dans les mêmes conditions, ont été signalées récemment en Chine et en Australie. Nous y reviendrons plus loin.

Nous ne pouvons mentionner qu'avec doute comme *formations lagunaires* les marnes salifères qui occupent la base de la série cambrienne de la Salt Range, en Inde, car leur âge cambrien n'est rien moins que certain. Les schistes à pseudomorphoses de sel gemme, par quoi se termine cette série, peuvent cependant être invoqués en faveur de l'existence de bassins d'évaporation.

Des *formations littorales*, correspondant à d'anciennes plages sableuses, sont très développées dans le Sud de la Suède et en Esthonie; ce sont les grès à *Eophyton* (pl. LXXV, 1), avec empreintes de Méduses et pistes d'Annélides.

On peut classer, par contre, dans les *formations néritiques* les sables, les grès, les quartzites, les arkoses, qui ne renferment guère, comme restes organiques, que des tubes d'Annélides et des Brachiopodes inarticulés (grès à *Obolus*). Souvent les grès alternent avec des schistes, où l'on rencontre les mêmes Brachiopodes, associés à des Trilobites (schistes à *Paradoxides* p. p.). Les calcaires zoogènes à *Archæocyathus* paraissent s'être formés également dans des eaux peu profondes; mais, comme nous ignorons les conditions d'existence de ces organismes, nous ne pouvons faire ici que des conjectures.

Nous attribuons aux *formations bathyales* les ampélites ou schistes alunifères de Scandinavie, riches en Trilobites; les calcaires bitumineux, souvent noduleux, renfermant les mêmes genres que les schistes; les schistes à *Dictyonema*, etc. La disparition des yeux chez beaucoup de Trilobites cambriens a déterminé plusieurs auteurs [0,22] à envisager comme des formations abyssales les dépôts qui les renferment; cependant les mêmes genres aveugles se retrouvent dans

les schistes intercalés dans des grès incontestablement néritiques, de sorte qu'il convient plutôt d'attribuer à la vie fousseuse la régression des organes visuels des Trilobites cambriens.

Toutefois Matthew a découvert, dans le Cambrien inférieur du Nouveau-Brunswick, des couches à *Protolenus*, qui renferment en grande abondance des Foraminifères planctoniques, tels que *Globigerina* et *Orbulina*. Il les assimile à la boue à Globigérines des mers actuelles et les range dans les formations abyssales [16].

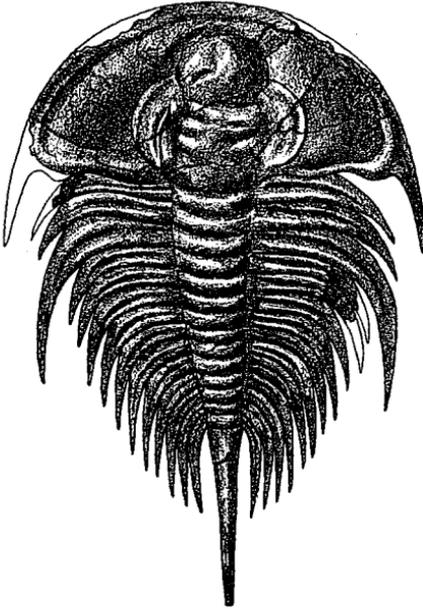


Fig. 204. — *Olenellus Thomsoni*. Géorgien, Georgia, Vermont (d'après Ch. D. WALCOTT.)  
1/2 gr. nat.

#### DÉLIMITATION ET SUBDIVISIONS.

— Tous les auteurs sont aujourd'hui d'accord pour placer la limite inférieure du Cambrien à la base des couches qui renferment la faune à *Olenellus* (fig. 204), c'est-à-dire la faune la plus ancienne qui soit connue en Europe et dans l'Amérique du Nord. Elle apparaît d'ailleurs très peu au-dessus de la discordance qui, dans ces mêmes régions, sépare souvent le Cambrien de l'Algonkien supérieur; cependant, en Finlande, le mouvement orogénique dont cette discordance est l'expression s'est produit un peu plus tôt que dans la zone

huronienne, de sorte que le Jotnien est ici concordant avec le Cambrien. La délimitation est alors basée sur l'apparition des premiers représentants de la faune à *Olenellus*. On procède de même dans les cas où, comme dans la zone des Grampians, tout l'Algonkien et le Cambrien sont concordants.

On place actuellement la limite supérieure du Cambrien entre les schistes à *Dictyonema* et les couches à *Ceratopyge* ou couches de Tremadoc. Nous y reviendrons dans le chapitre consacré au Silurien. Depuis longtemps, on divise le Cambrien en trois groupes ou étages, correspondant à la distribution verticale des Trilobites. Au début, l'on donnait à ces trois termes les noms d'*Annéliidien*, de *Paradoxidien* et d'*Olénidien*. Le premier date d'une époque où la faune

à *Olenellus* était encore inconnue ; on dirait aujourd'hui *Olenellidien*. Cependant, la règle qui impose aux étages des noms géographiques ayant prévalu, Walcott a remis en vigueur, en 1891 [13], d'anciens noms locaux qui, employés dans un sens plus général, ont complètement remplacé les noms paléontologiques. Les trois termes sont devenus le *Géorgien* (de Georgia, ville de l'état de Vermont, États-Unis), l'*Acadien* (de l'Acadie, ancien nom du Nouveau-Brunswick et de la Nouvelle-Écosse) et le *Potsdamien* (de Potsdam, ville de l'état de New-York).

Ces trois groupes ou étages peuvent être caractérisés de la manière suivante par les genres de Trilobites qu'ils renferment :

- I. GÉORGIEN : *Olenellus* (*Holmia*, *Mesonacis*).
- II. ACADIEN : *Paradoxides*, *Sao*, *Anomocare*.
- III. POTSDAMIEN : *Olenus*, *Pellura*, *Dicellosephalus* (fig. 205).

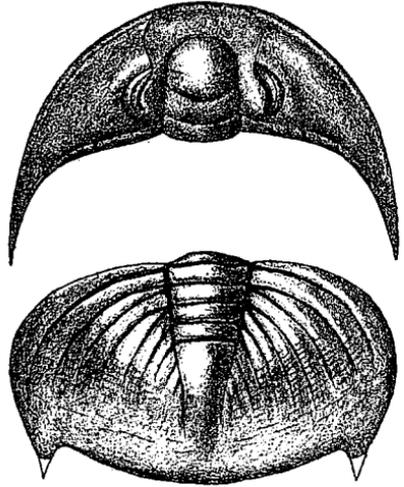


Fig. 205. — *Dicellosephalus minnesotensis*, bouclier céphalique et pygidium (d'après JAMES HALL). Potsdamien, Minnesota.

Les genres *Conocoryphe*, *Ellipsocephalus*, *Arionellus*, *Dorypyge*, *Microdiscus* sont communs

à II et à III. *Ptychoparia* et *Agnostus* se trouvent dans les trois étages.

Les trois termes présentent également une certaine indépendance stratigraphique. Ainsi l'Acadien est seul représenté en Bohême ; en revanche, il paraît manquer, entre le Géorgien et le Potsdamien, dans le Tennessee. Le Potsdamien est transgressif dans toute la région centrale du continent Nordaméricain ; par contre, il fait défaut dans quelques pays.

Jusqu'ici on peut envisager les trois divisions du Cambrien aussi bien comme des groupes que comme des étages, mais il est possible que tôt ou tard on soit amené à subdiviser chacun d'eux en un certain nombre de termes d'ordre moins élevé, qui constitueront autant d'étages. Actuellement on s'est contenté d'établir, dans le Cambrien, une succession de zones, définies chacune par une espèce déterminée de Trilobites. C'est en Scandinavie, et en particulier dans l'extrême Sud de la Suède, en Scanie, que l'analyse a été poussée le plus loin, et que la succession la plus complète a pu être reconnue. Les zones distinguées dans ce pays par Linnarsson et par

Tullberg [12] n'ont pas un caractère purement local : outre qu'elles s'appliquent aux diverses régions scandinaves et aux Provinces Baltiques, on les retrouve en partie dans le Pays de Galles et même sur le bord atlantique de l'Amérique du Nord. Si toutes les zones de Scandinavie ne sont pas connues dans ces deux pays, cela tient à la présence de niveaux dépourvus de fossiles au milieu d'une série où les horizons se succèdent toujours dans le même ordre. Voici la liste des principales zones établies en Scandinavie <sup>1</sup>. On a mis une croix en regard de celles qui se retrouvent soit dans le Pays de Galles [14], soit dans la région atlantique de l'Amérique du Nord (Acadie) <sup>2</sup>.

	SCANDINAVIE.	PAYS DE GALLES.	ACADIE.
POTSDAMIEN.	Zone à <i>Dictyonema flabelliforme</i> .	+	+
	— <i>Cyclognathus micropygus</i> .		
	— <i>Peltura scarabeoides</i> .		+
	— <i>Protopeltura acanthura</i> .		
	— <i>Eurycare latum</i> .		
	— <i>Parabolina spinulosa</i> .		+
	— <i>Olenus gibbosus</i> .	+	
ACADIEN.	— <i>Agnostus pisiformis</i> .	+	+
	Zone à <i>Agnostus lævigatus</i> .		+
	— <i>Paradoxides Forchhammeri</i> .	+	
	— — <i>Davidis et Hicksi</i> .	+	+
	— — <i>Tessini</i> .	+	+
GÉORGIEN.	— — <i>Ælandicus</i> .		
	Zone à <i>Olenellus Kjerulfti</i> .		+
	— — <i>Mickwitzi</i> .		

La corrélation des couches cambriennes peut donc s'effectuer sans difficulté d'un bord de l'Atlantique à l'autre. Nous en concluons que nous avons affaire à des dépôts appartenant, avec les restes organiques qu'ils renferment, à une même province zoologique. En dehors de cette province, soit dans l'Europe méridionale, soit dans l'Ouest de l'Amérique, la corrélation zone par zone n'est plus possible et nous devons nous contenter de synchroniser les trois groupes ou étages du Cambrien.

## 2° RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET PRINCIPAUX TYPES

Conformément au plan que nous avons adopté dans la 2<sup>e</sup> partie de cet ouvrage, nous commencerons notre aperçu de la répartition géographique des dépôts cambriens par la description des affleurements qui sont situés

1. Elle résulte de la combinaison des successions observées aux environs de Christiania, en Scanie et dans d'autres régions de la Suède.

2. Lorsque l'espèce-type manque au Pays de Galles ou en Acadie, elle est souvent remplacée par une espèce représentative.

sur le bord méridional du continent Nordatlantique, c'est-à-dire sur l'emplacement de la vieille chaîne Huronienne, dont il a été question dans le précédent chapitre. Nous passerons ensuite à des régions plus méridionales.

PROVINCE NORDATLANTIQUE. — C'est sur la côte atlantique de l'Amérique du Nord que se trouvent les coupes les plus claires, les plus complètes de l'ensemble du Cambrien; c'est là qu'a été élaborée la classification actuellement en usage; il est donc légitime de faire débiter notre étude par l'ouest de la province Nordatlantique, pour nous diriger ensuite vers l'est, comme si nous pouvions suivre à travers l'océan les plis de la chaîne Huronienne.

Région atlantique de l'Amérique du Nord. — Le point le plus septentrional où l'on connaisse des dépôts cambriens sur la côte atlantique de l'Amérique du Nord est situé sur la côte est du Labrador, sur le détroit de Belle-Isle, c'est l'Anse au Loup.

Sur l'Archéen reposent en discordance 70 à 80 m de conglomérats et de grès sans fossiles, qui supportent environ 50 m de calcaires gris, rougeâtres ou verdâtres, renfermant en abondance, à côté de Trilobites caractéristiques de la faune géorgienne, tels qu'*Olenellus*, de nombreux Archæocyathidés (*Spirocyathus*, *Coscinoocyathus*, *Archæocyathus*), des traces d'Annélides, des Brachiopodes, (*Kutorgina*, *Obolella*), des Gastéropodes. Les termes supérieurs manquent. Les calcaires à *Archæocyathus* se retrouvent plus au sud, sur les bords du Saint-Laurent et jusque dans le comté de Washington, dans l'état de New-York. Ils ne dépassent pas ce point et on ne les connaît pas vers l'est sur la côte atlantique, c'est-à-dire dans le Massachusetts, le Nouveau-Brunswick et la Nouvelle-Écosse, ni à Terre-Neuve. Dans tout ce district, les trois termes du Cambrien sont fort bien représentés, avec leurs faunes caractéristiques. La coupe ci-contre de Manuel's Brook peut être prise comme type de la succession (fig. 206).

D'autres localités complètent la succession des faunes et mettent encore davantage en évidence les analogies paléontologiques avec le Pays de Galles et la Scandinavie. Dans le Potsdamien de l'Acadie, Matthew a retrouvé la plupart des zones du Potsdamien de l'Europe septentrionale; cependant le genre *Olenus* y fait défaut [15].

Écosse et Nord-Ouest de la Scandinavie. — Dans le Nord de l'Écosse [XXXI, 8], les gneiss archéens très plissés sont recouverts en discordance, on s'en

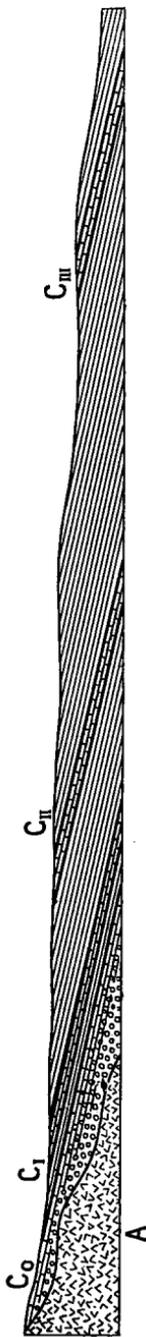


Fig. 206. — Coupe de Manuel's Brook, Conception Bay, côte est de Terre-Neuve (d'après CHARLES D. WALCOTT).

A, Archéen; Co, conglomérat de base du Cambrien, en discordance; C<sub>1</sub>, grès calcaires, calcaires siliceux et schistes argileux verdâtres à *Olenellus* (*Holmia Bröggeri*, *Microdicticus Helena*, *Solenopleura*, *Stenutheca*, *Scenella*, *Hypolites*, *Obolella*, etc.); schistes argileux rouges et verts et grès calcaires, avec apparition de la faune acadienne vers le haut; C<sub>2</sub>, schistes argileux foncés avec bancs calcaires et gréseux; C<sub>3</sub>, niveau inférieur à *Paradoxozoides Hicksi* (*Conocephalus Matthewi*, *Arietonellus socialis*, *Agnostus*, etc.); C<sub>4</sub>, niveau supérieur à *Paradoxozoides Davidis* (*Conocephalus elegans*, *Harpites*, *Holoecephalina*, etc.); C<sub>5</sub>, alternances d'argilles et de grès foncés avec *Orthis*, plongeant sous la mer.

souvent, par les grès de Torridon algonkiens. Ceux-ci, à leur tour, supportent en discordance le Cambrien inférieur et moyen. L'étage supérieur n'est pas connu en Écosse, car les chevauchements du bord ouest des Highlands ont amené par-dessus le Cambrien des masses puissantes de schistes d'âge indéterminé, appartenant à la zone des Grampians (fig. 207).

Le Cambrien débute par un conglomérat de base, qui repose soit sur les grès de Torridon (2), soit directement sur les gneiss archéens (1). Des quartzites lui font suite (3, 4), qui, à leur partie supérieure, sont traversés d'innombrables trous d'Annélides (grès à *Scolithus*, *pipe rock*). Les couches à Fucoides (5) et le *Serpulite Grit* (6) sont calcaires ou dolomitiques, avec des intercalations de grès et de schistes. C'est là qu'a été trouvé *Olenellus Lapworthi*, avec des *Hyalolithes* et des tubes d'Annélides (*Serpulites*, *Scolithus*). Le calcaire de *Durness* (7), puissante série, en grande partie dolomitique, est exclusivement

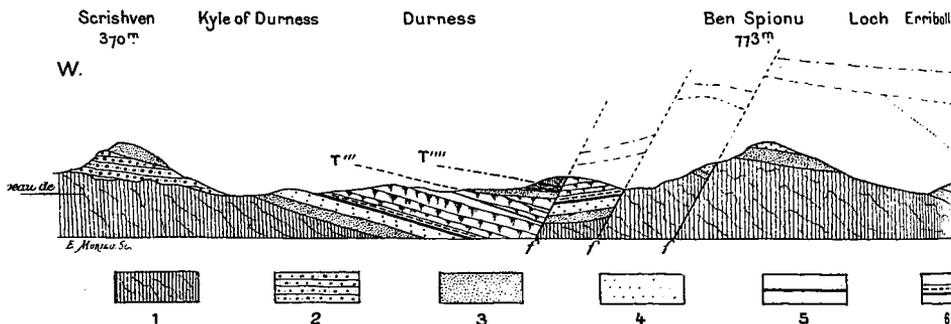


Fig. 207. — Coupe générale de la zone des chevauchements d'Erriboll, Sutherland

1, Archéen; 2, Algonkien (grès de Torridon); 3-7, Cambrien; 3, quartzites inférieurs et brèches; 4, quartzites charriés; 5, schistes verts, etc.; 6, schistes siliceux; 7, schistes gneissiques; 8, lambeaux de série secondaires (*minor thrusts*); f, f, failles normales. — Échelle de 1 : 120 000 environ (hauteur

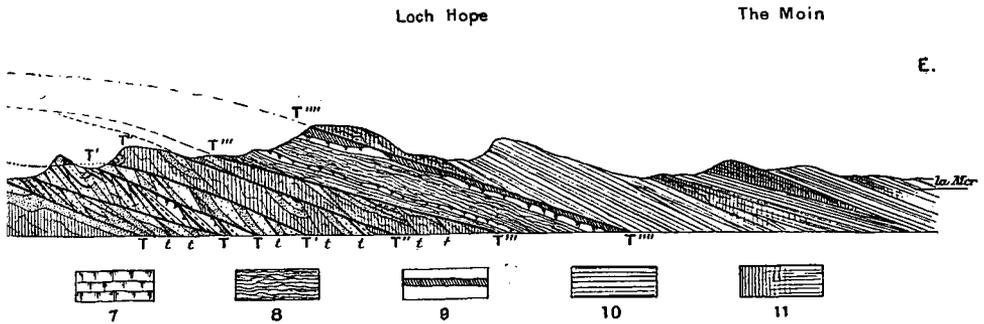
zoogène. Il renferme, dans sa partie supérieure, des *Archæocyathus*, des Spongiaires siliceux, des Gastéropodes (*Maclurea*, *Murchisonia*, etc.), des Céphalopodes (*Piloceras*, *Endoceras*, *Trocholites*) et des Trilobites très mal conservés, qui rappellent les genres caractéristiques de l'Acadien.

Le Cambrien du Nord de l'Écosse forme exactement le pendant de celui du Labrador et des bords du Saint-Laurent, mais les calcaires à *Archæocyathus* y sont probablement un peu plus récents.

Dans le Nord de la Norvège, les faits sont beaucoup moins nets, car l'absence complète de fossiles rend les déterminations stratigraphiques très précaires. Une série de sédiments non métamorphiques ou peu métamorphisés, comprenant des quartzites, des schistes argileux et des dolomies (*système de Raipas*), repose en discordance sur les gneiss archéens et est elle-même fortement redressée. Elle supporte en discordance une série détritique supérieure, sans fossiles, constituée par des grès jaunes et bruns et par des schistes argileux (*système de Gaisa*), qui, d'après Hans Reusch [XXXI, 10], serait peut-être d'âge cambrien (fig. 208). L'intérêt principal de cette formation détritique supérieure réside dans le fait extraordinaire, confirmé par Strahan [17], que, dans le Varangerfjord, elle débute par un conglomérat de blocs striés, granitiques, dioritiques, quartziteux ou dolomitiques, dont la nature glaciaire paraît indiscutable. En un point, ce conglomérat, véritable argile à blocs, repose sur la surface polie et cannelée d'un grès dur (fig. 216).

Nous reviendrons à la fin de ce chapitre sur ces données remarquables, qui tendraient à prouver l'existence d'une période glaciaire remontant au début du Cambrien.

Comme nous ne possédons que des renseignements insuffisants sur le Cambrien de la zone des Grampians en Irlande et en Écosse, nous passons immédiatement au prolongement de cette zone vers l'est, à la chaîne axiale de la Scandinavie [XXXI, 41]. Ici, contrairement à ce qui a lieu au N.W. et au S.E., le Cambrien repose en concordance sur les formations algonkiennes métamorphiques (*schistes d'Åre*). Il est formé lui-même de schistes qui atteignent une très grande épaisseur (*schistes de Rörös*), sont entièrement dépourvus de fossiles et ont souvent subi un métamorphisme intense. Ils passent insensiblement vers le haut à des schistes siluriens. Ce faciès *occidental* s'étend vers le S.E. jusqu'au bord de la grande nappe de char-



(d'après Sir ARCHIBALD GEIKIE, figure extraite de E. SUSS, *la Face de la Terre*, t. II).

supérieurs (*Pipe Rock*); 5, couches à *Fucoides*; 6, *Serpulite Grit*; 7, calcaire de Durness; 8-11, gneiss supérieurs métamorphisés. — *T*, *T''*, *T'''*, etc., plans de poussée principaux; *t*, *t*, failles inverses ou plans de pous-longueurs).

riage dont il a été question plus haut, mais ils empiètent parfois encore sur le soubassement autochtone, où l'on peut alors, en particulier dans le Jemtland, observer le passage latéral de ce faciès au *faciès oriental*, qui s'en distingue par une bien moindre puissance, par l'intercalation de couches calcaires au milieu des schistes. Tandis que le Cambrien à faciès occidental est fortement plissé, le Cambrien à faciès oriental a conservé une horizontalité relative. Le maximum d'épaisseur se trouvant à peu près sur l'emplacement de la ligne de partage des eaux des Alpes Scandinaves, on peut envisager cette ligne comme l'axe d'un géosynclinal, limité au N.W. par la zone des Hébrides et des Lofoten, au S.E. par le massif précambrien de la Finlande et de la Suède orientale et méridionale (fig. 209). Dans le géosynclinal, il y a continuité de sédimentation entre l'Algonkien et le Cambrien, comme entre l'Archéen et l'Algonkien; sur les deux bords, par contre, le Cambrien est toujours discordant sur les couches plissées de l'Archéen et de l'Algonkien.

*Cambrien ballique*. — Nous désignons sous ce qualificatif tous les lambeaux de Cambrien conservés sur le pourtour du bouclier Scandinave, au S.E. de la chaîne axiale [49, 49 bis]. Cette partie du massif Finno-Scandinave est caractérisée par l'existence de plissements postalgonkiens et précambriens, ou plus exactement préjotniens, dont les axes sont dirigés N.-S. ou N.W.-S.E. Dans sa forme actuelle, c'est une aire de surélévation transversale de

tout un faisceau de plis, dont la couverture de terrains primaires a été en grande partie enlevée par dénudation. Il n'est pas possible d'affirmer que



Fig. 208. — Discordance du système de Gaisa (? Cambrien) sur le système de Raipas (? Algonkien), extrémité méridionale du Jori, Finmarken (d'après HANS REUSCH).

S, schistes argileux et dolomies du système de Raipas; c, conglomérat du système de Gaisa; q, schistes et quartzites du système de Gaisa.

la mer cambrienne a vraiment recouvert la totalité de cette surface et il est même fort probable qu'au début de la période, tout au moins, le centre émergeait, car sur la périphérie les dépôts affectent un caractère essentiellement littoral. Les couches prenant un faciès bathyal de plus en plus accentué à mesure que l'on s'élève dans la série, il est infiniment probable que, vers la fin de la période, le massif était entièrement sous les eaux, et l'on ne peut guère attribuer cette immersion à une cause autre qu'un mouvement épirogénique, qui aurait affecté l'aire de surélévation actuelle.

Les dépôts cambriens manquent aujourd'hui d'une manière complète dans le centre du massif, c'est-à-dire en Finlande. Ils ne sont connus vers la périphérie que dans la Suède septentrionale et centrale, à l'ouest; dans la Suède méridionale, dans l'île d'Öland et à Bornholm, au sud, et dans les Provinces Baltiques de la Russie, au sud-est, où elles forment une falaise continue jusqu'au lac de Ladoga, connue sous le nom de Glint [0,22]. Les lambeaux cambriens de la Norvège méridionale (lac Mjösen, environs de Christiania), de la Scanie et de l'île de Bornholm appartiennent à une zone plus extérieure par rapport au massif de Finlande et plus profonde; abstraction faite des couches inférieures, la série y est entièrement bathyale et n'accuse aucune lacune dans la succession, tandis que, vers le centre, les formations néritiques, gréseuses ou calcaires, prédominent.

Les grès de la base du Cambrien baltique doivent tout d'abord attirer notre attention, car ils nous renseignent sur les conditions dans lesquelles la transgression s'est effectuée.

En Scanie et à Bornholm, le Cambrien inférieur débute par des arkoses, des quartzites ou des grès sans fossiles, discordants sur les formations métamorphiques de l'Algonkien ou de l'Archéen. Ces dépôts exclusivement détritiques sont recouverts par des grès ou des schistes glauconieux à nodules de phosphorite, qui renferment des fragments d'*Olenellus* et des *Hyolithes*. Plus au Nord, dans le Vestgötland, le Cambrien débute par des grès, qui, à Lugnås, renferment en abondance des empreintes, des moulages et des pistes de Méduses. Ce sont les grès à *Eophylon*. Leur conglomérat de base a fourni à Nathorst [18] des cailloux à facettes, attestant le rôle des actions éoliennes à la fin de la période continentale qui précéda immédiatement la transgression cambrienne.

D'après Nathorst, le grès à *Eophylon* ne serait pas partout du même âge [19]. Dans la Suède centrale, il serait plus récent que dans la Suède méridionale, conformément à l'invasion graduelle de la mer vers le nord. C'est pourquoi il est surmonté tantôt par des schistes à *Olenellus Kjerulfi*, qui constituent un niveau assez constant au sommet du Géorgien, tantôt directement par des schistes à *Paradoxides acadiens*.

Dans les Provinces Baltiques de la Russie, par contre, la base du Cambrien est représentée par des grès puissants, qui renferment à leur partie

supérieure *Olenellus Mickwitzi* et *Mickwitzia monilifera* et supportent des argiles bleues plastiques à *Volborthella*, formant le sous-sol de Saint-Petersbourg et de l'isthme de Carélie.

L'Acadien et le Potsdamien sont constitués, dans les environs de Christiania, dans toute la Suède méridionale, à Bornholm et dans une partie du Jemtland, par une série continue de schistes alunifères et de calcaires nodu-

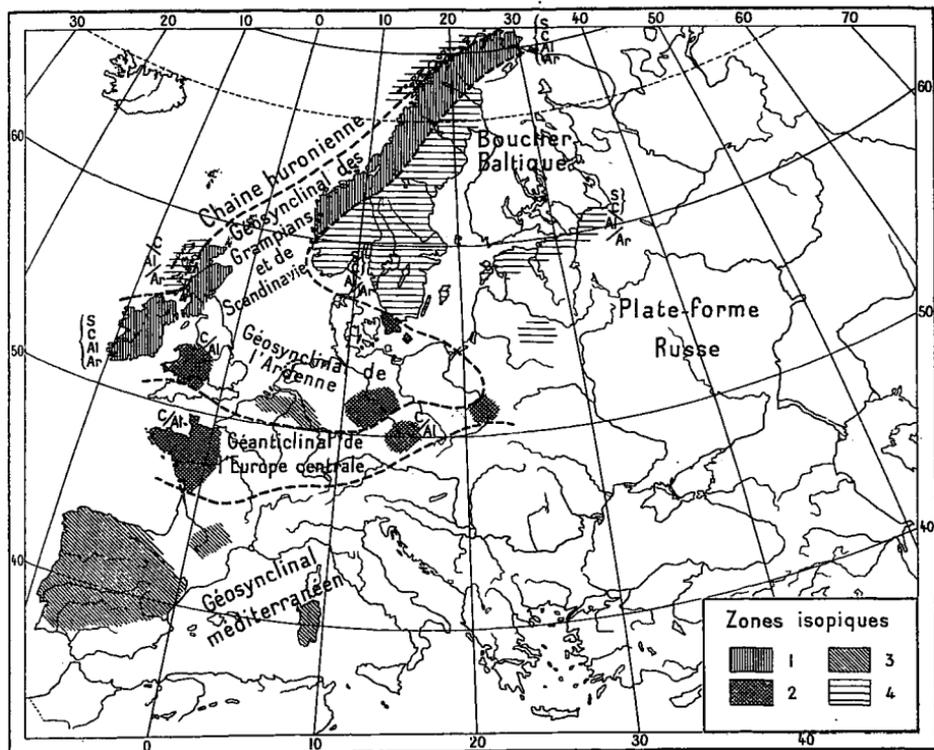


Fig. 209. — Carte des zones tectoniques et isopiques de l'Europe à l'époque Cambrienne.

1, géosynclinaux : Algonkien et Cambrien concordants; 2, *id.* : Cambrien plissé discordant sur l'Algonkien; 3, *id.* : Cambrien plissé, substratum inconnu; 4, Cambrien méridional non plissé, discordant sur l'Algonkien.

Ar, Archéen; Al, Algonkien; C, Cambrien; S, Silurien.

leux, très bitumineux, dans laquelle ont été distinguées, par Linnarsson et par Tullberg, les zones paléontologiques dont nous avons donné plus haut l'énumération. Les *schistes alunifères inférieurs*, ou schistes à *Paradoxides*, correspondent à l'Acadien, les *schistes alunifères supérieurs*, ou schistes à *Olenus*, au Potsdamien. Leur épaisseur totale est peu considérable : elle atteint environ 70 m aux environs de Christiania; elle est encore inférieure en Scanie et dans le centre de la Suède.

Ces régions sont donc situées en dehors du géosynclinal, qui devait se trouver plus au sud. Mais le faciès est incontestablement bathyal, comme le prouve l'ensemble de la faune, composée presque exclusivement de Trilobites. Les fossiles sont surtout abondants dans les calcaires noduleux féconds, qui prédominent sur les schistes à certains niveaux, variant d'ail-

leurs suivant les points. C'est ce qui explique l'absence locale de certaines zones. Cependant, dans le Jemtland et en Dalécarlie, il semble exister des lacunes par absence de dépôt ou même par exondation, car des conglomérats à *Orthis exporrecta* ou à *Obolus* s'intercalent dans la série schisteuse, au-dessus des niveaux où ces lacunes ont été constatées.

Enfin, dans les Provinces Baltiques, l'ensemble de l'Acadien et du Potsdamien est représenté par des grès à *Obolus Apollinis* d'une faible épaisseur. Ils sont recouverts toutefois par des schistes à *Dictyonema flabelliforme*, qui forment un horizon très constant dans tout le Cambrien baltique et correspondent vraisemblablement au maximum de profondeur de la mer, c'est-à-dire au maximum d'affaissement du bouclier Scandinave.

*Pays de Galles.* — Le Pays de Galles est la terre classique du Cambrien, néanmoins l'étude de ce système y rencontre des difficultés beaucoup plus grandes que dans le Sud de la Scandinavie. Au lieu d'être horizontales, les couches ont subi des plissements intenses, accompagnés de chevauchements fréquents, qui donnent lieu à la répétition multiple des mêmes successions. Même en tenant compte de cette structure imbriquée, on est amené à attribuer une très grande puissance aux terrains cambriens du Pays de Galles (8 000 à 10 000 m). C'est une série géosynclinale des plus typiques, composée principalement de schistes avec intercalations de dalles gréseuses. Comme les fossiles sont répartis sur une très grande épaisseur, leur succession n'a pu être déterminée que tardivement, en même temps que l'on y retrouvait un certain nombre de zones caractérisées par les mêmes espèces qu'en Scandinavie. Les subdivisions ont été basées surtout sur des caractères lithologiques et ne présentent qu'un intérêt local [XXXI, 26; 20, 21].

Le Géorgien (*groupe de Caerfai*), discordant sur l'Algonkien, est formé principalement de grès pourprés et de schistes rouges et verts.

L'Acadien inférieur (*groupe de Solva*) comprend des schistes, dans lesquels on a pu distinguer trois zones successives, caractérisées chacune par une espèce de *Paradoxides*<sup>1</sup>.

L'Acadien supérieur (*Ménévien*) renferme exactement les mêmes zones qu'en Scanie.

Le Potsdamien est représenté par des dalles à *Lingulella Davisi* (*Lingula-Flags* : *Maentwrog*, *Ffestiniog*, *Dolgelly*).

*Massif Ardennais et Thuringe.* — Le Cambrien de l'Ardenne a de grandes analogies avec celui du Pays de Galles, il semble en former le prolongement direct. Son épaisseur est certainement au moins aussi considérable, mais elle ne peut pas être évaluée, même approximativement, d'une part parce que la base est inconnue, le Cambrien représentant le terme le plus ancien qui affleure dans le massif, d'autre part, à cause des répétitions de couches produites par le plissement. Les schistes prédominent et ils ont subi un dynamométamorphisme intense, qui a donné lieu à une recristallisation complète de certains bancs, avec formation de séricite, d'ottrétilithe, de magnétite, etc. [22, 23; XXXIV, 19]. Néanmoins on a pu y trouver quelques restes organiques, tels que *Eophyton*, *Arenicolites*, *Oldhamia*, *Agnostus sp.*, *Dictyonema flabelliforme* [XXXIII, 28] qui mettent en évidence les affinités du Cambrien de l'Ardenne avec celui du Pays de Galles et de la Scandinavie.

La disposition isoclinale des plis, uniformément déversés vers le nord, rend très malaisée la recherche de la véritable succession des couches. Les

1. Ces trois zones correspondent à l'unique zone à *Paradoxides oelandicus* de l'Acadien inférieur de Suède.

charnières anticlinales ont été arasées, les charnières synclinales sont en général cachées en profondeur.

Les ardoises violettes de Fumay paraissent constituer le terme le plus ancien; les schistes noirs pyritifères de Revin et les ardoises aimantifères de Deville occuperaient le milieu de la série, dont le terme supérieur (*Salmien*) comprendrait surtout des phyllades verts ou violets, souvent quartzeux, à coticule, ou, localement, otréolithifères.

En Thuringe et en Saxe, une puissante série de phyllades, presque dépourvue de fossiles, est attribuée au Cambrien, principalement en raison de sa situation au-dessous du Silurien. Le géosynclinal du Pays de Galles et de l'Ardenne se continuait donc au travers de l'Allemagne centrale, en passant sans doute au nord de la Bohême. Mais il est probable qu'il ne se prolongeait guère davantage vers l'est, car on connaît dans le gouvernement de Minsk, à 700 km au sud de la Baltique, des grès cambriens à *Obolus*, et, d'autre part, les grès à *Paradoxides Tessini* de Sandomir, en Pologne, permettent de conclure que le faciès néritique existait presque sans interruption depuis la Finlande jusque vers le bord du massif ancien de Podolie, où le Silurien repose directement sur les terrains archéens.

EUROPE CENTRALE ET MÉRIDIONALE. — Le Pays de Galles, l'Ardenne et la Pologne sont les districts les plus méridionaux où le Cambrien existe avec les caractères paléontologiques qu'il possède en Scandinavie. Plus au sud, nous pénétrons dans des régions qui ont entre elles, dès le Cambrien, certains traits communs et qui se distinguent de celles du Nord de l'Europe par plusieurs particularités importantes. C'est le massif Armoricaïn, c'est la Bohême, et, plus au sud encore, la Montagne Noire, la Meseta Ibérique et la Sardaigne. Le Cambrien n'est pas connu ailleurs dans l'Europe méridionale.

*Massif Armoricaïn.* — C'est surtout au Silurien et au Dévonien que le massif Armoricaïn accuse des affinités avec la Bohême. Au Cambrien, bien qu'il appartienne à la même zone de plissements, ses analogies sont plutôt avec le Pays de Galles [XXXI, 26]. Dans le Cotentin et dans le Bocage Normand, le Cambrien débute par un conglomérat de base (*poudingues pourprés*) d'épaisseur très variable (fig. 249), qui repose en discordance sur l'Algonkien redressé et qui en renferme les éléments à l'état roulé (grès, quartz, roches basiques filoniennes). Au-dessus viennent des *schistes rouges* sans fossiles, que l'on a comparés au groupe de Caerfai (Géorgien) du Pays de Galles. On y observe des intercalations lenticulaires de marbre. Le *marbre rouge de Laize-la-Ville*, dans le Calvados, n'est pas sans analogies avec les marbres-griottes du Dévonien ou avec les calcaires de Hallstatt triasiques, mais on n'y a pas encore trouvé de restes organiques. Des *schistes vert clair*, souvent très épais, succèdent aux schistes rouges. La série se termine par les *grès feldspathiques*, véritables arkoses, qui, dans la Sarthe, passent à la partie supérieure à des grès en plaquettes. C'est dans ces dernières couches que se trouvent *Lingula Criei*, *L. crumena*, seuls fossiles cambriens connus jusqu'à ce jour dans le massif Armoricaïn, si l'on fait abstraction des pistes et trous d'Annélides, que l'on observe fréquemment dans les grès et dans les schistes.

Quoi qu'on ait dit, la discordance du Cambrien sur l'Algonkien paraît assez générale dans le massif Armoricaïn. De même, il est fort probable qu'il existe une lacune entre le Cambrien et le Silurien, même dans les points où les grès à *Lingules* supportent en concordance le grès Armoricaïn.

*Bohême.* — Aucun fait précis n'est encore venu démontrer l'existence du Cambrien dans le Plateau Central proprement dit, dans les Vosges et dans la Forêt-Noire et cependant ces régions forment le trait d'union entre le massif Armoricain et la Bohême.

Le bassin de Prague, dans le Centre de la Bohême, est une aire synclinale très complexe, dans laquelle ont été préservés de la dénudation des terrains cambriens, siluriens et dévoniens, dont l'ensemble forme, avec en outre le soubassement de schistes azoïques, le système Silurien de Barrande. Le Cambrien, l'étage C de Barrande, est toutefois bien individualisé par une double discontinuité. Ses conglomérats de base reposent en discordance angulaire sur des grauwackes et des schistes verticaux d'âge algonkien et sur les roches éruptives qui s'y trouvent intercalées. Au sommet, une lacune sépare le Cambrien du Silurien. Ni le Géorgien, ni le Potsdamien ne semblent exister en Bohême; l'Acadien est seul représenté. Les grès et les poudingues qui succèdent au conglomérat de base renferment à Tejšowitz des Trilobites mal conservés, dont la présence ne justifie pas l'attribution de ces couches au Cambrien inférieur, proposée par quelques auteurs [24, 25]. La célèbre faune primordiale de Barrande se trouve au-dessus, dans des schistes à *Paradoxides*, qui alternent avec des grès où abonde *Orthis Romingeri*. Les espèces les plus caractéristiques sont les suivantes : *Agnostus integer*, *A. rex*, *Paradoxides spinosus* (pl. LXXV, 2), *P. bohemicus*, *P. rugulosus*, *Ellispocephalus Hoffi*, *Conocephalus Sulzeri* (fig. 18), *C. coronatus*, *Sao hirsuta*, puis des *Hyalilthes* et des Cystoïdés, tels que *Trochocystites bohemicus* (fig. 202). L'Acadien se termine par des alternances de schistes à *Paradoxides* et de conglomérats. Ceux-ci finissent par prédominer et forment des bancs épais.

La plupart des espèces diffèrent des espèces acadiennes du Nord de l'Europe et se retrouvent, par contre, dans les régions méditerranéennes. Cependant *Agnostus rex*, *Paradoxides rugulosus* et quelques autres se trouvent dans les deux régions et *P. bohemicus* est voisin de *P. Tessini*. D'après Fr. Frech [7], les schistes à *Paradoxides* de Bohême seraient l'équivalent des trois zones moyennes de l'Acadien de Scandinavie.

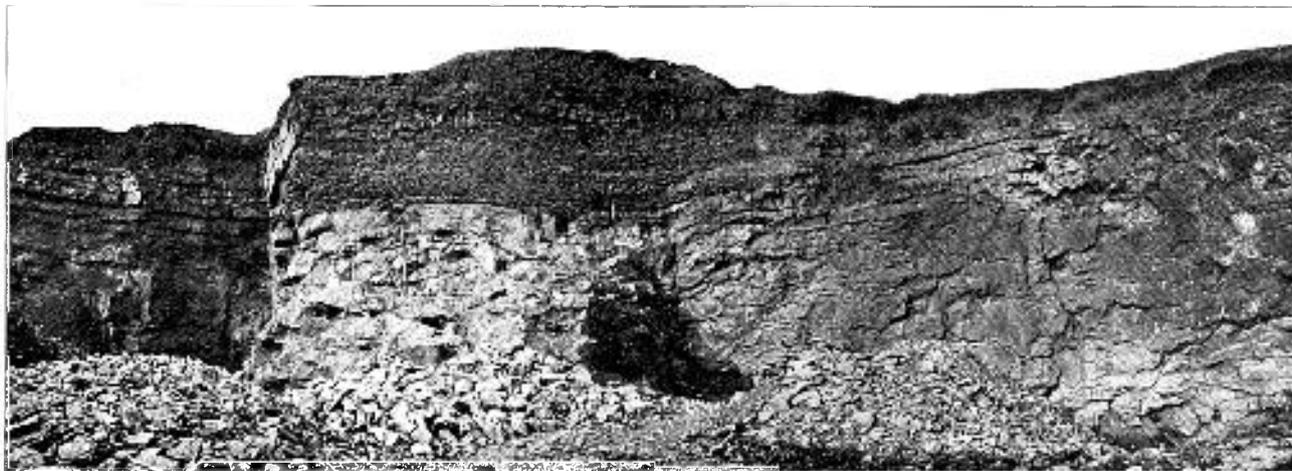
*Montagne Noire.* — Au sud du Plateau Central, dans la partie méridionale du Languedoc, s'élève le massif de la Montagne Noire, dont une localité a été qualifiée par Murchison d'« oasis silurienne ». Le Cambrien fossilifère n'y a été découvert qu'en 1888 par J. Bergeron [26], qui a pu établir plus tard [28] l'existence de ses trois termes en superposition directe. Malheureusement le substratum du Cambrien n'affleure nulle part.

Les couches les plus anciennes de la région sont des calcaires toujours très cristallins, bleu foncé ou gris, ne renfermant pas d'autres fossiles que des articles de tiges de Crinoïdés et des Archæocyathidés (*Archæocyathus*, *Coscinocyathus*). Par analogie avec le Labrador et la Sardaigne, on peut les attribuer au Géorgien. D'ailleurs, ils supportent des schistes à *Paradoxides* acadiens, dont la faune comprend les espèces suivantes : *Paradoxides rugulosus*, *Conocephalus coronatus*, *C. Heberti*, *C. Levyi*, *Holocephalina holocephala*, *Ptychoparia Rouayrouxi*, *Agnostus Sallesi*, *Liostracus Couloumanus*, *Trochocystites Barrandei* [27, 29]. Ces espèces sont nouvelles, sauf les deux premières, qui, en Bohême et en Scandinavie, se trouvent dans l'Acadien moyen. A ces schistes jaunes ou violets font suite des schistes très gréseux, sans fossiles, qui passent insensiblement, à leur partie supérieure, à un niveau fossilifère du Silurien inférieur. On doit donc les assimiler au Potsdamien. En réalité, la série est souvent renversée, surtout sur le versant méridional de la



Cliché Paul Corbin

CALCAIRES GÉORGIENS PLYVÉS SUR LES SCHISTES ACADIENS.  
Pont de Poussarou, près Saint-Chinian (Hérault).



Cliché A. Bigot.

CALCAIRES LITÉS DU NIVEAU DE NÉHOU (Coblentzien) superposés à des calcaires coralligènes massifs (à droite),  
passant latéralement à des calcaires lités (à gauche).  
Carrière de Baubigny (Manche).

Montagne Noire, grâce à des plissements intenses (fig. 210; pl. LXXVI, 1).

Un autre fait très important a encore été mis en évidence par J. Bergeron : c'est le passage latéral, parallèlement à la direction des plis, des schistes cambriens à des micaschistes et à des gneiss et la transformation graduelle des calcaires géorgiens en cornes vertes, riches en pyroxène, en amphibole ou en épidote. Bergeron en conclut que les terrains cristallophylliens du centre de la Montagne Noire ne sont autre chose que des terrains cambriens métamorphisés [28].

*Espagne et Portugal.* — Le Cambrien n'est pas connu d'une manière certaine dans les Pyrénées, mais il existe en plusieurs points de la péninsule Ibérique : dans les Asturies, dans la Galice [32], dans la province de Léon, dans l'Aragon [34, 33], dans les monts de Tolède [30], dans le Haut-Alemtejo [35], etc. Il est presque toujours représenté par des schistes à *Paradoxides*, avec intercalations de bancs calcaires ou de grès. La faune de toutes ces localités est remarquablement homogène et elle est presque identique à celle de la Montagne Noire, dont on retrouve à peu près toutes les espèces, avec, en outre : *Paradoxides Pradoanus*, *Ptychoparia Ribeiroi*,

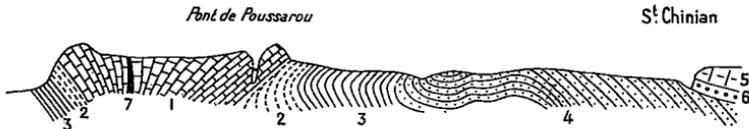


Fig. 210. — Coupe de Cathalo à Saint-Chinian (d'après J. BERGERON).

1. calcaire géorgien; 2, Acadien; 3, Potsdamien; 4, schistes à *Euloma* et *Niobe* (Tromadoc); 5, 6, Crétacé supérieur et Tertiaire inférieur renversés; 7, diabase.

*Trochocystites bohemicus*. Le substratum de ces schistes acadiens n'est en général pas visible, de sorte que le Géorgien est inconnu. On ne connaît pas davantage le Potsdamien.

Dans le nord de la province de Séville, Macpherson a cependant fait connaître la base du système Cambrien [34]. Il a observé des conglomérats transgressifs sur les formations précambriennes, surmontés de grès et de schistes argileux, avec intercalations éruptives, puis de schistes alternant avec des calcaires à Archæocyathidés (*Ethmophyllum*). C'est peut-être là l'équivalent du Géorgien de la Montagne Noire et des régions où règne ce faciès zoogène.

*Sardaigne.* — Bornemann [36] a découvert dans l'Iglesiente, en Sardaigne, des calcaires à Archæocyathidés (*Archæocyathus*, *Coscinoocyathus*, *Dictyocyathus*, *Prolopharetra*, etc.) très développés et l'on connaît depuis longtemps, dans la même région, des schistes à *Paradoxides*, qui, d'après les études récentes de Pompeckj [37], renferment notamment *Paradoxides mediterraneus* (*rugulosus* Bergeron), *Conocephalus Heberti*, *C. Levyi*, *Ptychoparia*, *Trochocystites*, c'est-à-dire les formes les plus caractéristiques de l'Acadien de la Montagne Noire et de l'Espagne. Malheureusement les relations stratigraphiques des calcaires à *Archæocyathus* et des schistes à *Paradoxides* sont mal connues, de sorte qu'il est difficile d'affirmer que les deux formations appartiennent au Cambrien moyen, comme le voudrait Pompeckj, ou de conclure avec Frech [7] à l'âge géorgien des calcaires, par analogie avec les autres régions où les Archæocyathidés occupent d'une manière assez constante ce niveau.

ASIE ET AUSTRALIE. — Rien ne permet encore d'affirmer avec certitude l'existence du Cambrien en Afrique; en revanche, en Asie, ce système est représenté sous toutes les latitudes. Nous passerons en revue ses principaux gisements en commençant par le nord.

*Sibérie.* — Le Cambrien joue un rôle très important dans le Nord de la Sibérie, entre l'énisséi et la Léna et jusque dans l'archipel de la Nouvelle-Sibérie. Il repose en couches horizontales sur un vaste massif archéen plissé, analogue sous bien des rapports au bouclier Scandinave. Von Toll [38] y a reconnu les termes suivants :

3. — Calcaires à *Liostracus Maydelli* et *Anomocare Pavlowskyi* du Wilui et schistes de l'Olenek à *Agnostus Czekanowskii* et *Bathyriscus Howelli*;
2. a. — Calcaires de Torgochino avec *Dorypyge Slatowskii* et nombreux Archæocyathidés (*Archæocyathus*, 6 esp.; *Coscinocyathus*, 8 esp.), en partie identiques à ceux de Sardaigne;
- b. — Marnes et calcaires de Sinskaïa sur la Léna, avec *Microdiscus lenaicus*, *M. Kochi*, *Ptychoparia Czekanowskii*, *Agnostus Schmidtii*, *Olenellus* sp., *Hyolithes*, *Kutorgina cingulata*;
1. — Grès et schistes argileux de la Basaïcha, reposant sur le granite.

Les couches *a* et *b* sont envisagées par von Toll comme deux faciès différents d'un même horizon et comme les équivalents de la zone à *Olenellus Kjerulfi* du Géorgien supérieur; les couches 3 représenteraient l'Acadien, et le Potsdamien ferait défaut. Les affinités des faunes sibériennes avec les faunes scandinaves du même âge semblent plus grandes à l'Acadien qu'au Géorgien.

Des calcaires à *Archæocyathus* ont été rencontrés par G. von Peetz sur le versant oriental des monts Salair, dans l'Altaï.

*Chine.* — On doit à F. von Richthofen [XXXI, 16] la découverte du Cambrien dans la presqu'île de Liaou-toung, dans le Sud de la Mandchourie. Ce savant illustre a donné le nom de formation *sinienne* à une série de calcaires, de schistes, de grès et de quartzites, dont il évalue l'épaisseur à 3 500-6 000 m et qui repose, en couches horizontales ou simplement inclinées, sur un substratum fortement plissé. D'après Bailey Willis [XXXI, 18], la transgression sinienne aurait été précédée de la transformation de la région envahie en une pénéplaine. La formation sinienne débute non par un conglomérat de base, mais, le plus souvent, par des argiles rouges sans fossiles.

Le système de Hou-t'o ayant été attribué par Bailey Willis à l'Algonkien supérieur, la formation sinienne comprend l'ensemble du Cambrien et du Silurien inférieur. La partie inférieure est certainement cambrienne, comme l'indiquent les fossiles trouvés à plusieurs niveaux, principalement dans les couches calcaires. La formation sinienne existe également en Corée et elle occupe des surfaces très étendues dans la province de Chan-toung, où elle a été étudiée principalement par Th. Lorenz [39] et, en 1903-1904, par Bailey Willis et Eliot Blackwelder, de l'expédition Carnegie [XXXI, 18]. D'après ces derniers auteurs, dans le centre du Chan-si, au lieu d'être horizontale, comme dans l'Est, elle subit des plissements intenses.

La partie inférieure du terrain Sinien n'a pas encore fourni de fossiles dans le Liaou-toung et en Corée, et la faune géorgienne n'y est pas connue. Par contre, dans le Chan-toung les trois subdivisions du Cambrien seraient fossilifères. Les genres les plus fréquents sont les suivants : *Dorypyge*, *Agnostus*, *Anomocare*, *Solenopleura*, *Ptychoparia*.

La présence du Cambrien supérieur dans le Chan-toung résulte principa-

lement du fait qu'en plusieurs localités de cette province et en particulier à Yen-tsy-yaï, des plaques calcaires couvertes de fragments de Trilobites ont été recueillies et utilisées comme ornements, par exemple sur des coffrets. Plusieurs de ces plaques sont parvenues en Europe et ont été étudiées par Bergeron [40] et par Monke [41]. Les Trilobites appartiennent pour la plupart à des genres nouveaux (*Liostracina*, *Teinistion*, *Drepanura*, *Stephanocare*).

En Corée, d'après Gottsche [42], des schistes marneux et des calcaires bitumineux renferment les Trilobites les plus caractéristiques des couches à *Dorypyge* du Chan-toung (*Dorypyge Richthofeni*; *Anomocare planum*, *majus*).

A Nan-t'ou, sur le moyen Yang-tse, Bailey Willis et ses compagnons ont fait une découverte tout à fait capitale, celle d'une argile à cailloux striés, véritable till ou boulder-clay, d'origine incontestablement glaciaire, qui supporte un conglomérat formé au détriment de cette formation et situé à la base des calcaires cambriens et ordoviciens extrêmement puissants de Ki-sin-ling. Des fossiles cambriens n'ont été recueillis qu'en un point, vers la base de ces calcaires; ce sont principalement des Brachiopodes (*Dicellomus*, *Obolus*, *Obolella*) et des Ostracodes (*Bradoria*), les Trilobites sont plus rares.

Enfin, dans le Yunnan méridional, Lantenois et Mansuy ont signalé le Cambrien inférieur, représenté par des schistes jaunâtres et verdâtres très plissés, avec *Olenellus* (*Mesonacis*) *Verneaui* et *Lingulella primæva* [43].

*Inde.* — Dans l'Himalaya, la région de Spiti fournit des coupes, où les terrains paléozoïques affleurent avec des épaisseurs immenses. La partie inférieure de la série a reçu de Griesbach le nom de système de Haimanta, elle ne renferme de fossiles que dans sa partie supérieure, constituée par des quartzites rouges, qui renferment *Ptychoparia*, *Olenus*, *Lingulella* et sont donc indubitablement cambriens. Plus au sud, dans la Salt Range orientale, le Cambrien repose, sans doute en superposition anormale, sur des marnes salifères. Il comprend, avec une épaisseur totale de 200 m environ, d'après Nœtling et K. Redlich [44, 45], les termes suivants :

- I. Groupe de Khewra ou grès pourpré.
- II. Groupe de Khussak :
  1. Grès à Annélides inférieurs avec *Hyalolithes* et *Obolellus*;
  2. Argiles rouge foncé glauconieuses à *Hyalolithes Wynnei*;
  3. Grès à Annélides supérieurs, avec *Ptychoparia Warthi*, *Hyalolithes Wynnei*, *Orthis Warthi*;
  4. Argiles rouges sableuses avec *Neobolus*<sup>1</sup> *Warthi*, *Lakhmina linguloides*, etc.
  5. Argiles micacées à *Hæferia Nœtlingi* (Trilobite voisin d'*Olenellus*) et *Lingulella Wannincki*.
- III. Groupe de Jutana, ou grès dolomitique.
- IV. Groupe de Bhaganwalla à pseudomorphoses de sel.

Les groupes I et II représentent certainement le Cambrien inférieur; quant à III et IV, qui ne renferment aucun fossile, ils correspondent sans doute à une phase lagunaire de la fin de la période.

*Australie.* — Les données très incomplètes que nous possédons sur le Nord de l'Australie permettent seulement d'affirmer l'existence du Géorgien à *Olenellus* dans cette partie du Globe. Dans le Sud, le même étage est repré-

1. Le nom de *Neobolus* a été donné par Waagen à ce fossile à une époque où il attribuait aux couches cambriennes de la Salt Range un âge carbonifère; le genre *Obolus* est silurien.

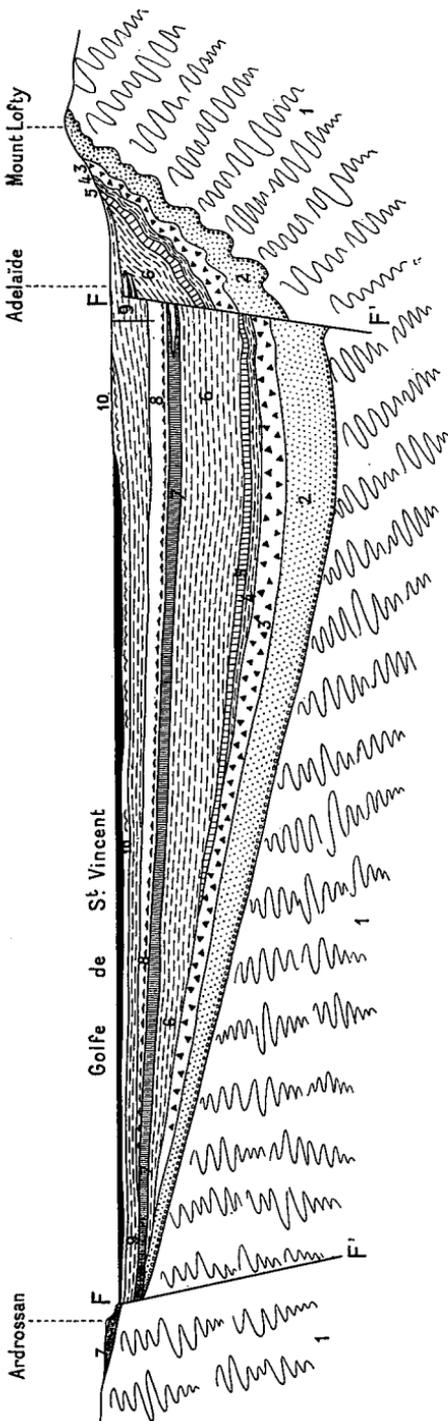


Fig. 214. — Coupe montrant les relations stratigraphiques des formations glaciaires cambriennes d'Australie (d'après WALTER HOWCHIN).

1, terrains cristallophylliens; 2, quartzites; 3, argile à blocs du Cambrien inférieur; 4, schistes de Tapley's hill; 5, calcaires de Brighton; 6, schistes pourpres; 7, calcaire à *Archæocyathus*; 8, formation glaciaire anthracolithique; 9, 10, Tertiaire; FF, failles.

senté, dans la péninsule d'York, par des calcaires à *Archæocyathidés* (*Ethmophyllum*, *Protopharetra*, *Coscinocyathus*), avec *Stenotheca*, *Platyceras*, *Ambonychia*, *Orthisina*, *Microdiscus*, *Hyalolithes*, *Sallerella*, etc. [46].

On cite, dans d'autres calcaires de la même région, un *Ptychoparia*, un *Conocephalus* et un *Dolichometopus*, appartenant à des espèces nouvelles. Enfin, en Tasmanie, le Potsdamien renferme *Dicellosephalus lasmanianus* et un *Conocephalus*.

Le Cambrien d'Australie acquiert un intérêt tout particulier du fait de la découverte, due à Walter Howchin [47], de formations glaciaires à la base du Cambrien inférieur de l'Australie du Sud, dans les environs d'Adélaïde. On les connaît aujourd'hui sur une longueur de 450 km [48-50]. Ce sont des argiles à blocs, dépourvues de stratification, épaisses au moins de 100 m et renfermant des blocs striés qui atteignent jusqu'à 2 mc de volume. La photographie d'un de ces blocs, donnée par Edgeworth David [50], ne laisse guère de doute sur l'origine glaciaire des stries.

Les relations stratigraphiques du conglomérat sont non moins certaines, car il est intercalé dans une série parfaitement concordante, qui se termine au sommet par les calcaires à *Archæocyathus* (fig. 214). Toutefois, les couches sous-jacentes, qui sont des quartzites massifs, ne présentent à leur surface aucune trace de polissage ou de buri-

nage, contrairement à ce qui a lieu pour les formations glaciaires du Varangerfjord. S'il faut en croire Howchin, les dimensions des blocs diminueraient du sud au nord, ce qui tendrait à montrer que la glace s'écoulait vers le nord.

AMÉRIQUE DU NORD. — Nous abordons maintenant les rives opposées du Grand Océan et nous commençons l'étude du Cambrien d'Amérique par le versant pacifique de l'Amérique du Nord.

*Versant pacifique.* — Charles D. Walcott a observé dans les montagnes d'Inyo, en Californie [53], qui font partie des contreforts est de la Sierra Nevada, une série plissée, d'environ 1 600 m d'épaisseur, comprenant surtout des calcaires, des schistes argileux et des quartzites. Dans le tiers supérieur un

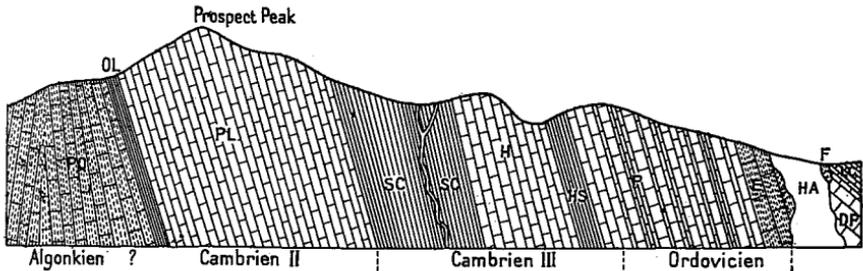


Fig. 212. — Coupe d'Eureka (d'après CH. D. WALCOTT).

- Algonkien : PQ, quartzite de Prospect Mountain, 500 m.  
 Cambrien I : OL, schistes à *Olenellus Gilberti*, *O. Iddingsi*, *Olenoides*, *Scenella*, *Kutorgina*. e.c., 50 m.  
 Cambrien II : PL, calcaires de Prospect à *Ptychoparia*, *Agnostus*, etc., 1000 m.  
 SC, schistes de Secret Cañon, à *Ptychoparia*, *Agnostus*, etc., 500 m.  
 Cambrien III : H, calcaire de Hamburg, sans fossiles, 400 m.  
 HS, schistes de Hamburg, avec nombreux *Dicellocyphalus* et *Ptychoparia*, 110 m.  
 Ordovicien : P, calcaire de Pogonip, avec faune de passage.  
 E, quartzite d'Eureka.  
 HA, dyke d'andésite à hornblende; DP, Dévonien; LC, Carbonifère inférieur.  
 F, faille.

banc calcaire est presque entièrement composé de débris d'Archæocyathidés (*Ethmophyllum*, *Protopharella*, *Coscinocyathus*). Ces calcaires zoogènes appartiennent ici encore au Cambrien inférieur, car on y trouve aussi des *Olenellus*. Il se pourrait que la base de la série appartienne à l'Algonkien.

Plus loin des côtes, dans les Montagnes Rocheuses canadiennes [54], le mont Stephen est constitué par 1 600 m de grès, de schistes argileux et de calcaires horizontaux, qui semblent représenter tout le Cambrien, car ils renferment, vers le milieu, des argiles à Trilobites (*Olenoides*, *Ptychoparia*, *Bathyrus*, *Agnostus*, etc.), qui, d'après Walcott, représentent le Cambrien moyen.

Plus au sud, dans les territoires de Nevada et d'Utah, le Cambrien atteint des épaisseurs plus considérables encore, 2 300 à 2 400 m, par exemple, dans la coupe d'Eureka, dans le Nevada (fig. 212). Il repose en concordance sur l'Algonkien et ses trois termes sont représentés par des couches fossilifères. Il supporte à son tour en concordance l'Ordovicien.

L'absence du genre *Paradoxides* dans l'Acadien et celle d'*Olenus*, remplacé par *Dicellocyphalus* (fig. 205), dans le Potsdamien du versant pacifique de l'Amérique du Nord sont des faits importants, sur lesquels nous reviendrons [51].

La concordance parfaite de l'Archéen, de l'Algonkien, du Cambrien et de

l'Ordovicien est un des traits les plus caractéristiques dans la stratigraphie des chaînes de l'Ouest. La grande épaisseur des dépôts indique l'existence d'un géosynclinal, où les sédiments s'accumulaient tranquillement, sans discordance entre les différents termes, tandis que, dans les régions voisines, des mouvements orogéniques et épirogéniques interrompaient plusieurs fois la continuité de la sédimentation.

*Sud des États-Unis.* — Dans le Sud des États-Unis [13], une discordance existe déjà entre l'Archéen et l'Algonkien, on en constate une deuxième à la base du Cambrien, et c'est le Cambrien moyen qui repose ici directement sur l'Algonkien ou sur l'Archéen, le Cambrien inférieur faisant complètement défaut. Cette transgressivité de l'Acadien s'observe dans l'Arizona, dans le territoire Indien, dans l'Oklahoma, dans le Texas et aussi, plus au nord, dans le Montana. Nous pouvons prendre comme exemple de ce type de succession la coupe du Grand Cañon du Colorado, dans l'Arizona (fig. 198). D'après Walcott, le Cambrien y débute par 100 m de grès, qui reposent en discordance sur l'Algonkien et renferment une faune (*Olenoides*, *Ptychoparia*, *Lingulepis*, etc.), qui permet de les attribuer à l'Acadien.

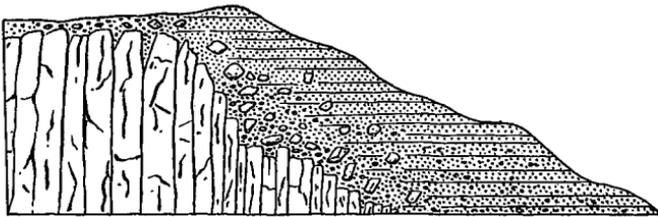


Fig. 213. — Discordance des grès de Potsdam (Cambrien supérieur) sur les quartzites du Huronien. Baraboo River, près Ableman, Wisconsin (d'après Irving).

Le Potsdamien est représenté par 230 m de grès, d'argiles et de calcaires en alternance, dont la faune est la même que dans les états du Centre.

*Centre des États-Unis.* — Dans tout le Centre des

États-Unis [6, 13, 52], le Cambrien inférieur et moyen font toujours défaut et le Cambrien supérieur repose en discordance angulaire sur l'Algonkien ou sur l'Archéen. Il débute très généralement par un conglomérat de base dont les éléments sont empruntés aux roches sédimentaires ou métamorphiques et principalement aux roches éruptives de son substratum (fig. 213). Il est constitué principalement par des grès grossiers à la base, plus fins et généralement calcaires vers le milieu, où les intercalations de couches calcaires deviennent assez fréquentes. On a donné à cette série le nom de *grès de Potsdam*, et elle est devenue le type de l'étage ou groupe Potsdamien.

La transgressivité des grès de Potsdam a été observée dans le Montana, le Wyoming, le Dakota, le Colorado, c'est-à-dire dans les Black Hills, qui forment le bord est des montagnes Rocheuses; puis dans le Minnesota et le Wisconsin (fig. 213), qui appartiennent à la région des Grands Lacs; plus au sud, dans les monts Ozark, dans le Missouri; dans l'Est, enfin, dans la partie ouest de l'état de New-York, jusqu'aux monts Adirondacks. Les grès de Potsdam semblent donc avoir formé une grande nappe continue, qui recouvrait en transgressivité toute la partie méridionale du bouclier Canadien. Ses couches sont presque partout restées horizontales; souvent elles sont recouvertes par des dépôts plus récents; ailleurs, au contraire, elles ont été partiellement enlevées par les agents dynamiques externes, de sorte qu'il n'en reste plus que des témoins.

La faune du Potsdamien du Centre est non moins uniforme. Partout ce sont, parmi les Trilobites, les *Dicellosephalus* qui prédominent, avec de nombreuses espèces, associés à des représentants des genres *Conocephalus*, *Crepicephalus*, *Arionellus*, *Ptychoparia*, etc.; parmi les Brachiopodes, *Lingulepis*, *Obolella*, *Billingsella*. Les Gastéropodes et le genre *Hyolithes* sont également assez abondants.

*Appalaches.* — A l'est de la vaste aire du Centre, où le Potsdamien est transgressif, et séparée d'elle par les affleurements archéens des monts Adirondacks, se trouve une région où le Cambrien est de nouveau représenté par ses trois termes, non plus horizontaux, comme l'est le Potsdamien dans le Centre, mais fortement plissés; non plus réduits à de faibles épaisseurs, mais atteignant jusqu'à 4000 m de puissance. C'est la région des Appalaches, qui s'étend depuis l'estuaire du Saint-Laurent, au nord, jusque dans l'Alabama au sud. Elle correspond à un géosynclinal, qui constitue, à bien des points de vue, l'homologue du géosynclinal de l'Ouest. Il est infiniment probable, d'ailleurs, que les deux se raccordent au sud du bouclier Canadien. Cependant, dans la bande des Appalaches, le Cambrien est souvent discordant sur l'Algonkien et, de plus, il est possible qu'en certains points, comme par exemple dans le Tennessee, il existe une lacune dans la série, embrassant tout ou partie de l'Acadien.

Les sédiments qui prédominent dans le géosynclinal des Appalaches sont principalement des schistes; quelquefois les grès et les quartzites, ou les calcaires jouent également un rôle important.

La distribution des faunes dans cette série est encore mal connue, mais la présence des trois termes du Cambrien est démontrée par la Paléontologie. Les relations sont incontestablement avec l'Ouest, en particulier au Potsdamien, où le genre *Dicellosephalus* est toujours caractéristique, à l'exclusion du genre *Olenus*. Le Cambrien des Appalaches se distingue ainsi très nettement de celui de la région atlantique, dont il est séparé par la chaîne archéenne des Green Mountains.

La figure 214, empruntée à Walcott, permet de se rendre compte des rapports qui existaient, à l'époque Cambrienne, entre les diverses régions des États-Unis.

*Amérique arctique.* — Il est probable que la transgression potsdamienne n'a pas envahi le bouclier Canadien dans sa partie méridionale seulement et qu'elle s'est également étendue sur de très grandes surfaces dans sa partie arctique; toutefois, il n'est resté que quelques témoins de cette couverture et leur âge, en l'absence de fossiles, doit être considéré comme très incertain. C'est ainsi que l'on attribue avec doute au Cambrien la formation d'*Athabasca*, près du lac de ce nom, qui comprend

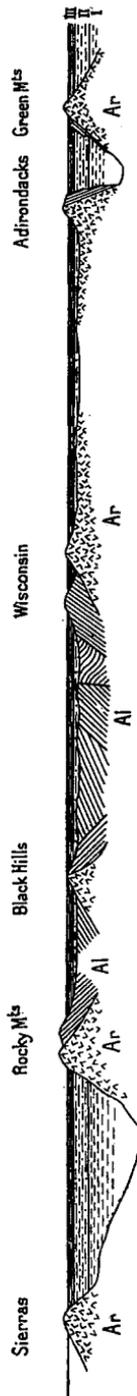


Fig. 214. — Coupe théorique W.-E. du continent Nordaméricain à la fin de la période Cambrienne (d'après CH. D. WALCOTT).

Ar, Archéen; Al, Algonkien; I, Géorgien; II, Acadien; III, Potsdamien.

des conglomérats et des grès grossiers et atteint environ 150 m d'épaisseur. Sur les rives de la baie d'Hudson, il existe une série de schistes et de grès, dont la puissance a été évaluée à 900 m et dont l'âge n'est pas plus certain.

Par contre, la deuxième expédition du *Fram* a découvert dans la Terre d'Ellesmere une série renfermant des fossiles indiscutablement cambriens (*Anomocare*), qui repose en discordance sur des gneiss et comprend des grès et des conglomérats à éléments calcaires en couches à peu près horizontales.

AMÉRIQUE DU SUD ET AFRIQUE. — Le Cambrien est fort mal connu dans l'Amérique du Sud. Il n'a été signalé encore qu'en deux points des Cordillères : dans les hauts plateaux de Bolivie, par exemple à Guanacuno, où il serait représenté, d'après Steinmann, par des grès très fossilifères et, sur le versant argentin, où des grès micacés, développés dans les provinces de Salta et de Jujuy, ont fourni à Emm. Kayser [55, 56] des Trilobites d'affinités acadiennes (*Liostracus*, *Agnostus*, *Crepicephalus*) et des Brachiopodes (*Orthis*, *Lingulella*).

On s'était basé, pour affirmer la présence du Cambrien dans l'île des États, sur de prétendus Archæocyathidés, mais il s'agirait en réalité, d'après Steinmann, de fossiles crétacés.

La présence de *Spirocyathus* dans un calcaire cristallin d'Urubob, dans les possessions allemandes du Sud-Ouest de l'Afrique, est encore très douteuse.

### 3° RÉSULTATS GÉNÉRAUX

RÉSULTATS PALÉOGÉOGRAPHIQUES. — Il ressort de l'aperçu auquel nous venons de nous livrer que les terrains cambriens ne sont connus d'une manière tant soit peu satisfaisante que sur des territoires fort restreints, si on les compare à la surface totale du Globe : Europe septentrionale et occidentale, quelques régions de la Sibérie, de la Chine et de l'Inde, États-Unis, République Argentine. Dans ces conditions, tout essai de reconstitution paléogéographique ne peut avoir qu'un caractère tout à fait provisoire (fig. 215).

L'absence du Cambrien en Afrique et dans la moitié est de l'Amérique du Sud ne prouve pas du tout que ces continents aient été entièrement exondés au début des temps primaires, car il est toujours dangereux de faire fond sur un ensemble de caractères négatifs. Les données relatives à l'Australie sont si précaires qu'elles ne nous permettent pas de nous faire une idée de la répartition des terres et des mers sur l'emplacement de ce continent. Le fait que l'on n'a jamais signalé de fossiles cambriens dans tout l'espace situé entre la Pologne et l'Inde trouve son explication dans le métamorphisme intense qu'ont souvent subi les terrains paléozoïques dans la zone des plissements alpins. Il est infiniment vraisemblable, comme l'a fait remarquer A. de Lapparent [0,1], qu'une communication existait, entre le Sud de l'Asie et les mers de l'Europe, par la région

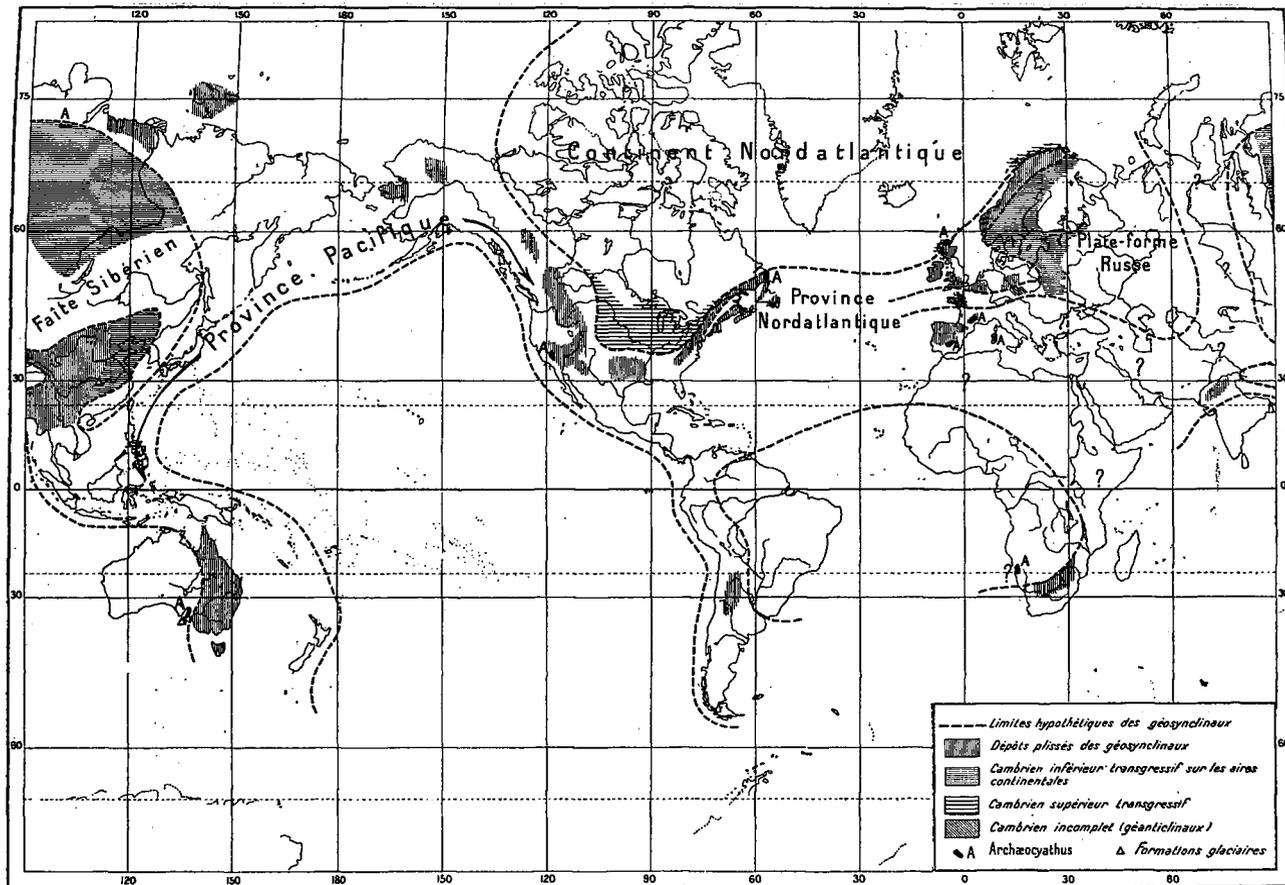


Fig. 215. — Essai de carte paléogéographique de la Terre à l'époque Cambrienne.

Les flèches indiquent le sens de la migration des faunes marines.

iranienne et l'Asie Mineure, où les terrains anciens n'affleurent que rarement.

En revanche, quelques résultats positifs peuvent dès à présent être mis en évidence.

C'est d'abord la très grande probabilité d'une communication *directe* entre la région atlantique de l'Amérique du Nord et l'Europe septentrionale, qui devait s'effectuer le long d'une côte formée par la chaîne Huronienne. L'existence d'un *continent Nordatlantique*, comprenant, outre la chaîne Huronienne, le Groenland et tout le bouclier Canadien, est démontrée par la transgression potsdamienne, qui envahit partiellement et graduellement de vastes surfaces exondées au début de la période. Mais le caractère essentiellement néritique des grès de Potsdam montre bien que les espaces submergés ne cessent pas de faire partie du seuil continental.

De même, l'invasion par la mer de grandes surfaces de la Sibérie et de la Chine au début de la période n'infirme en rien la notion d'un continent sur l'emplacement de l'Asie septentrionale et centrale.

La mer s'étendait sur toute l'Europe occidentale, limitée au nord par la chaîne Huronienne, mais rien ne nous permet de préciser sa limite méridionale. La nature des dépôts en Pologne et dans la Russie occidentale nous montre que la dépression profonde qui passait entre la Scandinavie et la Bohême ne s'étendait pas très loin vers l'est. Vers l'ouest, il existait peut-être quelques îles, mais les données qui permettraient d'en fixer les contours font encore défaut.

PROVINCES ZOOLOGIQUES. — La grande similitude des faunes dans le district atlantique de l'Amérique du Nord et dans l'Europe septentrionale et la facilité avec laquelle peut être établie la corrélation des zones paléontologiques dans les deux régions permettent de conclure à l'existence d'une *province Nordatlantique* (fig. 215).

En Europe même, on constate certaines différences entre les faunes du Nord, c'est-à-dire de la Grande-Bretagne et de la Scandinavie, et celles des régions méditerranéennes : Montagne Noire, péninsule Ibérique, Sardaigne. La Bohême forme en quelque sorte le trait d'union entre le Nord et le Sud. En général, les différences sont surtout d'ordre spécifique, ainsi *Conocephalus Heberti* et *Levyi*, de même que la variété de *Paradoxides rugulosus* dont Pompeckj a fait son *Paradoxides mediterraneus* sont communs aux trois régions de l'Europe méridionale et ne sont pas connus dans le Nord. Mais certains genres sont également localisés : le genre *Sao* est fréquent en Bohême et manque dans le Nord; par contre,

*Microdiscus* fait défaut dans les régions du Sud. Ce sont de légères différences, qui permettent tout au plus de distinguer deux sous-provinces.

Le Cambrien de Sibérie a des affinités avec celui de la Scandinavie, de sorte que nous devons conclure à une communication directe entre les deux pays par les mers arctiques, mais il possède en commun avec celui de Chine, déjà bien plus individualisé, le genre *Dorypyge*, qui caractérise également le Cambrien moyen du versant pacifique de l'Amérique du Nord. Les régions circumpacifiques voient apparaître dès l'Acadien les premiers *Asaphidæ* (*Ogygiopsis*, *Asaphiscus*, *Dolichometopus*), tandis qu'en Europe cette famille n'est pas connue avant l'Ordovicien. Dans ces mêmes régions, le genre *Paradoxides*, qui, en Europe et dans le district atlantique de l'Amérique, caractérise l'Acadien, fait entièrement défaut. Le Cambrien supérieur de l'Australie et celui de l'Ouest américain sont caractérisés l'un et l'autre par le genre *Dicellosephalus*, que l'on rencontre vers l'est jusque dans les Appalaches, tandis qu'il fait défaut dans toute la province Nordatlantique. En revanche, le genre *Olenus*, si abondant dans celle-ci, manque dans les pays où l'on trouve *Dicellosephalus*.

Il existe donc, au Cambrien, en dehors de la province Nordatlantique, une province Pacifique, qui comprend la Chine, l'Australie, l'Amérique du Nord jusqu'aux Appalaches inclusivement et qui peut être définie par la présence de *Ceratopyge* au Géorgien et à l'Acadien, par l'absence de *Paradoxides* à l'Acadien, par la présence de *Dicellosephalus* et l'absence d'*Olenus* au Potsdamien.

La présence d'une barrière de terre ferme, constituée par les Green Mountains, séparant les deux provinces, suffit amplement à expliquer leurs particularités. Il n'y a aucune raison d'invoquer des différences de température entre les deux mers, d'autant plus que les deux faunes vivaient sous les mêmes latitudes.

Une autre raison milite encore en faveur de l'uniformité du climat à l'époque Cambrienne. Les calcaires à *Archæocyathus* du Géorgien, qui ont dû se déposer partout dans des conditions physiques identiques, se trouvent aussi bien sous les latitudes élevées que plus près de l'équateur. On les connaît actuellement dans le Nord de l'Écosse, dans la Montagne Noire, dans le Sud de l'Espagne, en Sardaigne, en Sibérie, dans l'Australie du Sud, en Californie, au Labrador et peut-être dans l'Afrique du Sud-Ouest (fig. 215).

Cependant Joh. Walther [XXX, 11] pense que la localisation des conglomérats, des grès et des schistes rouges dans les basses latitudes

est à rapprocher de la distribution actuelle des produits d'altération rouges et milite en faveur de la différenciation des climats dès le Cambrien et d'une situation des pôles voisine de la situation actuelle.

**PHÉNOMÈNES GLACIAIRES.** — Tels sont les faits qui résultent de l'étude des faunes marines. La découverte de formations glaciaires, à la base des dépôts cambriens, dans trois régions différentes, est d'autant plus inattendue, plus contraire à toutes les idées courantes. Il s'agit, dans les trois cas, de véritables argiles à blocs durcies,

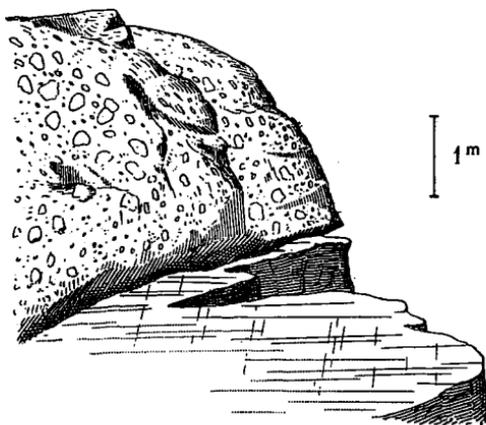
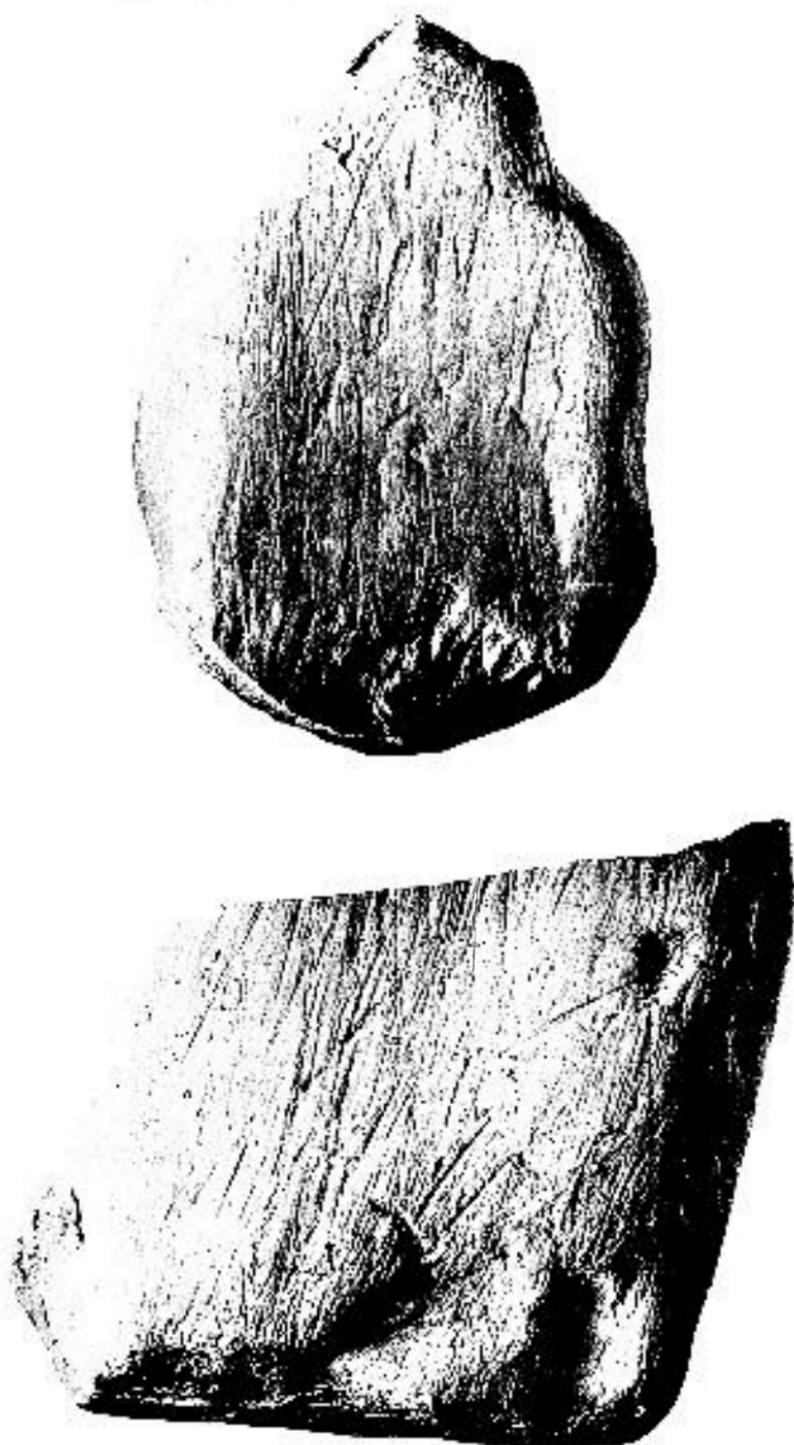


Fig. 216. — Grès poli et strié, supportant une moraine de fond de la base du Cambrien. Bigganjarga près Karlotn, Varangerfjord, Finmarken (d'après HANS REUSCH).

de moraines de fond indubitables. L'origine glaciaire des cailloux striés qu'elles renferment, à en juger par les figures qui en ont été données, ne peut guère être mise en doute (pl. LXXVII). L'âge cambrien de ces formations glaciaires pourrait être contesté, au moins en ce qui concerne celles de Norvège, qui sont connues depuis 1891. En effet, le système de Gaisa, à la base duquel se trouvent les conglomérats glaciaires (fig. 216), a

été tour à tour assimilé à l'Algonkien, au Cambrien et au Permien, sans que la découverte de fossiles soit venue apporter des arguments décisifs en faveur de l'une ou l'autre de ces attributions. Il n'en est pas de même pour ce qui concerne la détermination d'âge des couches qui surmontent immédiatement les conglomérats glaciaires du Yang-tsé et qui renferment des fossiles cambriens indiscutables. L'antériorité des argiles à blocs de l'Australie du Sud au Cambrien inférieur est non moins certaine. Tout au plus pourrait-on, dans les deux cas, attribuer les formations glaciaires à l'Algonkien, mais leur concordance avec des dépôts cambriens indiscutables rend leur âge cambrien beaucoup plus vraisemblable.

On a également attribué l'âge cambrien à des conglomérats glaciaires qui occupent la base de la série de Simla, en Inde, et qui sont plus anciens que ceux de la période Anthracolithique, dont il



D'après Bailey Willis.

GALETS STRIÉS (3/4 gr. nat.)  
dans une argile à blocs glaciaire, à la base du Cambrien.  
Nan'tou sur le Yang-tse (Chine).

sera question plus loin [48]. Mais aucune donnée paléontologique ne vient confirmer cette assimilation.

Est-on en droit de conclure à un climat rigoureux dans certaines régions du Globe au début du Cambrien? ou doit-on expliquer la présence de glaciers dans ces régions par la grande altitude des montagnes édifiées à la suite des mouvements orogéniques de la fin de la période Algonkienne? Ce sont là des questions auxquelles l'état actuel de nos connaissances ne permet pas de répondre.

Pendant l'absence totale, au Cambrien, des Tétracoralliaires, des Tabulés, des Stromatoporidés, qui deviennent abondants au Silurien, la rareté des organismes à sécrétion calcaire abondante et la porosité du squelette des Archæocyathidés permettent peut-être de conclure à une température relativement basse des mers cambriennes.

MOUVEMENTS OROGÉNIQUES ET ÉPIROGÉNIQUES. — Nous avons vu que la fin de l'époque Algonkienne a été marquée par des mouvements orogéniques très importants, affectant des surfaces très étendues, d'où la discordance, si fréquemment observée, entre l'Algonkien et le Cambrien. Pendant toute la durée de l'époque Cambrienne, par contre, aucune discordance entre les divers termes du système ne vient attester des événements semblables. Aucune nouvelle zone de plissements n'a pris naissance. Mais, dans l'Europe centrale, un géantical, sur lequel le Cambrien est incomplet ou même absent, sépare le géosynclinal du Nord de l'Europe de celui qui occupait les régions méditerranéennes (fig. 209).

À côté des aires où la formation des plissements précambriens donnait lieu, par une exondation consécutive, à une discontinuité entre les dépôts algonkiens et les dépôts cambriens, il existait des zones où la sédimentation s'est poursuivie sans interruption d'une période à l'autre et où s'accumulaient en concordance de grandes épaisseurs de dépôts archéens, algonkiens, cambriens et même siluriens. Le géosynclinal des Grampians et peut-être celui de la Méditerranée, en Europe, celui des Montagnes Rocheuses, en Amérique, remplissent cette condition. Le géosynclinal du Pays de Galles, qui se prolongeait à l'est jusque vers la Russie, et celui des Appalaches sont de formation plus récente et la série concordante y commence avec le Cambrien inférieur (fig. 209).

L'invasion par la mer cambrienne des zones de plissement précambriennes commence au Géorgien, elle se continue à l'Acadien et atteint son maximum au Potsdamien. Comme le montre l'exemple du bouclier Canadien, les régions périphériques sont envahies

d'abord et peu à peu la transgression s'étend à des régions plus centrales de l'aire continentale. La partie du massif Finno-Scandinave située au S.E. du géosynclinal de la Norvège semble également avoir été envahie graduellement par la transgression cambrienne. Nous ne sommes pas encore en possession de données qui nous permettent d'affirmer qu'il en a été de même en Sibérie et en Chine. Mais le synchronisme du phénomène sur le bouclier Canadien et sur le bouclier Baltique montre bien qu'il s'agit de l'affaissement graduel de deux aires continentales précédemment surélevées, en d'autres termes de mouvements épirogéniques.

La transgression cambrienne n'a pas été un événement universel, qui permette de l'attribuer à des mouvements eustatiques. En effet, au moment où elle atteignait son maximum, c'est-à-dire au Potsdamien, un mouvement de sens contraire avait lieu dans d'autres régions : dans le massif Armoricaïn, en Bohême et peut-être dans l'Europe méridionale, le Potsdamien manque et le Silurien inférieur est transgressif. De même en Inde, dans la Salt Range, la période Cambrienne se termine par une phase lagunaire, indiquant le retrait de la mer.

**PHÉNOMÈNES VOLCANIQUES.** — De même que les phénomènes de plissement, si intenses au cours des périodes Archéenné et Algonkienne, ont à peu près entièrement cessé au début de l'époque Cambrienne, de même l'activité volcanique s'est considérablement ralentie. On connaît quelques coulées basiques dans le Pays de Galles, en Bohême, à Terre-Neuve, dans la Colombie Britannique. Mais ces épanchements sont tout à fait insignifiants si on les compare aux formidables manifestations éruptives des temps précambriens.

On a mentionné aussi des intrusions datant de l'époque Cambrienne ou pénétrant tout au moins les roches cambriennes. Tels sont par exemple les porphyroïdes de l'Ardenne.

Les sédiments cambriens ont souvent subi un métamorphisme intense, mais on l'observe exclusivement dans les régions géosynclinales, où de grandes épaisseurs de dépôts ont été ultérieurement plissées, comme en Irlande, en Écosse, en Norvège, dans les Appalaches, dans l'Ouest de l'Amérique du Nord. On a vu plus haut l'exemple de la transformation de la série cambrienne de la Montagne Noire en micaschistes, en gneiss, en amphibolites.

1. — A. SEDGWICK and ROD. IMPEY MURCHISON. On the Silurian and Cambrian Systems, exhibiting the order in which the older sedimentary strata succeed each other in England and Wales. *British Assoc. Rept.*, 1835, II, p. 59-61.
2. — ADAM SEDGWICK. A Synopsis of the English series of stratified rocks inferior to the old red sandstone, with an attempt to determine the successive natural groups and formations. *Proc. of the Geol. Soc. of London*, II, p. 675-684, 1838.
3. — J. E. MARR. The Classification of the Cambrian and Silurian Rocks. *Geol. Mag.*, N. S., dec. 2, VIII, p. 245-250, 1881.
4. — T. STERRY HUNT. History of the Names Cambrian and Silurian in Geology. *Geol. Magaz.*, X, p. 385-395, 453-461, 504-510, 561-566, 1873.
5. — BARRANDE. État actuel des connaissances acquises sur la faune primordiale. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 2<sup>e</sup> sér., XVI, p. 516-546, 1859.
6. — CHARLES D. WALCOTT. The Fauna of the Lower Cambrian or Olenellus-Zone. 10<sup>th</sup> ann. *Rept. of the U. S. Geol. Surv.*, p. 509-760, pl. XLIII-XCVIII, fig. 44-69, 1890.
7. — FRITZ FRECH. Lethæa Geognostica. I. Lethæa Palæozoica, II. 1. Das Cambrium, p. 16-61, pl. A, B, I a. Stuttgart, 1897.
8. — A. G. NATHORST. Om aftryck af Medusor i Sveriges kambriska lager. *K. Svenska Vetensk.-Akad. Handl.*, XIX, p. 1-34, pl. I-VI, 1881.
9. — CHARLES D. WALCOTT. Fossil Medusæ. *Monogr. of the U. S. Geol. Surv.*, XXX, 201 p., 26 fig., 47 pl., 1898.
10. — FR. W. SARDESON. The Phylogenic Stage of the Cambrian Gastropoda. *Journ. of Geol.*, XI, p. 469-492, pl. I, II, 1903.
11. — J. BERGERON. La faune dite « primordiale » est-elle la plus ancienne? *Rev. génér. des Sciences*, II, p. 781-787, 8 fig., 1891.
12. — SVEN AXEL TULLBERG. Ueber die Schichtenfolge des Silurs in Schonen, nebst einem Vergleich mit anderen gleichalterigen Bildungen. *Zeitschr. d. D. geol. Ges.*, XXXV, p. 223-269, pl. X, 1883.
13. — CHARLES D. WALCOTT. Correlation Papers. Cambrian. *Bull. of the U. S. Geol. Surv.*, n° 84, 447 p., 3 pl., 5 fig., 1891.
14. — CHARLES LAPWORTH. On the Correlation of the Lower Palæozoic Rocks of Britain and Scandinavia. *Geol. Mag.*, N. S., dec. 2, III, p. 260-266, 317-322, 1876.
15. — G. F. MATTHEW. On the classification of the Cambrian Rocks of Acadia. *Canad. Record of Sc.*, III, p. 71-81, 303-305, 371-372, 1889.
16. — ID. Protolenus-Fauna. *Transact. of the New-York Acad. of Sc.*, XIV, p. 101-153, pl. I-XI, 1895.
17. — AUBREY STRAHAN. On Glacial Phenomena of Palæozoic Age in the Varanger Fjord. *Quart. Journ. Geol. Soc.*, LIII, p. 137-146, pl. VIII-X, 1897.
18. — A. G. NATHORST. Om kambriska pyramidalstenar. *Ofver. af K. Vetensk.-Akad. Förhandl.*, 1885, n° 10, p. 5-17, fig. 1-4.
19. — ID. Sveriges Geologi, allmänfattligt framställd med en inledande historik om den geologiska forskningen i Sverige jemte en kort öfversigt af de geologiska systemen. 1 vol. in-8°, 336 p., fig. Stockholm, 1894.
- 19 bis. — RODERICK IMPEY MURCHISON, ÉDOUARD DE VERNEUIL and Count ALEXANDER VON KEYSERLING. The Geology of Russia in Europe and the Ural Mountains. 2 vol. in-4°. I. Geology, 700 p., fig., 12 + 7 + 2 pl.; II, Paléontologie, 512 p., 43 + 7 pl. London, Paris, 1845.
20. — ROBERT ETHERIDGE. On the Analysis and Distribution of the British Palæozoic Fossils. *Quart. Journ. Geol. Soc.*, XXXVII, p. 51-235, 1881.
21. — HENRY HICKS. The Fauna of the Olenellus Zone in Wales. *Geol. Mag.*, N. S., dec. 3, IX, p. 21-24, fig., 1892.
22. — A. RENARD. Recherches sur la composition et la structure des phyllades

ardennais. *Bull. Univ. R. d'Hist. Nat. de Belg.*, I, p. 215-250, 1882; II, p. 127-152, 1883; III, p. 231-268, pl. XII, XIII, 1884.

23. — JULES GOSSELET. Le métamorphisme de l'Ardenne, *Bull. Soc. Belge Géol. Pal. Hydrol.*, XII, p. 216-220, 1898.

24. — J. F. POMPECKJ. Die Fauna des Cambrium von Tejšovic und Skrej in Böhmen. *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst.*, XLV, p. 495-614, 1 fig., pl. XIII-XVII, 1896.

25. — JAROSLAV J. JAHN. Ueber die geologischen Verhältnisse des Cambrium von Tejšovic und Skrej in Böhmen. *Ibid.*, XLV, p. 641-790, 10 fig., 1896.

26. — JULES BERGERON. Note sur la présence de la Faune primordiale (Paradoxidien) dans les environs de Ferrals-les-Montagnes (Hérault). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 3<sup>e</sup> sér., XVI, p. 282-285, 1888.

27. — Id. Étude géologique du massif ancien situé au sud du Plateau Central. *Annales Sc. géol.*, XXII, p. 1-362, 9 pl., 1 carte, 55 fig., 1889.

28. — Id. Étude des terrains paléozoïques et de la tectonique de la Montagne Noire. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 3<sup>e</sup> sér., XXVII, p. 617-678, 11 fig., 1901.

29. — J. MIQUEL. Essai sur le Cambrien de la Montagne Noire. Coulouma. L'Acadien. *Ibid.*, 4<sup>e</sup> sér., V, p. 465-483, pl. XV, 1905.

30. — DE VERNEUIL et BARRANDE. Description des fossiles trouvés dans les terrains silurien et dévonien d'Almaden, d'une partie de la sierra Morena et des montagnes de Tolède. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 2<sup>e</sup> sér., XII, p. 964-1025, pl. XXIII-XXIX, 1855.

31. — CASIANO DE PRADO. Sur l'existence de la faune primordiale dans la chaîne cantabrique, avec Description des fossiles par DE VERNEUIL et J. BARRANDE, *Ibid.*, 2<sup>e</sup> sér., XVII, p. 546-554, pl. VI-VIII, 1860.

32. — CHARLES BARROIS. Recherches sur les terrains anciens des Asturies et de la Galice (Espagne). *Mém. Soc. géol. du Nord*, II, n<sup>o</sup> 4, 630 p., 20 pl., 1882.

33. — A. DEREIMS. Recherches géologiques dans le Sud de l'Aragon. *Annales Hébert*, II, 199 p., 46 fig., 2 cartes, 1898.

34. — J. MACPHERSON. Sobre la existencia de la Fauna primordial en la provincia de Sevilla. *Anal. de la Soc. Esp. de hist. nat.*, VII, p. 281-284, 1878.

35. — J. F. NERY DELGADO. Faune cambrienne du Haut-Alemtejo (Portugal). *Commun. da Commiss. do Serv. geol. de Port.*, V, p. 307-387, pl. I-VI, 1904.

36. — JOH. GEORG BORNEMANN. Die Versteinerungen des Cambrischen Schichtensystems der Insel Sardinien nebst vergleichenden Untersuchungen über analoge Vorkommen aus anderen Ländern. *Nova Acta d. kais. Leop.-Carol. Deutsch. Akad. d. Naturf.*, LI, 1, p. 1-148, pl. I-XXXIII, 1886; LVI, 3, p. 425-528, pl. XIX-XXVIII, 1891.

37. — J. F. POMPECKJ. Versteinerungen der Paradoxides Stufe von La Cabitza in Sardinien und Bemerkungen zur Gliederung des sardischen Cambrium. *Zeitschr. d. D. geol. Ges.*, LIII, p. 1-23, pl. I, 1901.

38. — EDUARD VON TOLL. Beiträge zur Kenntniss des Sibirischen Cambrium. I. *Mém. Acad. Imp. Sciences St-Petersb.*, 8<sup>e</sup> sér., cl. phys.-math., VIII, 10, 57 p., 9 fig., 8 pl., 1899.

39. — TH. LORENZ. Beiträge zur Geologie und Paläontologie von Ostasien, unter besonderer Berücksichtigung der Provinz Schantung in China. *Zeitschr. d. D. Geol. Ges.*, LVII, p. 438-497, 5 pl., 2 fig., 1905; LVIII, p. 53-108, pl. IV-VI, 53 fig., 1906.

40. — J. BERGERON. Étude de quelques Trilobites de Chine. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 3<sup>e</sup> sér., XXVII, p. 499-516, 9 fig., pl. XIII, 1899.

41. — H. MONKE. Beiträge zur Geologie von Shantung. I. Obercambrische Trilobiten von Yen-tsy-yai. *Jahrb. d. k. Preuss. Geol. Landesanst.*, XXIII, p. 103-151, pl. III-IX, 1903.

42. — C. GOTTSCHKE. Geologische Skizze von Korea. *Sitzungsber. d. k. preuss. Akad. d. Wiss. zu Berlin*, 1886, II, p. 857-873, pl. VIII.

43. — H. LANTENOIS, COUNILLON, H. MANSUY, R. ZEILLER, L. LAURENT. Résultats de la mission géologique et minière du Yunnan méridional (septembre 1903-janvier 1904). *Annales des Mines*, 10<sup>e</sup> sér., XI, p. 300-383, 385-503, pl. X-XIV, 1907.

44. — FRITZ NOETLING. On the Cambrian Formation of the Eastern Salt-Range. *Records Geol. Surv. of India*, XXVII, 3, p. 71-86, pl. I, 1894.

45. — KARL A. REDLICH. The Cambrian Fauna of the Eastern Salt-Range, *Palæontol. Indica*, N.S., I, 1, 13 p., 1 pl., 1901.

46. — R. ETHERIDGE junr. On some Australian Species of the Family *Archæocyathinæ*. *Trans. Roy. Soc. of South Australia*, XIII, p. 10-22, pl. II-III, 1890.

46 bis. — WALTER HOWCHIN. On the Occurrence of Lower Cambrian Fossils in the Mount-Lofty Ranges. *Ibid.*, XX, p. 74-86, 1 fig., 1897.

47. — ID. Preliminary note on the Existence of Glacial Beds of Cambrian Age in South Australia. *Ibid.*, XXV, p. 10-13, 1901.

48. — J. W. EDGEWORTH DAVID. Glaciation in Lower Cambrian, possibly in Pre-Cambrian Time. *Congrès géol. inter., C. R. de la X<sup>e</sup> session, Mexico, 1906*, p. 271-274, 1908.

49. — ID. Australasie. Les conditions du climat aux époques géologiques. *Ibid.*, p. 275-298, 1908.

50. — ID. Conditions of Climates at different geological epochs, with special reference to Glacial epochs. *Ibid.*, p. 437-482, 9 pl., 1908.

51. — CHARLES D. WALCOTT. Paleontology of the Eureka District. *Monogr. U. S. Geol. Surv.*, VIII, 298 p., 24 pl., 1884.

52. — ID. The North American Continent during Cambrian Time. *12<sup>th</sup> ann. Rept. U. S. Geol. Surv.*, p. 523-568, pl. XLII-XLV, fig. 73-78, 1891.

53. — ID. Lower Cambrian Rocks in Eastern California. *Amer. Journ. of Science*, 3<sup>d</sup> ser., XLIX, p. 141-144, 1895.

54. — HENRY WOODWARD. The Canadian Rockies. On a collection of Middle Cambrian Fossils obtained by Edward Whymper. *Geol. Mag.*, N. S., dec. 4, IX, p. 502-505, 529-544, pl. XXXII, 7 fig., 1902.

55. — EMANUEL KAYSER. Ueber primordiale und untersilurische Fossilien aus der Argentinischen Republik. *Palæontographica*, Suppl. III, p. 1-33, pl. I-V, 1876.

56. — ID. Beiträge sur Kenntniss einiger paläozoischer Faunen Süd-Amerikas. *Zeitschr. d. D. geol. Ges.*, XLIX, p. 274-317, pl. VII-XII, 1897.

V. aussi : 0, 1, 3, 6, 9, 15, 16, 22; XXX, 2, 10, 11, 12; XXXI, 5, 8, 10, 11, 16, 17, 18, 26; XXXIII, 28; XXXIV, 19.

## CHAPITRE XXXIII

### PÉRIODE SILURIENNE

- 1° Caractères généraux : Caractères paléontologiques. — Principaux faciès. — Délimitation et subdivisions.
- 2° Répartition géographique et principaux types de l'Ordovicien : Europe septentrionale. — Europe centrale et méridionale. — Asie et Australie. — Amérique.
- 3° Répartition géographique et principaux types du Gothlandien : Europe septentrionale. — Europe centrale et méridionale. — Asie et Australie. — Amérique du Nord. — Amérique du Sud et Afrique.
- 4° Résultats généraux : Résultats paléogéographiques. — Provinces zoologiques. — Climat. — Mouvements orogéniques et épirogéniques. — Phénomènes volcaniques.

Le système *Silurien* fut créé en 1835 par Sir Roderick I. Murchison [2] pour les terrains de transition fossilifères situés au-dessous du Vieux Grès Rouge, qui devint plus tard un des types du système Dévonien. Le nom était emprunté à l'ancienne tribu des Silures, qui habitait le Pays de Galles au moment de la conquête romaine. En même temps, Sedgwick en séparait le Cambrien pour en faire un système indépendant.

Beaucoup d'auteurs continuent à employer le terme de Silurien dans le sens le plus large, en y englobant le Cambrien à titre de subdivision. D'autres ne conservent le nom donné par Murchison que pour la partie supérieure et appellent *Ordovicien* l'ensemble de couches compris entre le Cambrien et ce Silurien restreint. Nous avons suivi ici l'exemple de Lyell et de la plupart des géologues contemporains, en rangeant dans le Silurien les terrains compris entre le Cambrien et le Dévonien et en divisant le système en deux groupes ou sous-systèmes, l'*Ordovicien* ou Silurien inférieur (l'ancien *Armoricaïn*, de Lapparent, le *Champlainic* des auteurs américains) et le *Gothlandien* (*Ontarien* des auteurs américains) ou Silurien supérieur. Ce dernier nom, proposé par Munier-Chalmas et de Lappa-

rent [XXX, 23], est destiné à remplacer le *Bohémien* des premières éditions du *Traité de Géologie* d'A. de Lapparent, qui englobait également une partie du Dévonien.

#### 1° CARACTÈRES GÉNÉRAUX

CARACTÈRES PALÉONTOLOGIQUES. — Les VÉGÉTAUX marins sont représentés par des Algues calcaires de l'ordre des *Siphonées* et se répartissent dans

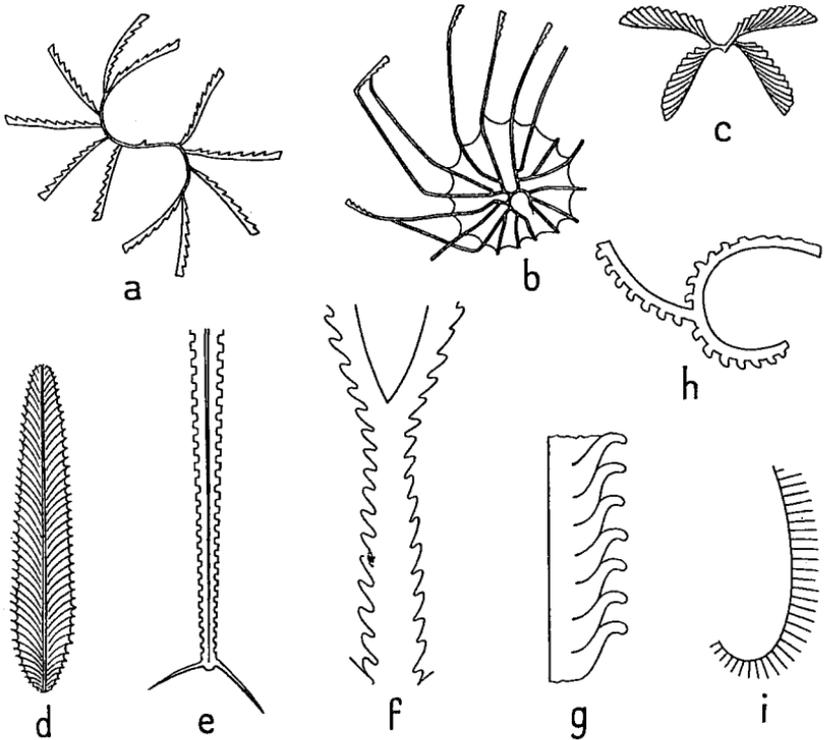


Fig. 217. — Principaux genres de Graptolithidés (d'après J. HALL, NICHOLSON, LAPWORTH, FR. FRECH).

a, *Cænograptus*; b, *Dichograptus*; c, *Tetragraptus*; d, *Phyllograptus*; e, *Climacograptus*; f, *Dicranograptus*; g, *Monograptus*; h, *Cyrtograptus*; i, *Rastrites*.

les deux familles des *Codiacées* (*Girvanella*) et des *Siphonées verticillées* ou *Dasycladées* (*Vermiporella*, *Palæoporella*, *Rhabdoporella*). En outre, des empreintes problématiques ont été rapportées les unes aux Laminariées, les autres aux Siphonées.

Quelques restes peu déterminables de Végétaux terrestres de l'Ordovicien d'Amérique rappellent les *Annularia*, les *Sphenophyllum* et les *Sigillaria*.

La faune comprend des représentants de la plupart des classes d'INVERTÉBRÉS susceptibles de fossilisation; il suffira d'énumérer les principaux, en les classant dans l'ordre zoologique.

## PROTOZOAIRES

FORAMINIFÈRES : *Saccamina*, *Nodosaria*, *Lagena*, *Rotalia*, etc.  
 RADIOLAIRES.

## SPONGIAIRES

LITHISTIDÉS : *Aulocopium*, *Astylospongia*, *Palæomanon*, *Hindia*, etc.  
 HEXACTINELLIDÉS : *Plectospongiæ*, *Tholiasterella*, *Asteractinella*, *Astræospongia*.

## COÉLÉNTÉRÉS

- a) **ANTHOZOAIRES. RÉCEPTACULITIDÉS** (position systématique douteuse).  
 TABULÉS (*id.*) : *Favosites*, *Syringopora*, *Halysites*, *Tetradium*, etc.  
 TÉTRACORALLIAIRES : *Duncanella*, *Petraia*, *Palæocyclus*, *Streptelasma*, *Zaphrentis*, *Cyathophyllum*, *Heliophyllum*, *Omphyma*, *Ptychophyllum*, *Stauria*, *Goniophyllum*, etc.  
 OCTOCORALLIAIRES : *Heliolites*, *Plasmopora*.
- b) **HYDROZOAIRES. STROMATOPORIDÉS** : *Actinostroma*, *Clathrodictyon*.  
 GRAPTOLITHIDÉS (fig. 217) : Axonolipa : *Dendrograptidæ* (*Dictyonema*, *Dendrograptus*, *Ptilograptus*), *Dichograptidæ* (*Bryograptus*, *Cænograptus* [a], *Didymograptus*, *Dichograptus* [b], *Tetragraptus* [c], *Phyllograptus* [d]); Axonophora : *Climacograptidæ* (*Retiograptus*, *Climacograptus* [e], *Dicranograptus* [f]), *Diplograptidæ* (*Diplograptus*, *Dimorphograptus*), *Monograptidæ* (*Monograptus* [g], *Cyrtograptus* [h], *Pristiograptus*, *Linograptus*, *Rastrites* [i]), *Retiolitidæ* (*Retiolites*, *Lasiograptus*).

## ÉCHINODERMES

- a) **PELMATOZOAIRES. CRINOÏDÉS** : 4 ordres sur 5 connus, nombreuses familles, très nombreux genres (ex. : *Stephanocrinus*, *Pisocrinus*, *Marsupiocrinus*, *Carpocrinus*, *Glyptocrinus*, *Scyphocrinus*, *Hypanthocrinus*, *Crotalocrinus*, *Hybocrinus*, *Cyathocrinus*, *Ichthyocrinus*, etc.).  
 CYSTOÏDÉS : *Aristocystites*, *Sphæronites*, *Echinosphærites*, *Porocrinus*, *Caryocrinus*, *Pleurocystites*, *Agelacrinus*.  
 BLASTOÏDÉS : *Troostocrinus*.  
 b) **ASTÉROZOAIRES. OPHIUROÏDÉS** : *Eucladia*, *Protaster*, *Tæniaster*.  
 ASTÉROÏDÉS : *Palæaster*, *Urasterella*, *Lepidaster*.  
 c) **ÉCHINOZOAIRES. ÉCHINOÏDÉS** : *Bothriocidaris*, *Cystocidaris*.

## VERS

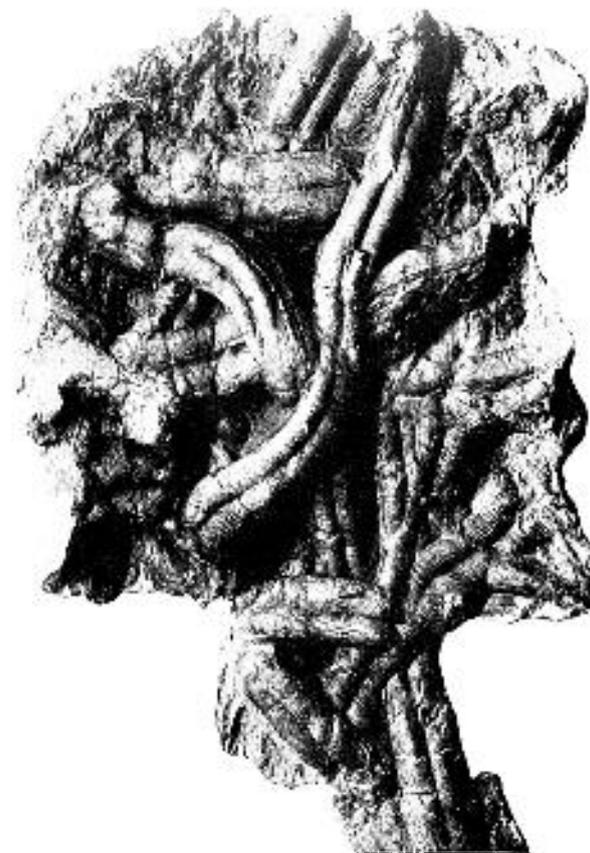
ANNÉLIDES (mâchoires, pistes).  
 (?) **TENTACULITIDÉS** : *Tentaculites*.

## VERMIDIENS

- a) **BRYOZOAIRES. CYCLOSTOMES** : *Diastoporidæ* (*Stomatopora*, *Diastoporina*), *Idmoneidæ* (*Protocrisina*), *Ceramoporidæ*, *Fistuliporidæ*.  
 TREPOSTOMES : *Monticuliporidæ* (*Monticulipora*, *Peronopora*, *Prasopora*), *Heterotrypidæ*, *Calloporidæ*, *Trematoporidæ*, *Constellariidæ* (*Constellaria*, *Stellipora*, *Nicholsonella*, *Balostomelliidæ*, *Amplexoporidæ*).  
 CRYPTOSTOMES : *Ptilodictyonidæ*, *Rhonidictyonidæ*, *Cystodictyonidæ*, *Arthrostylidæ*, *Fenestellidæ*, etc.  
 b) **BRACHIOPODES. INARTICULÉS** : *Lingulellidæ*, *Lingulidæ*, *Trimerellidæ* (*Dinobolus*, *Trimerella*, *Monomerella*), *Aerotretidæ*, *Siphonotretidæ*, *Discinidæ*, *Craniidæ* (*Pseudocrania*, *Cranella*).  
 ARTICULÉS : *Strophomenidæ* (*Rafinesquia*, *Stropheodonta*, *Leptæna*, *Plectambonites*), *Productidæ* (*Chonetes*), *Orthidæ* (*Orthis*), *Atrypidæ* (*Zygospira*, *Dayia*, *Atrypa*), *Spiriferidæ* (*Spirifer*), *Athyridæ* (*Meristina*, *Glassina*), *Clitambonitidæ*, *Porambonitidæ*, *Pentameridæ* (*Conchidium*, *Stricklandinia*, *Pentamerus*), *Rhynchonellidæ* (*Rhynchotrema*, *Rhynchotretra*).

## MOLLUSQUES

- a) **LAMELLIBRANCHES. PALÉOCONQUES** : *Lunulocardium*, *Conocardium*, *Præcardium*, *Cardiola*, *Slava*, *Dualina*, *Vlasta*, etc.  
 TAXODONTES : *Cucullella*, *Cleidophorus*, *Redonia*, *Ctenodonta*, *Palæoneilo*, *Nucula*, *Leda*, *Arca*.  
 ANISOMYAIRES : *Rhomboptera*, *Pterinea*, *Ambonychia*, *Cyrtodonta*, *Myalina*, *Modiolopsis*.  
 EULAMELLIBRANCHES : *Anodontopsis*, *Paracyclas*, *Amila*.

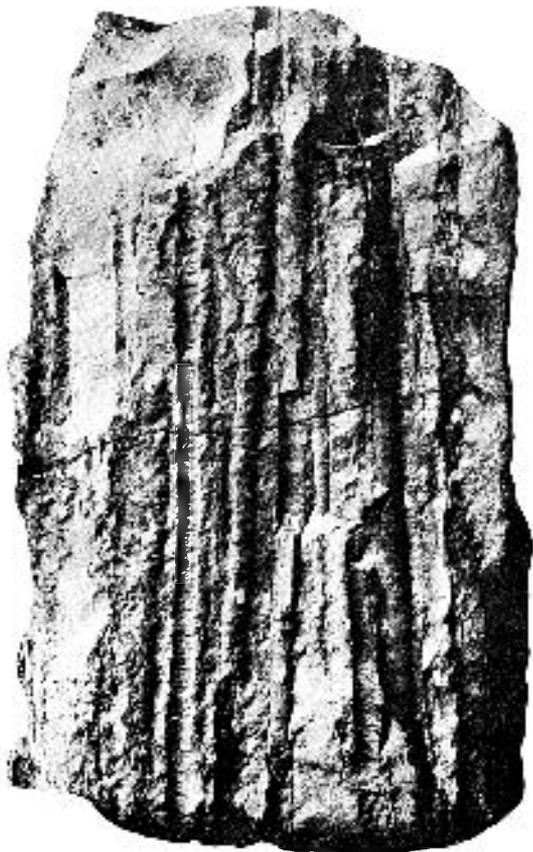


Cliché H. Ragot.

D'après F. M. Delgado.

PISTES EN CONTRE-MOULAGES sur la face inférieure de dalles de grès ordoviciens (Cruziana).

1. 4,5 gr. nat. Cerro Tunari, près Cochabamba (Bolivie) (coll. Dereims).
2. 1,2 gr. nat. Freixo-d'Espada-a-Cinta, Haut-Douro (Portugal).
3. 1,4 gr. nat. Penha-Garcia; Basse-Beira (Portugal).



Cliché H. Ragot.

TIGILLITES (1/4 gr. nat.) Grès armoricain,  
Mortain (Manche).



Cliché H. Ragot.

*Comularia pyramidata*. Grès de May (Ordovicien),  
May-sur-Orne (Calvados).

b) FAMILLES DE POSITION INCERTAINE. *Hyolithidæ* (*Hyolithes*), *Conulariidae* (*Conularia*).

c) GASTÉROPODES. *Pleurotomariidæ*, *Bellerophonidæ*, *Euomphalidæ*, *Trochidæ*, *Patellidæ*, *Capulidæ*, *Littorinidæ*, *Purpuridæ*, *Scalaridæ*, *Pyramidellidæ*, etc.

d) CÉPHALOPODES. NAUTILOÏDES : *Orthoceras*, *Cyrtoceras*, *Gomphoceras*, *Ascoceras*, *Litules*, *Trochoceras*, *Phragmoceras*, *Barrandeoceras*, etc.

AMMONOÏDES : *Agoniatites*.

#### ARTHROPODES

a) CRUSTACÉS. CIRRHIPÈDES : *Plumulites*, *Turrilepas*, *Lepidocoleus*.

OSTRACODES : *Primitia*, *Leperditia*, *Beyrichia*.

GIGANTOSTRACÉS : *Eurypterus*, *Pterygotus*.

XIPHOSURES : *Hemiaspis*, *Bunodes*, *Neolimulus*.

TRILOBITES : *Agnostus*; *Trinucleus* (fig. 19), *Ampyx*, *Dionide*; *Olenus*, *Triarthrus*, *Remopleurides*, *Conocephalus*; *Calymmene*, *Homalonotus*; *Ogygia*, *Niobe*, *Asaphus*, *Nileus*, *Illænus* (fig. 88), *Æglina* (fig. 20); *Phacops*, *Chasmops*, *Dalmania*; *Cheirurus*, *Deiphon*, *Placoparia*, *Sphaeræochus*, *Amphion*; *Encrinurus*; *Acidaspis*; *Lichas*; *Arethusina*, *Proetus*; *Harpes*.

PHYLLOCARIDÉS : *Ceratiocaris*.

b) MYRIAPODES. *Archidesmus*.

c) ARACHNIDES. SCORPIONIDES : *Palæophonon*, *Proscorpius*.

Charles Brongniart a décrit sous le nom de *Palæoblattina Douvillei* et envisagé comme une aile d'Orthoptère un débris d'Arthropode, trouvé dans le grès de May de Jurques (Calvados). En réalité, il s'agit d'une pointe générale d'Asaphidé. Les schistes à Graptolithes de Scanie ont fourni une aile d'Hémiptère (*Protocimex siluricus*), dont la détermination est moins sujette à caution. Nos connaissances sur les Insectes du Silurien se réduisent donc à fort peu de chose, mais cette lacune ne doit pas nous étonner, puisque nous manquons totalement de données sur les formations continentales de l'époque.

Par contre, c'est dans le Silurien qu'ont été trouvés les plus anciens restes connus de Poissons. Il y a quelques années, on avait signalé leur découverte dans le Silurien inférieur de Cañon City (Colorado), mais, d'après Frech [6], les couches à Poissons de cette localité, qui renferment exclusivement des genres dévoniens, auraient été amenées, grâce à des dislocations, en contact avec l'Ordovicien à Trilobites et devraient être attribuées au Dévonien. L'âge silurien inférieur de couches à Poissons récemment découvertes dans le Wyoming est mieux établi, mais on manque encore de renseignements précis sur leur faune. D'autre part on a signalé quelques dents de Poissons dans le Silurien inférieur des environs de Saint-Pétersbourg. Dans tous les cas, il ne peut y avoir de doute en ce qui concerne les gisements du Silurien supérieur, car les couches les plus élevées du système renferment en grand nombre, en diverses localités de la Grande-Bretagne, de l'île d'Oesel, de Galicie et de Podolie, des restes bien conservés d'Ostracodermes ou Placodermes (*Pteraspis*, *Cyathaspis*, *Cephalaspis*, *Thelodus*, *Lanarkia*, *Birkenia*, *Lasanius*, *Ateleaspis*) et des Ichthyodorulithes de Sélaciens (*Onchus*).

La grande variété de la faune silurienne met bien en évidence l'état insuffisant de nos connaissances sur la faune cambrienne; elle résulte de l'apparition brusque d'un grand nombre de types nouveaux, cryptogènes, dont les ancêtres cambriens nous sont inconnus, et il n'y a qu'un nombre relativement faible d'organismes

siluriens qui dérivent par filiation directe de formes dont les restes se trouvent dans des couches plus anciennes. D'ailleurs, les types cryptogènes n'apparaissent pas tous simultanément au début de la période; on les voit arriver avec l'établissement des conditions biologiques favorables à leur développement, c'est-à-dire avec le faciès dont ils sont caractéristiques. C'est ce qui se produit pour les Tabulés, pour les Tétracoralliaires, pour les Crinoïdes, pour les Bryozoaires, dont on trouve des restes dans les premiers dépôts calcaires du Silurien; leur apparition n'a pas lieu partout en même temps dans les diverses régions, car le faciès calcaire ne s'établit pas partout simultanément.

En résumé, on peut indiquer comme caractéristique de la faune silurienne la présence à peu près exclusive des Graptolithes rhabdoïdes et d'un certain nombre de genres de Spongiaires, de Tabulés, de Tétracoralliaires, de Cystoïdés, de Bryozoaires, de Brachiopodes, de Céphalopodes et surtout de Trilobites; puis le fait que les Cystoïdés, les Paléoconques, les Capulidés, les Nautiloïdés, les Ostracodes et les Trilobites y atteignent leur maximum et sont en décroissance dès le Dévonien. Plusieurs groupes très abondants au Cambrien sont du reste en diminution dès le Silurien inférieur et beaucoup d'entre eux ont totalement disparu au Silurien supérieur. D'ailleurs, les différences paléontologiques entre l'Ordovicien et le Gothlandien sont très considérables, comme nous le verrons tout à l'heure. Beaucoup de genres et de familles, voire d'ordres ou de sous-classes (Ammonoïdés, Placodermes), qui atteindront leur plein épanouissement au Dévonien, commencent déjà à se montrer dès le Silurien supérieur.

PRINCIPAUX FACIÈS. — Pas plus qu'à l'époque Cambrienne, nous ne connaissons au Silurien de *formations continentales* intercalées dans des séries marines et on n'a rien signalé d'analogue aux formations éoliennes ou glaciaires, qui, en Scandinavie et en Chine, existent entre l'Algonkien et le Cambrien.

Les *formations lagunaires* jouent un rôle peu important et l'on ne peut guère citer comme telles que des grès et des argiles rouges, qui, dans l'état de New-York et sur les bords de la Léna, renferment du gypse et du sel gemme, puis les *couches à Gigantostracés* et à Poissons, par lesquelles se termine souvent le Silurien.

On doit ranger dans les *formations néritiques* des dépôts détritiques, tels que les grès à Lamellibranches et à Conulaires<sup>1</sup> (pl. LXXIX, 2), dont le grès de May est un exemple classique; ou

1. On sait aujourd'hui, grâce aux découvertes de Ruedemann, que ces Mollusques étaient fixés sur des corps étrangers par le sommet du cône.

les grès à *Bilobites* (*Cruziana*, pl. LXXVIII), qui sont des dépôts de plages avec pistes de *Trilobites* et d'Annélides; ou les sables glauconieux des environs de Saint-Pétersbourg. La plupart des calcaires siluriens rentrent aussi dans la catégorie des formations néritiques et sont d'origine zoogène. Ce sont soit des calcaires coralliens, comme ceux de Dudley, de Gotland, de Cincinnati; soit des calcaires à Crinoïdes ou à Cystoïdes (*Echinosphærites*); soit encore des calcaires à Brachiopodes, à Gastéropodes, à Ostracodes (*Beyrichia*). Beaucoup de formations marneuses à Ostracodes ou à Brachiopodes, ainsi que les calcaires à *Tentaculites* ou à Nautiloïdes, semblent également s'être déposés dans des eaux peu profondes. La plupart des Nautiloïdes siluriens (*Lituites*, *Cyrtoceras*, *Gomphoceras*, *Ascoceras*, etc.), à en juger par les organismes qui les accompagnaient, vivaient certainement à des profondeurs moindres que les Ammonoïdes des périodes ultérieures.

On doit, par contre, ranger dans les *formations bathyales* les calcaires noduleux à Orthocères, les schistes à *Trinucleus*, les schistes à Calymènes, les schistes carburés à Graptolithes. Dans les schistes à *Trinucleus*, on rencontre, à côté des représentants de ce genre qui sont aveugles (fig. 19), des *Æglina* dont les yeux sont énormes (fig. 20), ce qui a fait supposer que ces *Trilobites* vivaient dans des profondeurs pour ainsi dire abyssales.

Les Graptolithes rhabdoïdes ou *Rhabdophora* peuvent se trouver accidentellement dans tous les sédiments marins du Silurien, mais ils ne sont abondants que dans les schistes riches en carbures d'hydrogène, et leur nombre est fonction de la finesse du sédiment et de sa richesse en matière carbonneuse. D'après Lapworth [VI, 6], ces organismes auraient vécu fixés sur des Algues flottantes, à la manière des Sertulaires actuelles, qui habitent la mer des Sargasses. Après leur mort, ils seraient tombés au fond avec leur support et ce seraient les Algues qui, en se décomposant, auraient donné naissance à la matière organique des schistes. Mais Ruedemann a découvert dans l'Ordovicien de Dolgeville, aux États-Unis, des colonies de Graptolithes munies de leurs pneumatophores (fig. 196), ce qui montre que ces Hydrozoaires, pourvus également de palettes nataires, pouvaient se mouvoir librement à la surface des eaux. D'autre part, il est probable que la matière organique provient plutôt du plankton animal, qui, en tombant au fond, se mélangeait à la vase.

Enfin, il y a lieu encore de mentionner les couches à silex remplies de Radiolaires qui s'intercalent dans l'Ordovicien à Graptolithes du Sud de l'Écosse. Certains auteurs en font des *formations abyssales*.

DÉLIMITATION ET SUBDIVISIONS. — Le Cambrien et le Silurien sont presque toujours parfaitement concordants, car il n'y a pas eu de véritables mouvements orogéniques à la limite des deux périodes. Mais il y a des cas où les deux systèmes sont séparés par une lacune, correspondant soit au Cambrien supérieur, soit à l'Ordovicien tout à fait inférieur, soit, comme en Bohême et probablement en Espagne, aux deux termes. La délimitation est alors facile; mais, lorsqu'il y a continuité dans la sédimentation et passage insensible d'un terrain à l'autre, comme en Scandinavie, dans le Pays de Galles, dans la Montagne Noire, il est difficile de tracer une limite précise, si l'on ne fait pas intervenir les caractères paléontologiques.

Les couches à *Dictyonema flabelliforme* constituent, au sommet du Cambrien, une zone remarquablement constante. Comme le genre *Dendrograptus* y fait son apparition, on pourrait les ranger dans le Silurien, en attribuant une valeur décisive au début des Graptolithes rhabdoïdes; mais l'usage a prévalu de faire débiter l'Ordovicien immédiatement au-dessus, par un niveau caractérisé par les genres *Euloma*, *Niobe*, *Ceratopyge* [8-11]. Cet horizon existe dans le Sud de la Suède, dans les environs de Christiania, à Hof et à Leimitz, en Bavière, dans le Pays de Galles, où il est connu sous le nom de *Tremadoc*, et, enfin, dans la Montagne Noire.

La limite supérieure du Silurien a fait l'objet de longues discussions, provenant des difficultés que l'on rencontre dans les pays où le Gothlandien et le Dévonien sont concordants. Nous en parlerons dans le chapitre suivant.

Nous savons déjà que le système Silurien est généralement divisé en deux groupes, l'Ordovicien et le Gothlandien, envisagés par divers auteurs comme deux systèmes indépendants. Le plus souvent ces deux groupes se présentent en concordance; cependant, dans les comtés du Centre de l'Angleterre, en particulier dans le Shropshire, le Gothlandien est discordant sur le Cambrien et l'Ordovicien, concordants entre eux, mais redressés et plissés. De même, dans les Appalaches, des mouvements orogéniques ont donné lieu, en beaucoup d'endroits, à une discordance angulaire entre les deux termes du Silurien. De plus, dans diverses régions, la mer paraît s'être étendue, au Gothlandien, bien au delà des limites qu'elle occupait à l'Ordovicien.

Les deux groupes, indépendants au point de vue stratigraphique, le sont également au point de vue paléontologique [12]. D'une manière générale, les Graptolithes diprionidiens caractérisent l'Ordovicien, les Graptolithes monoprionidiens, le Gothlandien. Le genre *Trinucléus* se rencontre exclusivement dans l'Ordovicien, où

les *Asaphidæ* atteignent leur maximum. Dans le Gothlandien, les Trilobites sont surtout représentés par les *Phacopidæ* et par les genres *Harpes*, *Bronteus*, *Arethusina*, qui y font leur apparition. Pour ce qui est des Nautiloïdés, les genres *Endoceras* et *Lituites* sont ordoviciens, tandis que *Phragmoceras*, *Gomphoceras*, *Ascoceras*, *Trochoceras*, *Ophidioceras* sont localisés dans le Gothlandien. Les premiers *Spiriferidæ*, enfin, se trouvent dans le Silurien supérieur.

La division de l'Ordovicien et du Gothlandien en étages n'est pas encore réalisée d'une manière satisfaisante. On a essayé, il est vrai, d'appliquer, à toute l'Europe occidentale, les subdivisions locales établies dans le Silurien du Pays de Galles, mais elles ne trouvent plus leur application dans l'Amérique du Nord, où l'on a effectué d'autres coupures, qui, à leur tour, sont inutilisables en Europe. Le tableau ci-dessous met en évidence ce défaut de correspondance :

	Grande-Bretagne.	États-Unis.	
Gothlandien.	{	DWNTONNIEN.	CAYUGIEN.
		LUDLOW (CLUNIEN).	NIAGARIEN.
		WENLOCK (SALOPIEN).	OSWEGIEN.
		LLANOVERY (OU MAY HILL) (VALENTIEN).	CINCINNATIEN.
Ordovicien.	{	CARADOC.	MOHAWKIEN.
		LLANDEILO.	CANADIEN.
		ARENIG.	
		TREMADOC.	

La base de tout parallélisme précis est, ici aussi, comme pour tous les terrains sédimentaires, l'établissement de zones paléontologiques dans les formations bathyales. Comme au Cambrien, les Trilobites fournissent de très bons résultats et c'est ainsi que l'on a pu distinguer, dans l'Ordovicien du Pays de Galles, six zones successives, caractérisées chacune par une espèce de *Trinucleus*. Plusieurs d'entre elles ont été retrouvées en Scandinavie ou dans l'Europe centrale. Voici comment elles se répartissent dans les trois subdivisions locales où le genre est représenté :

CARADOC	:	Zone à <i>Trinucleus concentricus</i> et <i>seticornis</i> .
LLANDEILO.	{	— — <i>fimbriatus</i> .
		— — <i>Lloydi et favus</i> .
ARENIG.	{	— — <i>Etheridgei</i> .
		— — <i>Gibbsi</i> .
		— — <i>Sedwicksi</i> .

Les Graptolithes fournissent des résultats bien plus satisfaisants, qui tiennent au genre de vie planctonique de ces organismes. Les courants marins les disséminent sur de très grandes étendues, de sorte que les zones établies par Lapworth en Écosse [13] se retrouvent en Suède [14, 15], en France [16] et dans d'autres régions de l'Europe occidentale. Un certain nombre d'entre elles ont été recon-

nues dans l'Est de l'Amérique du Nord [18] et même en Australie. D'autre part, la durée de chaque espèce est très courte, de sorte que les faunes graptolithiques se succèdent très rapidement. On a pu ainsi pousser très loin l'analyse, aussi bien pour l'Ordovicien que pour le Gothlandien.

On trouvera ci-contre deux tableaux, empruntés l'un à Moberg [17], relatif à l'Ordovicien, l'autre à Anders Hennig [22 bis], relatif au Gothlandien. Tous deux sont basés sur la succession des zones de Graptolithes relevée en Scanie, où elle est aujourd'hui mieux étudiée que partout ailleurs. Ils s'appliqueraient avec quelques variantes à l'Écosse, où presque toutes ces zones ont été déterminées depuis longtemps<sup>1</sup>. Les différences que l'on relève chez les différents auteurs tiennent plutôt au choix fait de l'espèce destinée à caractériser chaque zone qu'à la répartition même des espèces.

Zones à Graptolithes de l'Ordovicien de Scanie d'après J. C. Moberg.

SCHISTES A DIDYMOGRAPTUS.	sup.	{	15. (Zone à <i>Dicellograptus anceps</i> <sup>2</sup> ).	+	
			14. Zone à <i>Dicellograptus complanatus</i> .	+	
		moy.	{	13. — <i>Pleurograptus linearis</i> .	+
				12. — <i>Dicranograptus Clingani</i> .	+
				11. — <i>Nemagraptus gracilis</i> .	+
	inf.	{	10. — <i>Diplograptus putillus</i> .	+	
			9. — <i>Glossograptus Hincksi</i> .	+	
			8. — <i>Didymograptus geminus</i> .	+	
			7. — <i>Phyllograptus typus</i> .	+	
			6. — <i>Isograptus gibberulus</i> .	+	
SCHISTES A DICTYOGAPTUS.	sup.	{	5. — <i>Phyllograptus angustifolius</i> .	+	
			4. — <i>Didymograptus balticus</i> .	+	
	inf.	{	3. — <i>Tetragraptus phyllograptoides</i> .	+	
			2. — <i>Bryograptus Kjerulfi</i> .	+	
		{	1. — <i>Dictyograptus</i> <sup>3</sup> <i>flabelliformis</i> .	+	

Zones à Graptolithes du Gothlandien de Scanie, d'après Anders Hennig.

SCHISTES A CYRTOGRAPTUS.	{	16. Zone à <i>Monograptus colonus</i> et <i>Nilssoni</i> .	+	
		15. — — <i>testis</i> et <i>Cyrtograptus Carruthersi</i> .	+	
		14. — <i>Cyrtograptus rigidus</i> .	+	
		13. — <i>Monograptus Riccartonensis</i> .	+	
		12. — <i>Cyrtograptus Murchisoni</i> .	+	
		11. — — <i>Lapworthi</i> .	+	
		10. — <i>Monograptus spiralis</i> .	+	
		9. — <i>Cyrtograptus Grayæ</i> .	+	
		8. — <i>Monograptus runcinatus</i> .	+	
		7. — — <i>Sedgwicki</i> .	+	
SCHISTES A RASSTRITES	{	6. — <i>Diplograptus cometa</i> .	+	
		5. — <i>Monograptus convolutus</i> .	+	
		4. — <i>Diplograptus folium</i> .	+	
		3. — <i>Monograptus triangulatus</i> .	+	
		2. — — <i>cyphus</i> .	+	
		{	1. — <i>Didymograptus acuminatus</i> .	+

1. Les zones connues en Écosse sous le même nom sont suivies d'une croix.

2. Cette zone n'est pas représentée en Scanie par des couches à Graptolithes; elle existe, par contre, en Écosse.

3. *Dictyonema* auct. Cette zone est généralement placée dans le Cambrien supérieur.

On pourrait peut-être diviser le Silurien en étages en prenant pour base la répartition verticale des genres de Graptolithes et distinguer par exemple six étages, caractérisés respectivement par les genres *Dictyograptus*, *Didymograptus*, *Dicellograptus*, pour l'Ordovicien; *Rastrites*, *Cyrtograptus* et *X*<sup>1</sup>, pour le Gothlandien; mais ces étages ne coïncideraient pas avec ceux qui ont été établis dans divers pays sur la distribution des Trilobites. Il faut donc renoncer pour le moment à une division du Silurien en étages dont l'application pourrait être généralisée.

## 2<sup>e</sup> RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET PRINCIPAUX TYPES DE L'ORDOVICIEN

EUROPE SEPTENTRIONALE. — Dans la zone des Hébrides, caractérisée par la discordance angulaire de l'Archéen et de l'Algonkien, de l'Algonkien et du Cambrien, le Silurien est complètement inconnu, aussi bien en Écosse qu'en Norvège. On le rencontre, par contre, plus au sud, dans le géosynclinal des Grampians, c'est-à-dire en Irlande, en Écosse et dans la chaîne axiale de Scandinavie, où il fait suite en concordance au Cambrien, lui-même concordant avec l'Algonkien et l'Archéen. Il a subi, au même titre que les terrains sous-jacents, un métamorphisme souvent très intense, d'autres fois assez faible ou presque nul.

*Écosse.* — Laissant de côté l'Irlande, sur laquelle nous ne possédons que des données insuffisantes, nous devons dire quelques mots du groupe Ordovicien en Écosse, car le Silurien de ce pays a fait l'objet de travaux admirables de la part de Ch. Lapworth [13] et de Peach et Horne [19]. La succession des zones paléontologiques résulte du tableau des zones à Graptolithes ordoviciennes qui a été donnée plus haut. Lapworth a pu en fixer les niveaux dans une série ininterrompue de schistes, peu épaisse dans le nord et dans le sud du pays, très puissante, par contre, dans la région de Girvan, sur la côte ouest. Vers la base on observe toujours plusieurs niveaux de silex à Radiolaires intercalés dans les schistes; ils correspondent au sommet de l'Arenig et à la base du Llandeilo du Pays de Galles. Des coulées de laves et des amas puissants de tufs jouent aussi un rôle important dans la partie inférieure; ailleurs, on rencontre au même niveau des calcaires à Coralliaires et à *Girvanella*, tandis que la partie supérieure est constituée exclusivement par des schistes à Graptolithes, même dans la région de Girvan, où des conglomérats marquent la limite du Llandeilo et du Caradoc.

*Norvège.* — Dans le Nord et le Centre de la Norvège et tout le long de la chaîne axiale de la péninsule Scandinave, l'Ordovicien, tout comme le Cambrien, est entièrement schisteux et totalement dépourvu de fossiles. Il passe latéralement, sur le versant suédois, à une série composée d'alternances de schistes et de calcaires, où commencent à apparaître des fossiles. Les schistes du géosynclinal ont subi un métamorphisme assez prononcé et ils se distinguent en outre, en particulier dans la région de Trondhjem,

1. Le Gothlandien supérieur est partout très pauvre en Graptolithes, sauf à la base, qui correspond à la zone à *Monograptus colonus*.

par des intercalations fréquentes de *roches vertes*, c'est-à-dire de gabbros, de serpentines, de tufs, qui leur confèrent une certaine analogie avec les Schistes Lustrés liasiques et nummulitiques des Alpes [XXXII, 41].

*Scanie.* — Comme dans le Cambrien, on retrouve dans l'Ordovicien de Scanie une prépondérance du faciès schisteux, tandis que dans tout le reste de la Suède prédominent les faciès calcaires. La succession en Scanie est la suivante [22 bis] :

1. Calcaires et schistes à *Ceratopyge* (zones 1-3);
2. Schistes inférieurs à Graptolithes (zones 4-6);
3. Calcaires à *Orthoceras*, riches en Trilobites (*Trinucleus coscinorhinus*, *Nileus*, *Ogygia*, etc.), avec intercalations de schistes à Graptolithes (zones 7-8);
4. Schistes moyens à Graptolithes (zones 9-13), avec bancs calcaires à *Calymene dilatata*;
5. Schistes à *Trinucleus* avec :
  - a, niveau à *Ampyx Portlocki* et *Dicelloccephalus complanatus*;
  - b, niveau à *Staurocephalus clavifrons*;
6. Schistes à Brachiopodes, avec *Harpes* et *Phacops eucentra*.

Les calcaires ne forment jamais que des intercalations d'une très faible épaisseur, où les Trilobites sont abondants, mais où les organismes des faciès zoogènes sont entièrement défaut. Le plus important de ces niveaux calcaires est le calcaire à *Ceratopyge forficula*, *Euloma ornatum*, *Niobe insignis*, *Shumardia pusilla*, *Apatoccephalus serratus*, au-dessous duquel on place maintenant assez généralement la limite inférieure de l'Ordovicien, quoique les Graptolithes rhabdoïdes débutent déjà un peu au-dessous.

Une série ordovicienne en tous points semblable à celle de Scanie existe dans l'île de Bornholm.

*Scandinavie centrale.* — Dans l'île d'OEland et dans le Vestergötland, l'Ordovicien est presque entièrement calcaire; on y observe toutefois quelques intercalations peu épaisses de schistes à Graptolithes, et la partie supérieure est schisteuse (schistes à *Trinucleus* et schistes à Brachiopodes), comme en Scanie (fig. 248). Il en est de même dans le Jemtland. Ce n'est qu'en Dalécarlie que ces deux niveaux sont eux-mêmes calcaires. Dans les environs de Christiania, on observe, d'après Brøgger [22], une alternance régulière de niveaux schisteux et de niveaux calcaires; les deux faciès s'engrènent littéralement, ce qui facilite beaucoup la détermination de leur synchronisme.

De même qu'en Scanie, le Silurien débute par des calcaires à *Ceratopyge*, renfermant les espèces caractéristiques citées plus haut de cet horizon.

La succession de l'Ordovicien dans le Vestergötland peut être résumée de la manière suivante :

1. Calcaire à *Ceratopyge*;
2. Calcaire glauconieux à *Megalaspis planilimbata*;
3. Calcaire rouge à *Megalaspis limbata*;
4. Calcaire à *Asaphus expansus* (*Phacops sclerops*, *Megalaspis heros*, *Sphæronis pomum*, *Ampyx nasutus*);
5. Calcaire à *Megalaspis gigas*;
6. Calcaire à *Asaphus platyrus*;
7. Calcaire à *Illænus centaurus* (*Ogygia dilata*, *Lituites lituus*);
8. Calcaire à *Ancistroceras undulatum* (*Ogygia*, *Echinosphærites aurantium*);
9. Calcaire à *Chasmops* (*Chasmops conicophthalmus*, *Harpes*, *Calymene*, *Asaphus*, *Illænus*);
10. Schistes à *Trinucleus* (*Trinucleus seticornis*, *Illænus*, *Ampyx*, *Cybele*, *Triarthrus*, *Orthis argentea*);
11. Schistes à Brachiopodes (*Illænus Linnarssoni*, *Cheirurus insignis*, *Sphærezochus*, *Bronteus taticauda*, *Leptæna Schmidtii*).

Dans les *Provinces Baltiques* de la Russie, suivant une bande continue qui s'étend au sud du golfe de Finlande, depuis l'île de Dago jusqu'au lac de Ladoga, l'Ordovicien est constitué presque en totalité par des calcaires zoogènes. La succession n'est pas continue, car de nombreuses lacunes correspondent à de très courtes périodes d'émersion, qui se manifestent par des bancs corrodés, des niveaux phosphatés, etc.

D'après les travaux classiques de Fr. Schmidt [23], la succession peut être résumée de la manière suivante :

Sables glauconieux à *Obolus siluricus* et Conodontes, correspondant, comme position stratigraphique, au niveau à *Ceratopyge* de Scandinavie, mais sans aucun des Trilobites caractéristiques; calcaires glauconieux, marnes à *Leperditia* et phosphorites, calcaires à *Endoceras vaginatum*, représentant l'Arenig; calcaires à *Lituites*, à *Echinosphærites*, du Llandeilo inférieur; série de calcaires très fossilifères correspondant aux divisions supérieures de l'Ordovicien, dont chaque couche, caractérisée par des espèces spéciales, a reçu un nom de localité (Kuckers, Ifter, Jewe, Wesenberg, Lyckholm, Borkholm). On y trouve surtout des *Chasmops*, des *Cheirus*, de nombreux Brachiopodes, des Nautiloïdés très variés, des Cystoïdés, des Spongiaires, etc. Les Graptolithes font entièrement défaut.

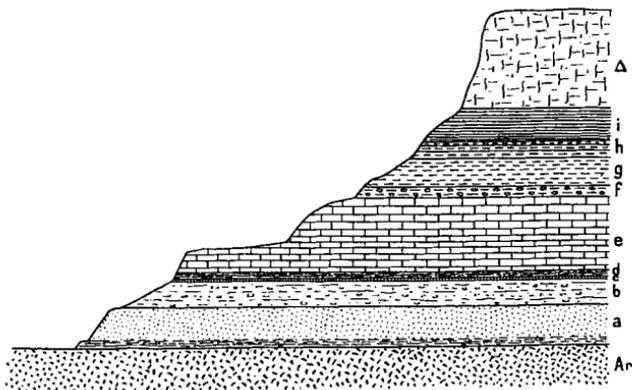


Fig. 218. — Coupe de la montagne de Falbygden, Vestergötland, montrant le Cambrien et le Silurien en couches horizontales protégées par une coulée de diabase (d'après A. G. NATHORST).

Ar, Archéen; a, grès à *Eophyton*; b, schistes alunifères avec les niveaux à *Paradoxides*, à *Olenus* et à *Dictyonema*; c, calcaire à *Ceratopyge*; d, schistes à Graptolithes inférieurs; e, calcaire à *Orthoceras*; f, calcaire à *Chasmops*; g, schistes à *Trinucleus*; h, schistes à *Brachiopodes*; i, schistes à Graptolithes supérieurs; Δ, diabase.

Dans la plaine de l'Allemagne du Nord, des

blocs, disséminés dans les dépôts glaciaires, peuvent être rapportés comme origine aux affleurements de ces divers calcaires et fournissent souvent de riches moissons paléontologiques, qui ont fait l'objet de nombreux mémoires.

*Pays de Galles.* — C'est dans le Pays de Galles qu'ont été établies les divisions classiques de l'Ordovicien.

Basées tout d'abord sur les seuls caractères lithologiques, elles s'appuient aujourd'hui, grâce aux travaux de Hicks [25, 26] et de Marr [XXXII, 3], sur la distribution verticale des *Trinucleus*, dont la succession a été donnée plus haut.

L'étage inférieur ou *Tremadoc* est composé de schistes et de grès schisteux, qui renferment des représentants des genres *Euloma*, *Niobe*, *Paraboli-nella*, *Symphysurus*, très voisins des espèces caractéristiques des calcaires à *Ceratopyge* de Scandinavie. Les *Shineton shales* du Shropshire occupent le même niveau et contiennent la même faune.

L'étage d'*Arenig* comprend également des schistes et des grès. On y ren-

contre, outre les *Trinucleus* caractéristiques, les genres *Ogygia*, *Æglina*, *Calymmene*, ainsi que *Tetragraptus* et *Didymograptus*.

Le *Llandeilo* est presque entièrement schisteux. Il renferme des Graptolithes (*Didymograptus*) et de nombreux Trilobites (*Asaphus tyrannus*, *Ogygia Buchi*).

Enfin, l'étage supérieur ou *Caradoc* est constitué soit par des grès extrêmement puissants (3 600 m) à *Trinucleus selicornis*, soit par des schistes avec intercalations calcaires (*calcaires de Bala* et de *Hirnant*), avec *Orthis Actoniæ*, *Staurocephalus globiceps*, etc.

La très grande épaisseur de l'Ordovicien du Pays de Galles montre qu'il s'est formé dans un géosynclinal. Les alternances répétées de schistes avec des grès ou des grauwackes, ou encore avec des calcaires zoogènes, s'expliquent par une descente par saccades, le bassin accusant par moments une tendance au comblement, marquée par une sédimentation plus grossière ou par l'établissement temporaire de petits récifs d'organismes à sécrétion calcaire abondante.

Le géosynclinal du Pays de Galles appartient à une zone tectonique plus méridionale que celui des Grampians. Il se continuait vraisemblablement vers le sud-est, en passant par l'Ardenne et la Thuringe, pour aboutir peut-être à la Pologne.

*Ardenne.* — Sur le versant belge de l'Ardenne, dans le Brabant et dans la bande de Sambre-et-Meuse, l'Ordovicien est représenté avec les mêmes faciès que dans le Pays de Galles. Des schistes noirs satinés, très riches en Graptolithes, notamment à Huy, correspondent à l'Arenig. Des quartzites peu fossilifères sont attribués par Malaise [28] au Llandeilo. Enfin, le Caradoc est constitué par des schistes à bancs quartzeux, qui, à Grand-Manil et à Fosse, ont fourni une faune très riche et très caractéristique.

*Thuringe.* — En Thuringe, l'Ordovicien atteint une grande épaisseur. Il comprend des grès à *Phycodes circinatus*, qui correspondent à l'Arenig, et des schistes très puissants, qui renferment *Ogygia*, *Asaphus*, *Megalaspis*, à la base, et des Cystoïdés, au sommet, et représentent le Llandeilo et le Caradoc.

Le Tremadoc n'est connu qu'à Leimitz et à Hof [8, 10], où ont été trouvés, outre des Brachiopodes nombreux, des Trilobites très voisins des formes les plus caractéristiques des couches à *Ceratopyge* de Scandinavie (*Niobe*, *Bavarilla hofensis*). La présence de ce niveau montre que, contrairement à ce qui a eu lieu en Bohême, il y a, dans le Sud de la Thuringe, continuité entre le Cambrien et l'Ordovicien.

*Pologne.* — D'après Gürich [29], l'Ordovicien de Pologne est constitué, à la base et au sommet, par des calcaires, tandis que sa partie moyenne est à l'état de grès et renferme surtout des Brachiopodes.

Il n'est pas possible de dire jusqu'où il se continue vers l'est, car des terrains plus récents masquent, dans cette direction, les plus anciens terrains paléozoïques. Plus au sud, en Podolie, l'Ordovicien n'existe pas et le Gothlandien s'est déposé directement sur les terrains cristallophylliens.

EUROPE CENTRALE ET MÉRIDIONALE. — Dans les régions de l'Europe septentrionale que nous venons de passer en revue, le Cambrien et l'Ordovicien sont toujours concordants et cela aussi bien dans le géosynclinal des Grampians que dans celui du Pays de Galles et de la Thuringe et que dans l'aire de surélévation de Finlande, située entre ces deux géosynclinaux. Nous arrivons maintenant, en nous dirigeant vers le sud, dans des pays

où, par contre, il y a toujours une lacune entre le Cambrien et l'Ordovicien et où le Silurien débute par la transgression de l'Arenig. Ces pays sont la Bohême et le massif Armoricaïn.

Dans le Sud de l'Europe, cette transgression existe dans certaines régions, telles que la péninsule Ibérique, tandis que dans d'autres, comme la Montagne Noire, il y a continuité de sédimentation entre le Cambrien et l'Ordovicien, l'étage de Tremadoc étant représenté.

*Bohême.* — Nous commençons par la Bohême, qui se distingue des autres régions de l'Europe centrale et méridionale par des caractères très spéciaux.

On n'y connaît aucun équivalent du Tremadoc, et l'on sait déjà que le Cambrien supérieur y fait entièrement défaut.

L'Ordovicien débute, dans les environs de Prague, par des conglomérats et des grauwackes ( $D_{1a}$ ), qui ne renferment guère que des *Lingula*, des *Discina* et des *Obolus* et qui reposent en transgressivité sur le Cambrien, l'Algonkien, ou même sur les gneiss archéens. Au-dessus vient une nappe de diabase, puis des minerais de fer oolithiques ( $D_{1b}$ ), avec *Harpides*, *Amphion*, *Orthis*, qui alternent avec des schistes à *Didymograptus* et *Isograptus caducus* et correspondent à l'Arenig.

Les schistes à concrétions ( $D_{1c}$ ), qui leur font suite, renferment *Illænus Katzeri*, *Asaphus nobilis*, *Placoparia Zippei*, *Didymograptus geminus*. Ils représentent le Llandeilo inférieur, tandis que les quartzites ( $D_2$ ), à *Dalmania socialis*, *Asaphus nobilis*, *Trinucleus Goldfussi*, représentent le Llandeilo supérieur.

Au Caradoc inférieur correspondent des schistes et des quartzites ( $D_3$  et  $D_4$ ) à *Trinucleus concentricus*, *Ampyx*, *Cheirurus*, *Diplograptus pristis*; au Caradoc supérieur, des schistes et des grauwackes ( $D_5$ ), qui renferment *Phillipsinella parabola*, *Remopleurides radians*, *Trinucleus selicornis*, espèces qui se trouvent également dans les couches terminales de l'Ordovicien balte.

L'ensemble de l'Ordovicien de Bohême atteint 1 200 m d'épaisseur.

*Massif Armoricaïn.* — L'Ordovicien du massif Armoricaïn [XXXIV, 41] présente avec celui du Pays de Galles des affinités assez étroites pour que le parallélisme puisse être aisément établi entre les deux pays. Toutefois on n'y connaît aucun représentant du Tremadoc, car la série débute partout par le grès *Armoricaïn*, qui est un équivalent exact de l'Arenig (fig. 249).

Ce terme est d'ailleurs manifestement transgressif (fig. 220) et repose, dans les points où le Cambrien fait défaut, directement sur l'Algonkien, comme par exemple à Mortain (pl. II, 2). Il possède, dans toute la région, des caractères remarquablement constants; son épaisseur seule est sujette à des variations (12 à 500 m). C'est un grès blanchâtre, quelquefois un véritable quartzite, dont les bancs sont traversés souvent par des tubes verticaux laissés par des Annélides (*Tigillites*; pl. LXXIX, 1), ou sont couverts de pistes que l'on a appelées *Bilobites*, ou mieux *Cruziana*, et qui sont connues dans le pays sous le nom de « pas de bœufs » (pl. LXXVIII). On y trouve aussi des Brachiopodes inarticulés (*Lingula Lesueurii*, *Dinobolus Brimonti*), des Lamellibranches nombreux et, plus rarement, des Trilobites (*Ogygia armoricana*) [30].

Au-dessus viennent les schistes à *Calymènes*, qui débute souvent par un minerai de fer, activement exploité en certains points. Les ardoises d'Angers (pl. LXXX, 1) appartiennent à ce niveau. A leur partie inférieure, on a rencontré *Didymograptus geminus*, espèce de la base du Llandeilo et de la bande  $D_7$  de Bohême, tandis que *Trinucleus Bureaui* se trouve à la partie

supérieure. Les espèces les plus caractéristiques sont les suivantes : *Calymene Aragoi* (à la base), *C. Tristani* (au sommet), *Dalmanites Phillipsi*, *Uralichas Ribeiroi*, *Asaphus Guettardi*, *Illænus giganteus* (fig. 88), *Placoparia Tourneminei*, *Cheirurus andegavus*, etc. A ces Trilobites sont associés de

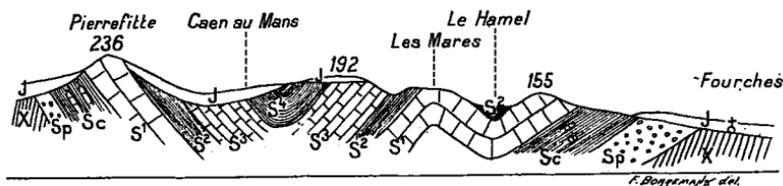


Fig. 210. — Coupe S.W.-N.E. prise à l'ouest du massif de Montabard, Orne (d'après A. BIGNON, cliché communiqué par la Société géologique de France).

X, phyllades de Saint-Lô (Algonkien); Sp, conglomérats pourprés (Cambrien); Sc, schistes et marbres cambriens; S<sup>1</sup>, grès Armoricaïn; S<sup>2</sup>, schistes à Calymènes; S<sup>3</sup>, grès de May; S<sup>4</sup>, ampélites (Gothlandien); J, Jurassique. — Échelle des longueurs : 1 : 65 000; échelle des hauteurs : 1 : 13 000.

nombreux Ostracodes, de rares Céphalopodes, des *Hyolithes*, des Lamelli-branches, des Brachiopodes (*Orthis Budleighensis*).

Dans la vallée de la Laize, au sud de Caen, les schistes à Calymènes supportent une série puissante (50 à 70 m) de grès siliceux, les *grès de May*. Dans leurs assises inférieures, on trouve encore *Calymene Tristani*, puis apparaît une faune riche en *Homalonotus* (s.-g. *Brongniartia*). Dans la masse des grès est intercalé un niveau schisteux, dans lequel Kerfene [31] a recueilli *Trinucléus Bureaui*, *Calymene Tristani*, *Placoparia*, des Ostracodes, etc.

Au-dessous des schistes, c'est *Homalonotus Vicaryi* qui domine; au-dessus, c'est *Homalonotus Destongchampsii*, associé à *Conularia pyramidata*, *Modiolopsis*

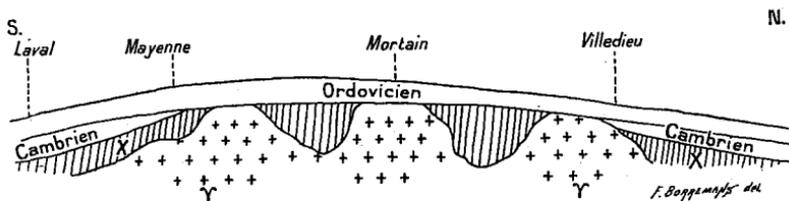
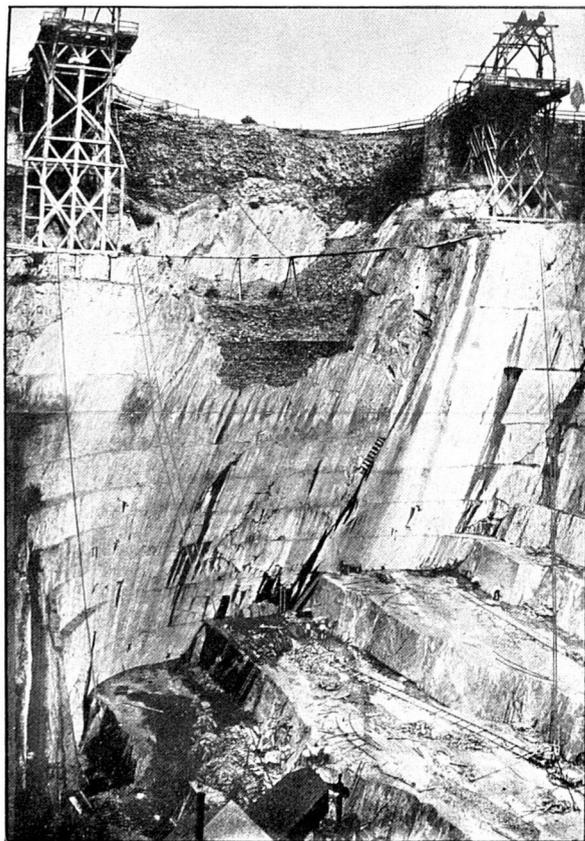


Fig. 220. — Coupe schématique des relations du Cambrien et de l'Ordovicien avec l'Algonkien (X) et le granite ( $\gamma$ ) (d'après A. BIGNON, cliché communiqué par la Société géologique de France).

*armoricana*, etc. Ces grès supérieurs (grès du Belvédère) appartiennent seuls à l'Ordovicien supérieur. Comme à May, un niveau gréseux s'intercale, en d'autres points du massif Armoricaïn, au milieu des schistes à Calymènes supérieurs.

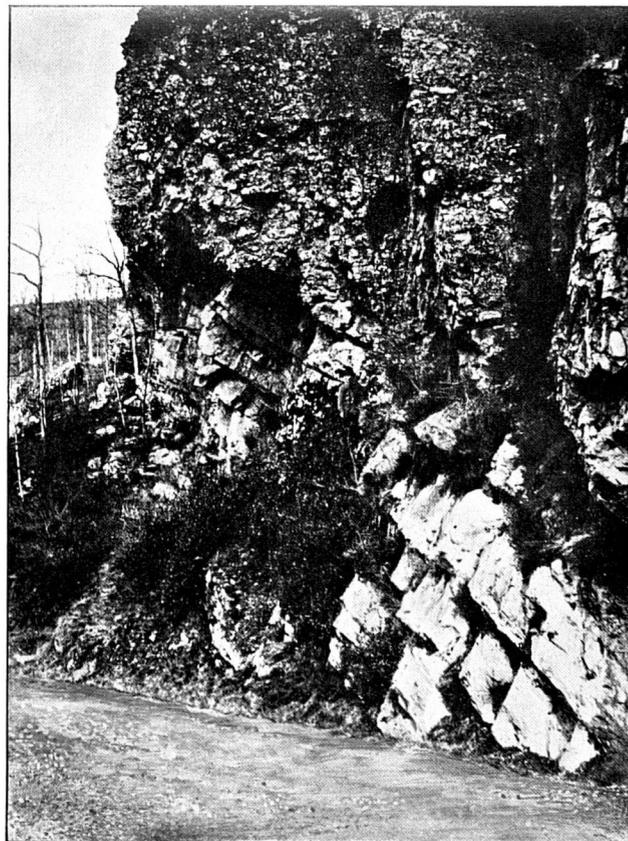
L'Ordovicien supérieur est souvent presque entièrement gréseux. Il renferme en Bretagne *Calymmenella Bayani*, mais il est quelquefois totalement dépourvu de fossiles. D'autres fois, il se termine par des schistes à *Trinucléus Pongerardi*, ou connus sous le nom de *schistes de Riadan* (schistes ardoisiers supérieurs), ou encore par des calcaires à *Orthis Actoniæ*, comme à Rosan.

*Montagne Noire*. — L'Ordovicien n'est pas connu avec certitude dans le Plateau Central proprement dit; mais dans son annexe méridionale, la Montagne Noire, il acquiert une grande importance [XXXII, 27, 28].



Cliché communiqué par M. Ch. Vélain.

ARDOISIÈRES DANS LES SCHISTES D'ANGERS (Ordovicien)  
montrant la stratification et la schistosité.  
Trélazé (Maine-et-Loire).



Cliché Ch. Vélain.

CONGLOMÉRAT DE BASE DU GEDINIEN  
reposant en discordance angulaire sur les  
quartzites cambriens.  
Roches aux Corpias, près Monthermé (Ardennes).

Près de Caunes et de Saint-Chinian (fig. 210), le Cambrien supporte en concordance les schistes à *Bellerophon OEhleri*, qui représentent le Tremadoc et renferment des Trilobites extrêmement voisins de ceux d'es couches à *Euloma* et *Niobe* de Scandinavie, du Pays de Galles et de Hof, ainsi qu'il résulte des comparaisons faites par Brøgger [9] et par Pompeckj [14]. Ce sont principalement les espèces suivantes : *Euloma Filacovi*, *Niobe Ligneresi*, *Harpides Villebruni*, *Symphisurus Sicardi*, *Dicellocéphalina Barroisi*.

Au-dessus viennent des schistes, qui, à Boutoury, renferment, d'après Ch. Barrois [16], des *Didymograptus* et des *Tetragraptus* et que l'on doit, par conséquent, rapporter à l'Arenig inférieur et moyen. A l'Arenig supérieur appartiennent sans doute des grès à *Lingula Lesueuri*, *Dinobolus Brimonli*, qui sont identiques au grès Armoricaïn de Bretagne et au grès à *Phycodes* de Thuringe. Ils renferment eux aussi des empreintes mécaniques auxquelles on a donné les noms de *Cruziana*, de *Phycodes*, de *Vexillum*.

Puis viennent des schistes à nodules calcaires ou « gâteaux », renfermant de grands Trilobites (*Asaphus Fourneti*, *Illænus*) et *Didymograptus enodus*. Ils correspondent au Llandeilo et aux schistes d'Angers.

L'Ordovicien se termine par des schistes à *Orthis* (*O. Actoniæ*, *O. calligramma*, *vesperlilio*, etc.), à bancs calcaires dans la partie supérieure et nombreux Cystoïdés (*Corylocrinus*, *Juglandocrinus*, *Caryocystites*).

*Alpes orientales.* — Sur le versant septentrional des Alpes orientales, l'Ordovicien est représenté par des schistes sans fossiles, faisant suite à des quartzophyllades vraisemblablement d'âge cambrien. Dans les Alpes Carniques, par contre, il est fossilifère. Il est constitué par les couches de Mauthen, série schisteuse, atteignant 1 500 à 2 000 m d'épaisseur et présentant des intercalations de grauwackes, de quartzites, de calcaires et de roches éruptives.

D'après Frech, les fossiles se rencontrent surtout dans les lentilles calcaires; ce sont des Brachiopodes (*Orthis Actoniæ*, *Strophomena grandis*, *Porambonites*), des Monticuliporidés, des Gastéropodes (*Strophostylus*). Les analogies de cet Ordovicien supérieur avec celui de la Montagne Noire permettent de conclure à une communication directe entre les deux pays [34].

*Pyrénées et péninsule Ibérique.* — Le Silurien des Pyrénées est encore assez mal connu. On y a signalé, dans la région centrale, des schistes carbonurés, des grauwackes à *Echinosphærites* et *Orthis Actoniæ*, des schistes à *Trinucleus*, qui appartiennent à l'Ordovicien.

Dans les environs de Barcelone, d'après les recherches du chanoine Almera, l'étage de Tremadoc serait représenté avec sa faune caractéristique. Il semble manquer dans le reste de l'Espagne et au Portugal, où les grès de l'Arenig seraient en général transgressifs. L'Ordovicien de ces régions a les plus grandes affinités avec celui du massif Armoricaïn.

Le grès Armoricaïn est représenté dans les Asturies [XXXII, 32], en Aragon [XXXII, 33], dans la Nouvelle-Castille, dans le Nord du Portugal. Les schistes qui lui font suite renferment, comme en Bretagne, *Calymmene Tristani*, *Dalmanites Phillipsi*, *Placoparia Tourneminei*, *Uralichas Ribeiroi*, etc. L'Ordovicien supérieur est représenté par des calcaires ou des grauwackes à *Orthis Actoniæ* (Catalogne, Aragon), ou par des schistes à *Trinucleus* (Portugal).

Le grès Armoricaïn, les schistes à Calymènes et les calcaires à *Orthis Actoniæ* sont donc des niveaux remarquablement constants dans l'Ordovicien de tout le Sud-Ouest de l'Europe. Il y a là un cycle de sédimentation tout à fait remarquable [34].

*Sardaigne.* — Rien jusqu'ici ne permet de faire croire, en Sardaigne, à une

lacune entre le Cambrien et l'Ordovicien, qui lui succède en concordance. Le *calcare metallifero* est envisagé par Bornemann comme un terme de passage, dont la base serait cambrienne et le sommet ordovicien. A sa partie supérieure, il alterne avec des schistes à *Dalmanites* et *Conularia*.

On connaît aussi, dans l'Iglesiente, des grauwackes et des grès grossiers à *Cruziana*, mais l'étude détaillée de l'Ordovicien de Sardaigne, de même que celle du Cambrien, est encore à faire.

ASIE ET AUSTRALIE. — L'Ordovicien étant totalement inconnu dans le Sud-Est de l'Europe, le seul jalon intermédiaire que nous possédions entre les affleurements des Provinces Baltiques et ceux de la Sibérie est constitué par les gisements de fossiles que Fr. Nansen a découverts tout au début de la première expédition du *Fram* sur la côte sud du détroit de Yougor, à l'extrémité septentrionale de l'Oural. Leur étude paléontologique a été faite par Joh. Kiær [35]. D'ailleurs, les schistes calcaires du principal gisement n'ont guère fourni que quelques Brachiopodes (*Orthis cf. parva*, *Platystrophia biforata*, *Strophomena Nanseni*, *Plectambonites sericeus*) et des restes de Trilobites spécifiquement indéterminables, qui permettent cependant d'attribuer ces couches avec certitude à l'horizon à *Asaphus platyurus* de Christiania et d'Esthonie.

Les couches siluriennes découvertes par Keyserling non loin de l'Ilytch, tributaire de la Petchora, appartiennent, d'après Kiær, à un niveau plus récent.

Sibérie. — L'Ordovicien de Sibérie est encore peu connu et ses relations avec le Cambrien sont mal définies.

A Kriwolousk, sur la Léna, von Toll a recueilli, dans des grès des *Asaphus*, des *Phacops* et des *Primilia* et il a montré l'extension de ces mêmes grès vers l'ouest, jusqu'à la moyenne Toungouska, où des couches à gypse et à sel gemme viennent s'y intercaler. Dans la même région affleurent des calcaires qui ont fourni à Lindström des Coralliaires (*Favosites gothlandicus*) appartenant à des espèces de l'Ordovicien le plus élevé [36]. Sur l'Angara, le Silurien inférieur, toujours horizontal, renferme d'épaisses nappes intrusives de diabases, de gabbros, de porphyrites [0,22, III, p. 35].

Chine. — L'Ordovicien existe en plusieurs points de la Chine, mais nulle part on n'a observé une succession de niveaux caractérisés par des faunes distinctes. Il est représenté par les calcaires de la partie supérieure du système Sinien et se termine par des dolomies, que Lorenz attribue à une phase lagunaire préparant l'émersion complète.

Dans la presqu'île de Liao-toung, la présence de l'Ordovicien n'est indiquée que par quelques Nautiloïdés. Dans le Chan-toung il en était de même avant les recherches de Th. Lorenz [XXXII, 39] et de Bailey Willis et Blackwelder [XXXI, 48]. Ces auteurs ont recueilli des *Asaphus*, des Gastéropodes, des Brachiopodes (*Plectambonites sericeus*). Dans le Chen-si, Martelli [37] a également signalé des Brachiopodes ordoviciens. Le Se-tchouan a fourni des Trilobites (*Calymmene*, *Asaphus*, *Trinucleus*), des Brachiopodes (*Orthis*), des Coralliaires. L'auteur a entre les mains un Nautiloïde (*Trocholites*) ordovicien, provenant du Hou-pe<sup>1</sup>. Sur le cours moyen du Yang-tse, les membres de l'expédition Carnegie ont recueilli de nombreux Trilobites (*Asaphus*, *Ampyx*, *Isolelus*) et des Brachiopodes (*Dalmanella*, *Plectorthis*, *Clitam-*

1. Recueilli à Nina-chean, à 40 milles au N.E. de la ville d'ltchan sur le Yang-tse, par M. Fauvel, officier des Douanes impériales chinoises.

bonites). Plus près de l'embouchure de ce fleuve, à Loun-chan, se trouvent des calcaires que leurs fossiles (*Asaphus*, *Endoceras duplex*, *Raphistoma sinense*, etc.) ont fait attribuer par Frech [38] à l'Ordovicien inférieur. Dans le Yunnan méridional, enfin, Loczy [XXXI, 17] a observé un calcaire à Crinoïdes et Cystoïdés. Toutes ces faunes dénotent des affinités incontestables avec l'Ordovicien de Scandinavie.

*Himalaya et Birmanie.* — A Spiti, le Cambrien supporte en discordance des schistes et quartzites ordoviciens, qui débent par un conglomérat et renferment quelques bancs calcaires. On y a trouvé des Trilobites (*Calymmene*, *Asaphus*, *Illænus*, etc.), des Brachiopodes, des Coralliaires [39]. Les calcaires de Niti sont caractérisés par une faune de Brachiopodes (*Porambonites*).

L'Ordovicien des états Chan en Birmanie, représenté par les couches de *Naungkangyi* [40], a fourni des faunes exceptionnellement riches en Cystoïdés d'une belle conservation (10 espèces environ), en Bryozoaires, en Brachiopodes (*Rafinesquina*, *Plectambonites*, *Orthis*, *Porambonites*, etc.). Les restes de Trilobites sont moins nombreux et plus incomplets (*Calymmene birmanensis*, *Pliomera insangensis*, etc.). Les analogies avec l'Ordovicien inférieur des Provinces Baltiques sont particulièrement frappantes.

*Australie et Nouvelle-Zélande.* — Tandis qu'en Sibérie, en Chine et en Birmanie, l'Ordovicien paraît être exclusivement représenté par des formations néritiques, il est constitué, dans toute la chaîne côtière orientale de l'Australie et dans son prolongement en Tasmanie, de même qu'en Nouvelle-Zélande par des schistes à Graptolithes, c'est-à-dire par des formations bathyales.

Plusieurs des zones de l'Europe septentrionale ont été retrouvées dans le même ordre de superposition, avec des espèces identiques ou représentatives [41]. Ce sont notamment des formes appartenant aux genres *Bryograptus*, *Didymograptus*, *Phyllograptus*, puis, plus haut, *Climacograptus*, *Diplograptus* et *Dicellograptus*. On a recueilli aussi quelques Trilobites. Ces schistes à Graptolithes sont aurifères.

Dans le Centre de l'Australie, on signale un *Orthis* voisin d'*Orthis Actoniæ*, c'est-à-dire de la forme la plus caractéristique, dans l'Europe occidentale, des calcaires de l'Ordovicien supérieur. Il y aurait peut-être là des formations néritiques.

AMÉRIQUE. — Au début de l'Ordovicien, la distribution des terres et des mers, dans l'Amérique du Nord, ne diffèrait guère de ce qu'elle était à la fin du Cambrien, et les conditions bathymétriques étaient sensiblement les mêmes. A l'ouest et à l'est, se trouvaient les deux géosynclinaux des Montagnes Rocheuses et des Appalaches, reliés entre eux, sans doute, par une dépression qui contournaît au sud le bouclier Canadien, en passant par le Texas, l'Oklahoma et l'Arkansas.

Nous étudierons successivement chacun des deux géosynclinaux, puis nous passerons à la région intermédiaire, c'est-à-dire aux états du Centre, où l'Ordovicien est représenté, de même que le Cambrien supérieur, par des formations néritiques ou *épicontinentales*, comme disent les auteurs américains. Nous terminerons par un aperçu très sommaire des dépôts ordoviciens dans le Centre du Canada et dans l'Amérique arctique.

Pour nous guider, il est nécessaire que nous soyons familiarisés avec la nomenclature américaine, qui a pris ses principaux types dans l'état de New-York <sup>1</sup>.

1. Ces subdivisions sont par excellence des *formations* et non des termes d'une valeur

Elle peut être résumée de la manière suivante :

Ordovicien supérieur ou CINCINNATIEN.	}	Couches de Richmond.	}	Groupe d'Hudson River.
		— de Lorraine.		
	Schistes d'Utica.			
Ordovicien moyen ou MOHAWKIEN.	Calcaire de Trenton.			
	— de Black River.			
	— de Lowville.			
Ordovicien inférieur ou CANADIEN.		— de Chazy.		
		— de Beekmantown.		

*Ouest des États-Unis.* — La coupe d'Eureka (fig. 212) peut être prise comme type d'une succession ordovicienne dans l'Ouest.

Le calcaire de Pogonip fait suite aux schistes de Hamburg avec faune potsdamienne. Il renferme lui-même, à côté d'espèces propres, un mélange de formes cambriennes et ordoviciennes (*Agnostus*, *Ptychoparia*, *Asaphus*, *Niobe*, *Megalaspis*, *Dicellosephalus*, etc.). Puis viennent les quartzites d'Eureka et des calcaires, dont les faunes, étagées à des niveaux successifs, établissent le synchronisme avec les calcaires de Beekmantown et de Chazy de l'Est. Les termes supérieurs de l'Ordovicien manquent totalement dans tout l'Ouest, de même que le Gothlandien, par suite de mouvements orogéniques consécutifs du remplissage du géosynclinal, dans lequel l'Algonkien, le Cambrien et l'Ordovicien, parfaitement concordants, atteignent de très grandes épaisseurs.

Dans la Colombie Britannique et dans l'Alaska Range, l'Ordovicien est représenté par des schistes à Graptolithes. De même, dans l'Arkansas, des schistes à *Phyllograptus* et des schistes à *Dicellograptus* s'intercalent dans une puissante série de quartzites avec novaculite.

Dans les Montagnes Rocheuses, l'Ordovicien existe en divers points, dans le Montana, le Wyoming, le South Dakota, le Colorado. Il fait suite d'ordinaire au Cambrien, mais il est quelquefois transgressif. Dans les monts Bighorn, dans le Wyoming, Darton [42] a signalé récemment une couche à Poissons au-dessous de calcaires renfermant une faune marine ordovicienne, mais il ne donne aucun renseignement sur la nature et sur le mode de conservation de ces Poissons eux-mêmes.

*Versant atlantique.* — L'Ordovicien d'Acadie est si particulier, en raison des intercalations de roches éruptives que l'on y observe, que nous ne pouvons nous y arrêter.

Nous commençons notre aperçu par une bande plus occidentale, qui s'étend de l'embouchure du Saint-Laurent, par Québec et le lac Champlain, jusqu'à la chaîne des Appalaches, qu'elle suit dans toute sa longueur.

L'Ordovicien y débute par des calcaires ou des grès calcarifères (*CalCIFEROUS*), connus aujourd'hui sous le nom de *Beekmantown*. C'est un niveau très constant dans tout l'Est et le Centre des États-Unis, où il fait suite en concordance au Potsdamien. Sa faune est très riche (*Receptaculites calciferus*, *Camarella calcifera*, *Maclurea matutina*, *Murchisonia linearis*, *Conocardium Blumenbachi*, *Lituites imperator*, *Orthoceras Lamarcki*, *Asaphus canalus*, *Bathyurus amplimarginatus*).

Immédiatement après le dépôt de ces calcaires, la bande qui nous occupe fut le théâtre d'une ébauche de mouvements orogéniques. Deux longues

générale, basés sur des changements de faunes ou sur des déplacements des lignes de rivage interrégionaux.

rides ou géanticlinaux parallèles prirent naissance (fig. 221), qui constituèrent des obstacles à la communication des eaux du versant atlantique avec la mer du Centre, analogues à ceux qui existaient déjà au Cambrien. E. O. Ulrich et Ch. Schuchert [43] en ont reconstitué le tracé; ils appellent barrière des Green Mountains et de Chilhowee celle de l'est (A A'); barrière de Québec et de Rome, celle de l'ouest(BB'). Entre les deux se trouvait une sorte de chenal, le géosynclinal de la vallée des Appalaches.

A la suite de ces mouvements, la mer n'occupait plus que deux golfes ouverts vers le N.E., l'un à l'est, l'autre à l'ouest de la barrière de Québec. Dans le premier, qui correspondait au nord du synclinal de la vallée des Appalaches et s'étendait, au sud, jusque vers Albany, se déposaient les *schistes de Levis* à *Phyllograptus*, dont la faune accuse des affinités remarquables avec le Nord de l'Europe. On y observe des intercalations de bancs calcaires à Trilobites (*Asaphus*, *Amphion*, *Ampyx*, *Cheirurus*, *Illænus*, etc.), à Céphalopodes et des conglomérats, dans lesquels se trouvent à l'état remanié des fossiles du Cambrien supérieur et même inférieur.

Dans le second golfe, qui atteignait vers l'est la vallée de l'Ottawa, au Canada, se déposait, par contre, le *calcaire de Chazy*, avec nombreux Brachiopodes, Gastéropodes et Céphalopodes.

A Deep Kill, près Albany, les calcaires de Beekmantown et de Chazy

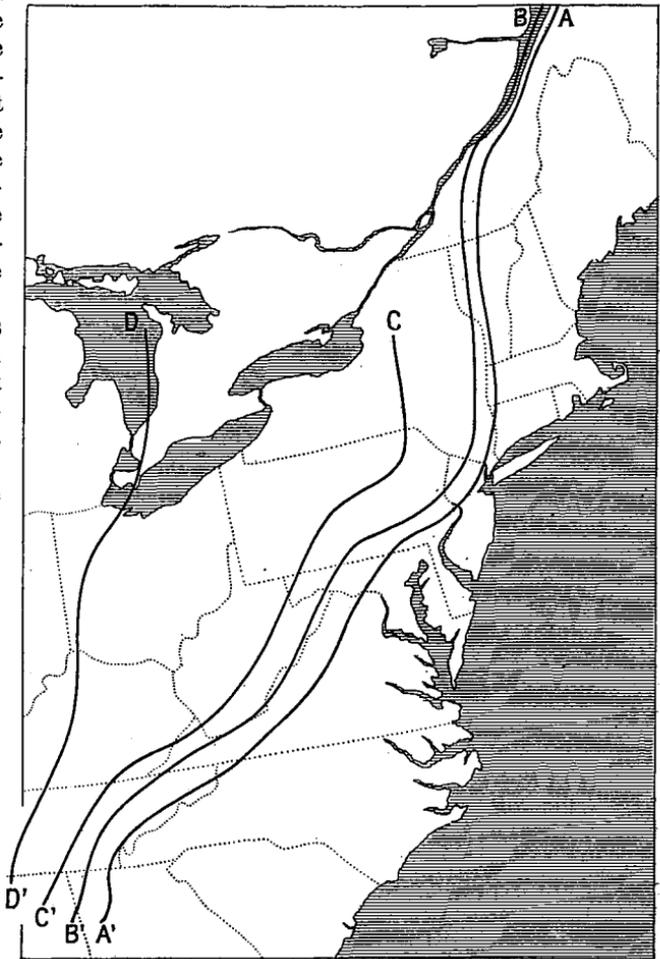


Fig. 221. — Carte des géanticlinaux fonctionnant comme barrières au Silurien et au Dévonien dans la région appalachienne (d'après E. O. ULRICH et CH. SCHUCHERT).

AA', barrière des Green Mountains et de Chilhowee; BB', barrière de Québec, de la vallée des Appalaches et de Rome; CC', barrière de Holderberg; DD', axe de Cincinnati.

sont remplacés par des schistes à Graptolithes, dans lesquels Ruedemann a pu reconnaître l'existence de trois zones successives à *Tetragraptus*, à *Didy-mograptus bifidus* et à *Diplograptus dentatus* [44].

La formation de ces couches de Chazy fut suivie d'une émergence dans le golfe occidental, tandis que dans le chenal oriental se déposaient, sur les schistes de Levis, des calcaires à *Dicellograptus*, renfermant de nombreux fossiles à affinités européennes (*Agnostus*, *Ampyx*, *Aeglina*, *Paterula*). Puis une transgression assez générale, venue de l'ouest, c'est-à-dire de la région centrale ou mississippienne des États-Unis, envahit toute la région du Nord-Est et la mer déposa successivement les calcaires de *Black River*, à Céphalopodes (*Gonioceras*, *Estonioceras*, *Endoceras*) et Coralliaires, et les calcaires de *Trenton*, riches en Trilobites (*Isotelus gigas*, *Cheirurus pleurexanthemus*), en Céphalopodes (*Trocholites*, *Endoceras*), en Brachiopodes (*Platystrophia lynx*, *Strophomena alternata*, *Rhynchonella increbescens*, etc.), en Monticuliporidés. Des intercalations schisteuses renferment des Cystoïdés et des Crinoïdés très nombreux, ou encore, comme à Normanskill, près New-York, des Graptolithes (*Dicellograptus*, *Diplograptus amplexicaulis*) [48]. L'affaissement de la région appalachienne allant en s'accroissant, les barrières disparaissent complètement et la sédimentation devient argileuse avec les schistes d'*Ulica*, où l'on retrouve, à côté de Trilobites comme *Triarthrus Becki*, les genres et les espèces caractéristiques des schistes à *Dicellograptus* de l'Europe septentrionale (*Diplograptus pusillus*, *Climacograptus bicornis*, *Dicranograptus*, etc.). La formation des grès de *Lorraine*, à *Diplograptus foliaceus*, Trilobites (*Trinucleus*, *Triarthrus*, *Calymene*), Brachiopodes et Lamellibranches, correspond au comblement graduel du géosynclinal des Appalaches. Les couches les plus récentes de l'Ordovicien (*Richmond*) manquent dans presque toute la région appalachienne, de même que le Gothlandien.

Cette émergence correspond à une phase de plissement intense, principalement sur l'emplacement du chenal de la vallée des Appalaches et, plus à l'est, dans la Nouvelle-Angleterre, où prirent naissance, à cette époque, les monts Taconiques. Il se forme en outre un nouveau géantoclinal, celui de Helderberg (CC'), à l'ouest des deux autres (AA', BB'), qui désormais isolera le bassin de Cumberland de la mer du Centre et c'est par le nord-est que ce bassin sera envahi par les eaux atlantiques (fig. 221).

*Région mississippienne.* — Les dépôts ordoviciens des états du Centre ou région mississippienne diffèrent principalement de ceux de l'Est par un caractère plus néritique et par une épaisseur bien moindre de l'ensemble de la série. Tandis que dans l'Est ils ont été plissés, dans le Centre ils ont en général conservé à peu près leur horizontalité primitive, sauf dans les deux vastes dômes de Cincinnati (*Cincinnati Uplift*) [45] et de Nashville, où c'est précisément grâce à ces bombements que les couches siluriennes affleurent au milieu d'une région où elles sont généralement recouvertes par des dépôts d'âge plus récent (fig. 222). Dans l'Ohio et dans l'Indiana le calcaire de Trenton est imprégné de carbures d'hydrogène d'origine organique, qui sont exploités au moyen de puits assez profonds.

A aucun moment la mer ordovicienne du Centre n'a atteint de grandes profondeurs, les oscillations de la partie méridionale du bouclier Canadien ont donné lieu à des émergences fréquentes et de courte durée, mais la succession est à peu près complète, sans discordance entre les différents termes.

Après la période de Beekmantown le retrait de la mer a été général, puis

la transgression a commencé par le sud, pour s'étendre graduellement vers le nord.

La série est presque entièrement calcaire, il n'existe aucun terme analogue aux schistes à Graptolithes de l'Est. Même les schistes d'Utica sont remplacés soit par des calcaires (*calcaires de Galena* à *Cheirus pleurexanthemus* et *Isotelus gigas*), soit par une formation particulière, le groupe de *Cincinnati*, représentée dans l'Ohio et le Tennessee par des alternances répétées de calcaires et d'argiles, très riches en Trilobites (*Isotelus gigas*, *Calymene senaria*, *Cheirus pleurexanthemus*), en Brachiopodes (*Platystrophia*

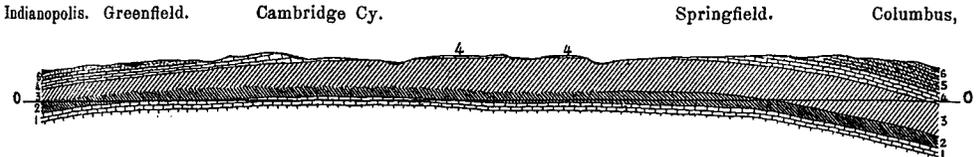


Fig. 222. — Coupe du dôme de Cincinnati (d'après EDWARD ORTON).

1, calcaire de Trenton; 2, schistes d'Utica; 3, schistes d'Hudson River et de Medina; 4, calcaires du Niagara; 5, calcaires de Helderberg supérieurs; 6, schistes d'Ohio. — 1-3, Ordovicien; 4, Gothlandien; 5, 6, Dévoisien. — 00, niveau de la Mer.

*lynx*, *Plectambonites sericeus*, *Dinorthis retrorsa*, etc.), en Monticuliporidés, en Crinoïdes et en Coralliaires.

*Canada central et Amérique arctique.* — L'Ordovicien s'étend en transgression vers le nord sur le bouclier Canadien. Il affleure sur de grandes surfaces dans le Manitoba et dans l'Athabasca. Il comprend les termes suivants :

- 1° grès à Brachiopodes (*Strophomena trilobata*, *Orthis testudinaria*), les grès du Winnipeg;
- 2° calcaires à Trilobites (*Asaphus maximus*, *Illænus americanus*, *Lichas cornutus*) et à Tabulés (*Halysites*, *Favosites*);
- 3° calcaires marneux, correspondant peut-être aux schistes d'Utica.

A l'est de la baie d'Hudson, il repose directement sur les terrains cristallophylliens, où des calcaires à *Orthoceras*, *Cyrtoceras*, *Halysites* atteignent une assez grande épaisseur.

Les calcaires de Port Clarence, dans la presqu'île Seward, sur la côte est du détroit de Bering, sont incontestablement ordoviens. Ils renferment, d'après Schuchert, des *Illænus*, des Gastéropodes (*Maclurina manitobensis*, *Raphiostoma*), divers Brachiopodes, parmi lesquels le genre *Porambonites*, inconnu dans le reste de l'Amérique, des Coralliaires (*Halysites*, *Syringopora*, *Columnaria*), des Algues calcaires (*Girvanella*).

L'Ordovicien existe en divers points dans l'Amérique arctique.

Boas a rapporté des bords du lac Kennedy, dans la terre de Baffin, de nombreux fossiles, parmi lesquels Steinmann [46] a pu déterminer divers Trilobites (*Enerinurus*, *Illænus*, *Sphærezochus*), des *Leperditia*, des Céphalopodes (*Orthoceras*, *Gonoceras*, *Endoceras*, *Cyrtoceras*), des Gastéropodes (*Maclurea*, *Murchisonia*), des Brachiopodes (*Orthis emacerata*, *O. insculpta*, *Strophomena rhomboidalis*), des Crinoïdes, des Coralliaires (*Streptelasma corniculum*, *Syringopora*, *Halysites*, *Heliolites*, etc.), *Receptaculites occidentalis*. Aux abords du pôle magnétique l'Ordovicien est représenté par des dolomies fossilifères.

Plus au nord, sur les rivages de la mer de Kane et du canal Kennedy, l'expédition du capitaine Nares a observé un grand développement de couches siluriennes inclinées, mais non plissées, correspondant à l'Ordovicien et au Gothlandien, mais le départ entre les deux groupes des nombreux fossiles recueillis et étudiés ensuite par Etheridge [47] n'a pu être fait d'une manière satisfaisante.

Enfin, sur la côte est du Groenland, la présence de l'Ordovicien est basée sur un fossile isolé, attribué par Frech [6] à une espèce Baltique, *Caryocystites granatum*.

Nous ne quitterons pas les régions boréales sans dire un mot de la formation de Heclaohök, qui, au Spitzberg et à l'île aux Ours [48], est le plus ancien des terrains paléozoïques. Elle débute par des calcaires qui ne renferment que des fossiles spécifiquement indéterminables, mais certainement ordoviciens (*Actinoceras*, Crinoïdes, *Strophomena*, Bryozoaires, *Tetradium*) (fig. 236).

Puis viennent successivement des quartzites, des grès et des dolomies, gris ou rouges, et des schistes bigarrés, le tout sans fossiles et représentant peut-être la partie supérieure du Silurien.

*Amérique du Sud et Afrique.* — Revenons maintenant, pour terminer cet aperçu, à des régions plus méridionales. Dans l'Amérique du Sud, l'Ordovicien existe dans les Andes et dans les chaînes plissées de la République Argentine. Il manque entièrement au Brésil.

Des schistes à Graptolithes ont été découverts au Pérou par Steinmann, près de Lima; en Bolivie, par J. W. Evans, au N.E. du lac Titicaca, et par Steinmann, Hoek et von Bistram, à Tarija, où affleurent également des schistes à Trilobites (*Asaphidæ*) et à Céphalopodes (*Orthoceras*, *Endoceras*). Des grès à *Cruziana*, analogues à ceux du massif Armoricaïn, possèdent une assez grande extension en Bolivie (pl. LXXVIII, 1).

La présence de l'Ordovicien dans le Nord-Ouest de la République Argentine a été établie par Em. Kayser [XXXII, 55, 56] par l'étude paléontologique de riches matériaux recueillis par Stelzner, Bodenbender et Brackebusch, qui comprennent des Trilobites (*Ampyx*, *Megalaspis Brackebuschi*, *Illænus*, *Thysanopyge argentina*, *Pterygometopus sallaensis*), des *Lilulites*, des *Maclurea*, *Orthis calligramma* et des Graptolithes du genre *Didymograptus*. Le Gothlandien n'existe pas dans la région.

Plus à l'est, dans les sierras du Sud de la province de Buenos-Ayres, dont le plissement date du milieu des temps paléozoïques, R. Hauthal attribue avec doute au Silurien des quartzites à *Arthropycus Harlani*.

Enfin, des schistes à Graptolithes, probablement ordoviciens, ont été observés dans les Orcades du Sud.

Jusqu'ici on n'a pas rencontré de fossiles de l'Ordovicien sur le continent Africain, mais il est probable que l'on devra attribuer à ce groupe des grès à ripple-marks redressés à la verticale, qui, d'après R. Chudeau et E. F. Gautier, supportent en discordance, dans le Mouydir (Sahara central), les grès éodévoniens (49 bis).

### 3° RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET PRINCIPAUX TYPES DU GOTHLANDIEN

EUROPE SEPTENTRIONALE. — Nous suivrons, dans cette étude sommaire du Gothlandien de l'Europe septentrionale, le même ordre que pour l'Ordo-

vicien et nous décrivons d'abord les séries bathyales des deux géosynclinaux des Grampians et de Scanie, pour passer ensuite aux séries néritiques de la Suède centrale, de l'île de Gothland et des Provinces Baltiques.

*Écosse.* — Le Gothlandien n'existe plus actuellement en Écosse que dans le Centre et le Sud. Sauf dans sa partie supérieure, son caractère bathyal est encore plus nettement accusé qu'à l'Ordovicien, même dans le district de Girvan, où, à l'époque précédente, se déposaient des conglomérats et des calcaires construits. Le faciès tout à fait prédominant est celui des schistes à Graptolithes, dans lesquels s'intercalent quelquefois des grès, des grauwackes, des calcaires, mais jamais des calcaires construits. Toutefois, à partir de l'étage de Wenlock, le caractère des dépôts se modifie complètement et les Graptolithes disparaissent [19, 20].

Les schistes à Graptolithes gothlandiens d'Écosse correspondent aux étages de Llandoverly (Tarannon compris) et de Wenlock du Pays de Galles. Les zones que l'on distingue aujourd'hui en Scanie sont en grande partie également représentées en Écosse; il y a cependant, dans les deux successions, d'assez nombreuses divergences, sur lesquelles il est inutile d'insister.

Dans le *Llandoverly inférieur* du district de Girvan, on trouve, concurremment avec les Graptolithes, en très grande abondance, des Trilobites (*Calymene*, *Cheirurus*, *Illænus*, *Lichas*, *Phacops*, *Bronteus*, etc.), des Céphalopodes, des Gastéropodes, des Lamellibranches, des Brachiopodes, des Bryozaires, des Zoanthaires. Dans les autres régions, on ne rencontre guère, à côté des Graptolithes, que des Phyllocaridés. Le *Llandoverly supérieur* (Tarannon) est partout constitué par des schistes à Graptolithes, dont l'épaisseur peut dépasser un millier de mètres.

Le *Wenlock* des environs de Blair et de Straiton, dans l'Ayrshire, est en partie grossièrement détritique. Aux Graptolithes s'associent des Entomostracés (*Beyrichia Klædeni*), des Trilobites, des *Orthoceras*, des Lamellibranches (*Cardiola interrupta*, *Grammysia*, *Pterinea*, etc.), des Brachiopodes. Les *Riccarton beds* du Sud, par contre, sont formés d'alternances régulières de schistes à Graptolithes et de bancs calcaires ou gréseux à Brachiopodes et à Coralliaires, accusant des oscillations continuelles du fond de la mer.

Les termes supérieurs du Gothlandien ne sont conservés que dans le Lanarkshire et les Pentland Hills, où ils affleurent en anticlinaux au milieu d'une région dévonienne. Le *Ludlow* est formé d'argiles avec concrétions, de schistes et de grès; il est caractérisé par une faune très intéressante, où prédominent les Phyllocaridés (*Ceraticaris*) et les Gigantostracés (*Euryplerus*, *Pterygotus*, *Slimonia*, etc.). On y a trouvé aussi un Scorpion (*Palæophonus*) et un Myriapode (*Archidesmus loganensis*). Malgré la présence de ces deux Arthropodes à respiration aérienne, on est certainement en présence de véritables dépôts marins, comme l'indiquent les bancs gréseux à *Platyschisma helicles* (Gastéropode) et *Modiolopsis complanatus* et la présence accidentelle de Trilobites, d'Orthocères et de Brachiopodes. Dans les Pentland Hills on trouve même des Graptolithes, appartenant aux espèces des zones supérieures de Scanie.

Le Downtonien comprend :

1° des grès jaunes et rouges sans fossiles, débutant par un conglomérat de base et cependant concordants avec le Ludlow;

2° des argiles rouges et vertes, avec bancs de grauwacke et de schistes charbonneux, renfermant des Gigantotraccés (*Eurypterus*, *Pterygotus*, *Slimonia*, etc.) et des Poissons Placodermes, décrits par Traquair (*Thelodus*, *Lanarkia*, *Ateleaspis*, *Birkenia*, *Lasanius*);

3° des conglomérats à galets de quartzite et des grès brun-chocolat, qui supportent souvent en discordance les conglomérats de base du Dévonien.

Le caractère lagunaire du Downtonien résulte de la nature des sédiments et du fait que plusieurs des espèces de Gigantotraccés les plus caractéristiques de sa faune se trouvent également plus bas, associés soit à des Graptolithes, soit à des Brachiopodes.

*Norvège.* — Le Gothlandien du géosynclinal de Norvège a subi, comme l'Ordovicien, auquel il fait suite en concordance, un métamorphisme souvent très intense. Cependant on y trouve encore, en plusieurs points, des fossiles reconnaissables. C'est au Gothlandien qu'appartiennent les célèbres Trilobites des micaschistes de Bergen, découverts par Hans Reusch [21], et les calcaires à Gastéropodes et à Coralliaires intercalés dans cette série métamorphique. D'une manière générale, la nature des fossiles indique des eaux moins profondes qu'en Écosse, les schistes à Graptolithes faisant place à des alternances de schistes et de calcaires néritiques. On signale, en effet, en divers points, des Brachiopodes. Le contraste entre le faciès du versant norvégien de la Scandinavie et de la région charriée d'une part, et le faciès des régions suédoises non charriées de l'autre, est donc bien moindre au Gothlandien qu'à l'Ordovicien.

*Scanie et île de Bornholm.* — Le Gothlandien est représenté en Scanie par une succession de schistes à Graptolithes plus uniforme encore que celle de l'Ordovicien [14, 22 bis]. Les intercalations calcaires ont complètement disparu. La succession des zones a été donnée plus haut. On distingue un groupe inférieur, les schistes à *Rastrites*, qui comprend 8 zones; un groupe moyen, les schistes à *Cyrtograptus*, qui comprend 7 zones; et un groupe supérieur, dont la base seulement renferme des Graptolithes. Ce sont les schistes à *Monograptus colonus*, zone unique, que surmontent des marnes avec lentilles de calcaires et des grès blancs ou rouges. Ces couches terminales néritiques ont été placées au niveau du Downtonien, mais leur faune est beaucoup plus variée et accuse un caractère moins lagunaire. On y trouve surtout des Gigantotraccés (*Eurypterus*, *Pterygotus*), des Trilobites, des Céphalopodes, des Gastéropodes, des Lamellibranches, des Brachiopodes, des Crinoïdes, des Coralliaires, etc.

Le Gothlandien de l'île de Bornholm est constitué exclusivement par des schistes à Graptolithes; les grès supérieurs de Scanie n'y sont pas connus.

*Scandinavie centrale.* — Les sédiments calcaires jouent au Gothlandien, dans le Centre de la Suède, un rôle beaucoup moins important qu'à l'Ordovicien. Souvent, comme en Dalécarlie, le faciès des schistes à Graptolithes prédomine. Dans le Jemtland, la série comprend, d'après Wiman [50], les termes suivants :

1° schistes à Brachiopodes, avec *Encrinurus multisegmentatus*, *Atrypa crassicosta*, *Strophomena rhomboidalis*, *Plasmapora conferta*;

2° quartzite à *Phacops elliptifrons*, *Strophomena pecten*, *Halysites catenularius*;

3° calcaire à Pentamères, avec *Encrinurus punctatus*, *Orthoceras cochleatum*, *Strophomena*, nombreux *Favosites* et autres Coralliaires;

4° schistes à Graptolithes supérieurs, avec nombreux *Monograptus*, *Diplograptus palmeus*.

Le Gothlandien supérieur manque. Dans les environs de Christiania, le début du Gothlandien est marqué par une très grande variété de faciès, déposés dans des eaux d'une faible profondeur. Joh. Kiaer [51] distingue entre autres dans le 1<sup>er</sup> niveau un faciès à *Rhabdoporella*, Siphonée verticillée donnant naissance à des calcaires phytogènes; un faciès calcaire à Gastéropodes; des faciès plus ou moins gréseux. Le même auteur reconnaît dans le 2<sup>e</sup> niveau 10 faciès différents : argiles à Brachiopodes, calcaire à *Holorhynchus giganteus*, dalles calcaires ou lumachelles à *Barrandella Kjerulft*, grès calcarifères, calcaires oolithiques, brèches, etc. Les couches suivantes sont plus uniformes et le faciès schisteux prédomine, avec cependant plusieurs niveaux calcaires. Kiaer a proposé pour l'ensemble une division en zones, basée sur la succession des Brachiopodes appartenant aux familles des *Stricklandiniidæ* et des *Pentameridæ*.

Dans le Götaland le Gothlandien n'a qu'exceptionnellement échappé à la dénudation.

L'île de Gotland est entièrement formée par le Silurien supérieur (fig. 223),

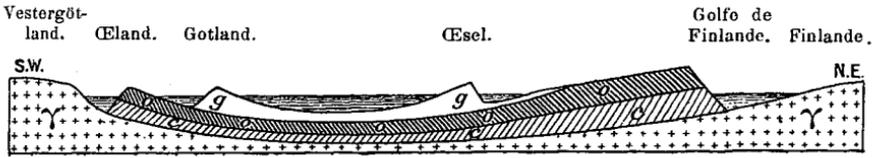


Fig. 223. — Coupe schématique à travers les régions siluriennes de la Baltique (d'après F. SCHMIDT).

γ, granite; c, Cambrien; o, Ordovicien; g, Gothlandien.

qui s'y trouve au complet et avec une richesse en fossiles incomparable. La succession, d'après les travaux de Lindström [52] et de Dames [53], peut être résumée de la manière suivante :

1<sup>o</sup> schistes marneux rouges, avec *Phacops quadrilineatus*, *Encrinurus laevis*, *Cyrtia exporrecta*, etc.;

2<sup>o</sup> marnes à *Stricklandinia lyrata* et autres Brachiopodes, avec Trilobites et Zoanthaires; 3<sup>o</sup> couches de l'âge de Wenlock, avec plusieurs faciès distincts, très fossilifères (faune corallienne de Wisby, faunes à Brachiopodes variés, faune des grès du Sud de l'île, avec Lamellibranches et *Homalonotus Knighti*);

4<sup>o</sup> calcaires à *Orthis*;

5<sup>o</sup> couches à *Pterygotus*, ayant fourni le plus ancien Scorpion connu (*Palaeophonus nuntius*);

6<sup>o</sup> calcaires à Crinoïdes, à Zoanthaires, ou à Céphalopodes;

7<sup>o</sup> calcaires à Céphalopodes supérieurs (*Phragmoceras*, *Gomphoceras*, *Orthoceras*).

Les belles recherches de Wiman [54] ont montré l'existence, à Gotland, de véritables récifs coralliens, constituant, par exemple aux environs de Lickershamn, des intercalations lenticulaires de calcaires non stratifiés dans des calcaires marneux stratifiés, dont les couches se relèvent au-dessus du récif (fig. 224) ou présentent sur ses bords des pénétrations en forme de coins. Ces récifs donnent naissance sur les côtes à des falaises abruptes ou *klintar*.

Dans les Provinces Baltiques, on retrouve les mêmes faciès à Zoanthaires, à Brachiopodes, à Céphalopodes, à Gigantotraccés qu'à Gotland, quoique dans un ordre différent. A côté de calcaires et de marnes, la série com-

prend également des dolomies. Les noms des subdivisions établies par F. Schmidt [23] sont empruntés tantôt à des localités, tantôt à un fossile caractéristique :

- 1° couches de Jörden ;
- 2° banc à *Pentamerus borealis* ;
- 3° couches de Raiküll ;
- 4° zone à *Pentamerus esthonus* ;
- 5° zone d'OEsel inférieure ;
- 6° zone d'OEsel supérieure.

La série est marine jusqu'au sommet.

Il résulte de cet aperçu que le contraste qui existait à l'Ordovicien entre les faciès des deux géosynclinaux des pays Scandinaves (chaîne axiale et Scanie-Bornholm), d'une part, et ceux de la région centrale intermédiaire, de l'autre, se maintient au Gothlandien, mais en s'atténuant, car les couches du Silurien supérieur du Centre de la Scandinavie se sont incontestablement déposées dans des eaux plus profondes que celles du Silu-

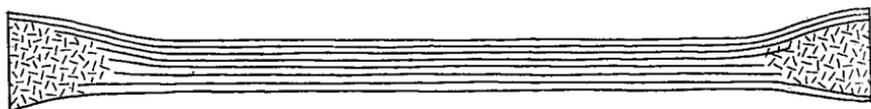


Fig. 224. — *Klintar* constitués par des calcaires zoogènes non stratifiés du Gothlandien, passant latéralement à des calcaires marneux stratifiés de même âge. Lickershamn, île de Gotland (d'après CARL WIMAN).

rien inférieur, ce qui indique un enfoncement graduel du bouclier Scandinave jusque vers la fin de la période. La fin de l'époque Gothlandienne est marquée, par contre, par un comblement des deux géosynclinaux, bientôt suivi d'une phase de plissement.

*Timan et Podolie.* — La plate-forme Russe ne semble pas avoir été occupée par la mer pendant les périodes cambrienne et ordovicienne, car le faciès des dépôts reconnus par les sondages dans le gouvernement de Minsk indique la proximité d'un rivage dans la direction de l'est. Au Gothlandien le nord et le sud-ouest de la plateforme se sont enfoncés sous les eaux, car, aussi bien dans le Timan qu'en Podolie, le terme supérieur du Silurien repose directement et en discordance sur des schistes métamorphiques d'âge indéterminé.

Dans le Timan, des dépôts siluriens fossilifères ont été découverts, il y a longtemps, par Keyserling [55]. Depuis, plusieurs explorateurs ont pu observer la superposition directe, en discordance sur des schistes à sérinite, de calcaires à faune gothlandienne. L'étude des fossiles par Lebedeff [56] a montré qu'ils appartiennent tous à un même horizon paléontologique, correspondant au Wenlock d'Angleterre et aux couches inférieures du Gothlandien des Provinces Baltiques. Ce sont des *Leperditia* (6 espèces), des Trilobites (*Encrinurus punctatus*, *Ilænus*, *Phacops*), des Gastéropodes (*Euomphalus*), des Brachiopodes (*Pentamerus*, *Leptæna*), des Coralliaires (*Cyathophyllum*, *Heliolites*, *Favosites*, etc.).

En Podolie [58-60], le Gothlandien recouvre de vastes surfaces et tous ses termes y sont représentés, depuis la base jusqu'au contact du Dévonien, qui lui fait suite en concordance. Les couches sont en général à peu près horizontales et ne présentent qu'exceptionnellement des flexures ou des plis

à très grand rayon de courbure, orientés S.E.-N.W. Elles n'affleurent d'ailleurs que dans le fond de vallées profondément encaissées, où leur souassement granitique n'est que rarement entamé par l'érosion.

Les premiers sédiments siluriens sont des arkoses et des schistes violets sans fossiles, que l'on a attribués à l'Ordovicien, mais qui paraissent plutôt correspondre au Llandovery, car ils sont immédiatement recouverts par des couches appartenant au Wenlock inférieur, auxquelles ils passent insensiblement [60].

Les variations de faciès d'une coupe à l'autre sont assez considérables. Dans le Wenlock et dans le Ludlow inférieur, ce sont soit des calcaires coralliens, soit des schistes à Brachiopodes, soit des bancs à Lamellibranches (*Grammysia rotundata*) ou à *Leperditia*, soit même à *Pterygotus*. Le Ludlow supérieur est constitué tantôt par un calcaire à *Orthoceras podolicum*, tantôt par des schistes à *Tentaculites*, qui s'élèvent souvent jusqu'au sommet du Downtonien, représenté ailleurs par des schistes à *Cucullella* ou par des calcaires à *Strophomena*.

*Angleterre.* — C'est dans les comtés du Centre de l'Angleterre qui confinent au Pays de Galles, dans les *Midland Counties*, qu'ont été établies, par Sedgwick et Murchison, les divisions classiques du Gothlandien; mais, tandis que la classification de l'Ordovicien était basée sur une série en majeure partie bathyale, ou tout au moins sur une succession de couches déposées dans un géosynclinal et ultérieurement plissées, il n'en est plus de même pour le Gothlandien, qui est essentiellement néritique dans ces comtés et n'a pas subi de plissements.

La région a été, de même que le Pays de Galles, le théâtre de mouvements orogéniques à la fin de l'Ordovicien, de sorte que les dépôts plissés de cette période supportent ceux du Gothlandien en discordance angulaire. Certaines parties sont restées exondées, tandis que d'autres étaient recouvertes par des eaux peu profondes, où pouvaient s'établir des récifs coralliens. La fin de la période est marquée par une phase lagunaire.

Le Llandovery débute par un conglomérat et par des grès, avec nombreuses intercalations de calcaires à Brachiopodes (*Pentamerus oblongus*) et Zoanthaires, et se termine par les schistes de Tarannon à *Rastrites peregrinus*.

L'étage de Wenlock comprend, à la base, les calcaires et schistes de Woolhope, avec *Actinoceras baccatum*, *Homalonotus delphinocephalus*, *Wilsonia Wilsoni*; puis, les puissants schistes de Wenlock, avec Trilobites, Brachiopodes, *Cardiola interrupta*, correspondant à un approfondissement momentané de la mer; enfin, le calcaire de Wenlock, extrêmement riche, surtout à Dudley, en fossiles d'une fort belle conservation : *Calymmene Blumenbachi*, *Enerinurus variolaris*, *Dalmania caudata*, *Rhynchonella Stricklandi*, *Strophomena rhomboidalis*, *Cyathocrinus*, *Hypanthocrinus*, *Halysites*, *Favosites*, *Acervularia*, *Palæocyclus*, etc.

Avec l'étage de Ludlow apparaissent les Poissons placodermes (*Scaphaspis*, *Hemiaspis*). Ils sont abondants, de même que les Gigantostracés (*Eurypterus*); les Astéroïdés (*Protaster*, *Palæaster*, *Palæocoma*), les Cystoïdés (*Echinocystites*), dans les schistes de Ludlow inférieurs, souvent gréseux. Le calcaire d'Aymestry, à *Pentamerus Knighti*, *Dayia navicula*, *Chonetes striatella*, sépare le Ludlow inférieur des schistes de Ludlow supérieurs, qui renferment surtout des Mollusques (*Orthoceras*, *Bellerophon*, *Platyschisma helicitis*) et des Brachiopodes (*Chonetes latus*).

Le Downtonien, qui tire son nom du château de Downton, dans le Herefordshire, est constitué à la base par des grès à Gigantostracés (*Pterygotus*, *Eurypterus*), à Lingules et à Végétaux, qui présentent vers le haut un ou deux lits à ossements (*bonebeds*), riches en débris de Poissons (*Onchus*, *Plectroodus*, *Thyestes*, *Pteraspis*, etc.). Les argiles de Ledbury reposent en concordance sur les grès de Downton et passent insensiblement, à leur partie supérieure, au Vieux Grès Rouge dévonien. Ce sont des argiles ou des marnes bariolées, avec bancs gréseux. On y trouve les mêmes organismes que dans les grès sous-jacents.

On voit, d'après ce qui précède, que les plus grandes analogies existent au Gothlandien entre les formations néritiques des Midland counties, celles de Gotland et des Provinces Baltiques et celles de Podolie.

*Pas-de-Calais et Ardenne.* — Les formations néritiques du Gothlandien s'étendaient peut-être dans la direction du sud-est jusque dans le Nord de la France, car des sondages ont montré la présence de calcaires gothlandiens en quelques points du Pas-de-Calais. A Liévin, notamment, ils renferment, d'après Ch. Barrois [61], *Calymmene Blumenbachi*, *Acaste Downingia* et de nombreux Brachiopodes, parmi lesquels *Dayia navicula*, dont la présence les fait attribuer au Ludlow moyen. A Méricourt, le même auteur a signalé des schistes à *Tentaculites* et à Brachiopodes [62], qu'il rapporte au Ludlow supérieur, tandis que les schistes à *Monograptus colonus* du sondage de Caffiers, dans le Boulonnais, représentent le Ludlow inférieur.

D'après les travaux de Malaise [28], les schistes à Graptolithes gothlandiens du versant nord de l'Ardenne se répartissent dans les trois étages du Llandovery, du Wenlock et du Ludlow. Mais les calcaires zoogènes ne font pas entièrement défaut, et l'on trouve par exemple à Cocriamont, en Sambre-et-Meuse, des calcaires à Crinoïdes avec les principales espèces de la faune de Dudley.

*Allemagne du Nord et Pologne.* — En nous dirigeant vers l'est, les premiers affleurements de Silurien que nous rencontrons sur la rive droite du Rhin sont ceux du Kellerwald, entre Kassel et Marburg. Dans ce massif, d'après les patientes recherches de Denckmann [63], le Gothlandien existe seul. Il est constitué principalement par des schistes et des grauwackes, mais on y observe aussi des intercalations de quartzites et de calcaires. Parmi ces dernières il y a lieu d'insister sur le calcaire noduleux de Gilsa, qui renferme des *Phacops* à petits yeux, des *Dalmanites*, *Tentaculites ornatus* et des *Agoniatites*. Ces derniers sont les plus anciens représentants connus de l'ordre des Ammonoïdés. Leur âge gothlandien résulte de la superposition, aux calcaires de Gilsa, de couches à *Monograptus*.

Dans le Harz, des schistes à *Monograptus* forment des anticlinaux pincés dans les couches dévoniennes, mais leur substratum est inconnu. Plus au sud, on connaît également le Gothlandien à Graptolithes dans les Sudètes et en Thuringe, où l'on a pu distinguer, comme en Scanie et en Écosse, des schistes à *Rastriles* à la base, puis des schistes à *Retiolites*, que des calcaires ocreux à *Cardiola interrupta* séparent de schistes alunifères à *Monograptus*.

Dans le Fichtelgebirge, près d'Elbersreuth, des calcaires rouges à *Orthoceras annulare* ont fourni *Encrinurus subvariolarius*, *Cheirurus propinquus*, *Cardiola interrupta* et autres Paléoconques, *Petraia semistriata*, etc.

Les schistes à Graptolithes du Gothlandien se rencontrent vers l'est jusqu'en Pologne. On peut y distinguer, d'après Gürich [29], des schistes à *Climacograptus scalaris* et *Monograptus priodon*, puis des schistes à *Monograptus colonus*, que surmonte une grauwacke à *Beyrichia Klædeni*, *Tentaculites ornatus*, etc.

Il est donc probable qu'une mer relativement profonde, correspondant à un large géosynclinal, dans lequel se déposaient des vases à Graptolithes, s'étendait de la Scanie et de Bornholm, au nord, jusqu'en Thuringe et en Pologne, au sud.

EUROPE CENTRALE ET MÉRIDIONALE. — Une région émergée, située sur l'emplacement actuel de l'Ardenne méridionale et de l'Eifel, séparait proba

blement au Gothlandien les mers du Nord de celles du Midi. Il est possible que, de même, une barrière ait existé entre la Pologne et la Bohême. Mais, dans l'intervalle, une libre communication devait sans doute subsister entre la Thuringe et le Sud.

Nous savons d'ailleurs encore peu de chose sur le Silurien de l'Allemagne du Sud et des régions voisines, comme le montre la découverte, faite par Bleicher, de Graptolithes dans les galets de lydienes contenus dans les conglomérats du Trias inférieur des Vosges. Il résulte des recherches d'Eug. Noël [64] que ces galets renferment une véritable faune, composée d'une trentaine d'espèces, appartenant aux genres *Climacograptus*, *Diplograptus*, *Rastriles*, *Monograptus*, *Retiolites* et représentant par conséquent le Gothlandien inférieur. *Monograptus priodon* et *vomerinus* indiqueraient seuls un niveau plus élevé. On doit supposer que ces matériaux ont été fournis par une région où affleuraient des schistes à lydienes gothlandiens, aujourd'hui entièrement détruits ou recouverts par des dépôts plus récents.

*Bohême.* — En Bohême, le passage de l'Ordovicien (D) au Gothlandien (E) est tout à fait insensible, si bien qu'à la limite de D<sub>3</sub> et de E, les faciès de ces deux niveaux présentent, comme l'a montré J. Jahn [29 bis], des alternances multiples, qui ont conduit Barrande à admettre l'existence de colonies de la faune E, ayant coexisté avec la faune D<sub>3</sub>. Toutefois beaucoup de ces colonies ne sont autre chose que des paquets de schistes à Graptolithes gothlandiens pincés, par suite de plissements, dans les couches de D<sub>3</sub> et même de D<sub>4</sub>.

Le Gothlandien comprend, dans sa partie inférieure, des schistes à Graptolithes (E<sub>1</sub>), dans lesquels on observe à la base des intrusions de diabases, puis des lits de nodules calcaires à Orthocères et autres Nautiloïdés et, plus haut, un banc de calcaires à entroques avec *Scyphocrinus*, *Xenocrinus*, etc. On a pu distinguer plusieurs niveaux, qui correspondent pour la plupart aux zones du Nord et s'échelonnent sur toute la série du Llandovery, du Wenlock et du Ludlow inférieur. Les schistes alternent à leur partie supérieure avec des bancs calcaires, qui peu à peu deviennent prédominants. Ce n'est qu'au-dessus de la zone à *Monograptus colonus* que viennent les calcaires bitumineux célèbres par les innombrables fossiles qu'ils ont fournis à Barrande (E<sub>2</sub>); ils correspondent donc au Ludlow supérieur et peut-être au Downtonien. Ils renferment de nombreux Trilobites (*Phacops fecundus*, *Calymmene Baylei*, *Arethusina*, *Cheirurus*, *Lichas*, *Acidaspis*), des Céphalopodes extrêmement variés (*Orthoceras*, *Gomphoceras*, *Phragmoceras*, *Cyrtoceras*, *Trochoceras*, *Barrandeoceras*), des Lamellibranches, des Brachiopodes (*Pentamerus Knighti*, *Rhynchonella*, *Orthis*, *Strophomena rhomboidalis*, *Dayia navicula*), des Coelentérés (*Halysites*, *Favosites*, etc.).

*Massif Armoricain.* — Le Gothlandien débute presque partout, dans le massif Armoricain, par des grès sans fossiles. Puis vient une masse puissante de phthanites ou d'ampélites à Graptolithes et le Silurien se termine par des schistes à *Bolbozoë*, qui supportent en concordance le Dévonien.

Dans les schistes à Graptolithes, F. Kerforne [32] a pu distinguer les 9 zones suivantes, dont les 5 supérieures existent dans la presque totalité de Crozon :

1. Zone à *Monograptus lobiferus*, *Rastrites peregrinus*, *Climacograptus scalaris*.
2. — — — *exiguus*, *M. densus*, *Diplograptus palmeus*;
3. — — — *Jækeli*, *Retiolites Geinitzi*;
4. — — — *riccartonensis*, *M. dubius*;
5. — — *Cyrtograptus cf. rigidus*, *Monograptus priodon*, *M. dubius*;
6. — — — *colonus*, *M. Nilssoni*, *Hyalolithes simplex*;
7. — — — *Salweyi*, *Bolbozö anomala* et *bohémica*;
8. — *Monograptus clavulus*;
9. — *Posidonomya eugyra*, *Goniophora reluctantans*.

Les zones 1 et 2 correspondent au Llandovery, 3-5 au Wenlock, 6-9 au Ludlow.

Dans les ampélites se trouvent souvent des nodules de calcaire noir, qui contiennent, notamment à Saint-Sauveur-le-Vicomte et à Feuguerolles, des *Orthoceras*, des *Jovellania*, *Cardiola interrupta*, etc.

*Montagne Noire.* — Dans la Montagne Noire, le Gothlandien débute par des schistes à Graptolithes et à nodules calcaires à *Cardiola interrupta* et *Orthoceras*. Barrois (16, 65) y a signalé les espèces suivantes : *Monograptus priodon*, *bohémicus*, *colonus*, *Ræmeri*, *Nilssoni*. La partie supérieure est constituée par des calcaires gris, très fossilifères, renfermant principalement des espèces caractéristiques de E<sub>2</sub> de Bohême, notamment : *Arethusina Konincki*, divers *Orthoceras*, *Cardiola interrupta*, *C. bohémica*, *Slava bohémica*, *Atrypa Sapho*, *A. hircina*, *Megæra*, etc.

*Pyrénées et Péninsule Ibérique.* — Les travaux de divers auteurs dans les Corbières et dans les Pyrénées ont montré l'existence, dans ces régions, du Llandovery supérieur ou Tarannon, du Wenlock et du Ludlow, représentés par des schistes à Graptolithes et des ampélites à *Cardiola interrupta* et à *Orthocères*. Ces schistes présentent souvent des phénomènes de métamorphisme au contact des granites.

Dans les Asturies on rapporte au Silurien supérieur les schistes et quartzites de Corral, bien qu'ils ne renferment pas de fossiles [XXXII, 32].

En Catalogne, par contre, les Graptolithes recueillis par le chanoine Almera ont permis à Ch. Barrois [65] d'établir avec certitude le parallélisme suivant :

1. Étage de Can Ferres (*Diplograptus palmeus*, *Monograptus convolutus*, *lobiferus*, etc.) = Llandovery;
2. Étage de Campridon (*Cyrtograptus Grayi*, *Monograptus turriculum*, *Hisingeri*, *Becki*) = Tarannon;
3. Étage de Gracia (*Monograptus priodon*, *dubius*) = Wenlock;
4. — de Cervello (*Monograptus colonus*, *Ræmeri*) = Ludlow.

Des schistes à Graptolithes gothlandiens sont encore connus en beaucoup d'autres points de l'Espagne, en particulier dans l'Aragon, ainsi que dans le Sud et l'Ouest de la Meseta.

*Sardaigne et île d'Elbe.* — En Sardaigne, les schistes de Goni renferment deux niveaux de Graptolithes, qui, d'après Barrois, correspondent au Tarannon et au Wenlock. Dans l'Iglesiente, des calcaires à *Orthocères* gothlandiens sont particulièrement fossilifères à Xea Sant'Antonio. On y rencontre, d'après Meneghini et M. Canavari [66], de nombreuses espèces d'*Orthoceras*, *Cardiola interrupta*, *Monograptus priodon* et surtout des *Ostracodes* (*Aparchites*, *Entomis*, *Klædenia*, *Bolbozö*, etc.).

Le Gothlandien existe également dans l'île d'Elbe.

*Alpes orientales.* — Le Gothlandien des Alpes de Salzbourg présente le

faciès habituel des schistes à *Cardiola interrupta* [67]. Par contre, sur le versant méridional de la chaîne, dans les Alpes Carniques, les calcaires prédominent.

Dans la vallée d'Uggwa, toutefois, le Gothlandien inférieur est constitué par des schistes à *Diplograptus*, *Rastrites*, *Climacograptus*, qui supportent des calcaires à Orthocères indéterminables.

Au Wolayer Thörl Fr. Frech [68] a relevé la succession suivante, dans une série calcaire de 350 m. d'épaisseur (fig. 242) :

- a) Dalles calcaires à *Camerocrinus*;
- b) Zone à *Orthoceras potens*, *Gomphoceras*, *Cyrtoceras*, *Trochoceras*, *Cheirus propinquus*, *Encrinurus Novaki*, *Bronteus*, *Arethusina*, Gastéropodes, Lamellibranches;
- c) Zone à *Orthoceras alticola*, avec nombreuses autres espèces d'*Orthoceras*, *Harpes unguis*, *Encrinurus*, Gastéropodes, Lamellibranches, *Nucleospira*, *Petraia*;
- d) Zone à *Orthoceras Richteri*.

Les couches *d* supportant immédiatement le Dévonien, nous aurons à revenir sur cette coupe dans le chapitre suivant.

Les trois niveaux à Orthocères se retrouvent en divers points de la région. Au Findenigkofel ils sont remplacés, d'après Frech, par des calcaires coralliens, avec *Actinostroma intertextum*, *Monticulipora petropolitana*, *Heliolites decipiens*, *Alveolites Labechei*, *Cyathophyllum angustum*.

*Balkans.* — Ce n'est que tout récemment que des dépôts siluriens ont été signalés dans la péninsule Balkanique. En 1905 Allachverdjeff a découvert dans le district de Sofia, en Bulgarie, dans des schistes précédemment considérés comme carbonifères, des Graptolithes monopronidiens, du groupe de *Monograptus colonus*, qui établissent avec certitude la présence du Gothlandien. Malheureusement les relations stratigraphiques du gisement n'ont pu être élucidées [69].

*ASIE et AUSTRALIE.* — Le Gothlandien n'est pas connu dans l'Oural, mais on a signalé des calcaires à *Encrinurus punctatus* et *Favosites Forbesi* dans l'île de Waigatch, au sud de la Nowaia Zemlia, qui nous montrent par où a dû se faire la communication entre les régions scandinaves et le Nord de l'Asie.

*Sibérie.* — La présence du Gothlandien dans l'extrême Nord du continent, dans les îles de la Nouvelle-Sibérie, a été indiquée par E. von Toll [70], qui y a recueilli *Bronteus Andersoni*, espèce du Llandovery d'Écosse, *Phacops quadrilineata*, *Favosites gothlandicus*, *Halysites catenularius*, etc., avec des *Leperditia* nombreux et des Foraminifères. Plus au sud, les calcaires gothlandiens couvrent de vastes étendues sur les bords de la Basse et de la Moyenne Toungouska et vers l'Olenek. On y a trouvé notamment *Phacops quadrilineatus*, *Pentamerus oblongus*, *Leptocælia Duboisi*, *Strophomena euglypha*, *Favosites gothlandicus*, *Heliolites interstinctus*, *Zaphrentis conulus*. Les affinités avec le Gothlandien baltique sont manifestes [57].

*Chine.* — Le Gothlandien n'a pas encore été rencontré dans la Chine septentrionale et tout porte à croire qu'il ne s'y est pas déposé, car l'Ordovicien se termine par des dolomies sans fossiles, probablement lagunaires. Mais dans le Se-tchouan on lui a attribué une puissante série de calcaires et de schistes, où Richthofen a trouvé des *Favosites* et des *Alveolites* [XXXI, 16].

*Turkestan, Himalaya, Birmanie.* — Des calcaires à *Halysites catenularius* ont été rencontrés au Turkestan. Dans l'Himalaya, les affinités avec le Gothlandien du Nord de l'Europe se manifestent avec non moins d'évidence. A Chitral,

dans l'Hindoukouch, se trouvent, d'après Hudleston [XXXIV, 78], des espèces de Coralliaires caractéristiques du Wenlock : *Favosites cristatus*, *Cyathophyllum truncatum*, *C. articulatum*.

A Spiti, le Silurien se termine par des calcaires siliceux à *Pentamerus oblongus* [39].

En Birmanie, le Gothlandien se montre particulièrement fossilifère. On y distingue deux niveaux [40] :

1° Les couches de *Zebingyi*, calcaires noirs et gris en dalles, avec *Phacops shanensis*, *Orthoceras*, *Styliolina*, *Tentaculites*, *Modiolopsis shanensis*, *Atrypa marginalis*, *Monograptus dubius* et *riccartonensis*, etc. ;

2° Les grès de *Namhsin*, avec *Dalmania longicaudata*, *Calymmene Blumenbachi*, *Encrinurus*, *Conularia*, *Pterinea konghsaensis*, *Atrypa reticularis*, *Dalmanella elegantula*, *Bilobites biloba*, *Orthis rustica*, *Strophomena rhomboidalis*, etc.

Les affinités paléontologiques avec l'Europe septentrionale sont tout à fait frappantes.

*Australie, Tasmanie, Nouvelle-Zélande.* — Tandis que l'Ordovicien de ces régions était principalement constitué par des Graptolithes, les calcaires et les grès, c'est-à-dire les formations néritiques, y jouent un rôle assez important au Gothlandien.

Ces calcaires renferment, dans la Nouvelle-Galles du Sud, dans Victoria et en Tasmanie, de nombreuses espèces européennes, soit du Nord, soit de la Bohême, telles que *Dalmania caudata*, *Encrinurus punctatus*, *Calymmene tuberculata*, *Harpes unguis*, *Pentamerus Knighti*, *P. oblongus*, *Halysites escharoides*, *Heliolites interstinctus*.

L'étude stratigraphique de ces formations n'est pas encore faite. Il en est de même pour les calcaires gothlandiens de la Nouvelle-Zélande, qui renfermeraient un certain nombre d'espèces européennes.

AMÉRIQUE DU NORD. — Le Gothlandien n'est connu avec certitude ni dans les chaînes côtières du bord pacifique de l'Amérique du Nord, ni dans les Montagnes Rocheuses, ni dans les états du Sud; nous passons donc tout de suite au bord atlantique, avant de nous arrêter plus longuement aux régions du Centre.

*Versant atlantique.* — Par suite des mouvements orogéniques qui ont eu lieu, sur l'emplacement du géosynclinal des Appalaches, à la fin de l'époque Ordovicienne, la mer n'a occupé au Gothlandien que des espaces restreints dans la région atlantique de l'Amérique du Nord.

Si l'on fait abstraction de l'ancienne Acadie, où le Silurien tout entier possède des affinités bien marquées avec l'Europe septentrionale, on ne rencontre le Gothlandien que sur le versant est des Appalaches, dans le bassin de Cumberland, où il est représenté par des grès et des schistes, à faune très spéciale, différente de celle du Centre, et bien plus au nord, dans le prolongement du chenal de Chazy, en particulier dans l'île d'Anticosti. Ici, l'Ordovicien supérieur et le Gothlandien inférieur et moyen existent en continuité et en concordance et sont représentés par la série d'Anticosti, constituée en majeure partie par des calcaires marneux en lits régulièrement stratifiés, presque horizontaux, atteignant une épaisseur totale de 700 à 800 m. On y trouve presque à tous les niveaux : *Calymmene Blumenbachi*, *Strophomena allernata*, *Orthis lynx*, *Chæteles lycoperdon*, *Halysites escharoides* et des Gastéropodes [71].

*États de New-York et du Centre.* — Dans l'ouest de l'état de New-York, le

Gothlandien est représenté par une série très complexe de dépôts généralement néritiques, dont certains termes sont tout à fait classiques, depuis les beaux travaux paléontologiques de James Hall [72, 73]. La classification de cette série, aujourd'hui en usage parmi les géologues américains, est la suivante :

CAYUGAN	}	Calcaire de Manlius;
		— à ciment (waterlime) de Rondout;
		— de Cobleskill;
NIAGARAN	}	Couches de Salina;
		Dolomie de Guelph;
		Calcaire de Lockport;
	}	Argiles de Rochester;
		Couches de Clinton (schistes et calcaires);
OSWEGAN	}	Grès de Medina;
		Conglomérat d'Oneida.

Le *conglomérat d'Oneida* indique le retour de la mer après l'émergence, de très courte durée, qui s'est produite à la fin de l'Ordovicien. Les *grès de*

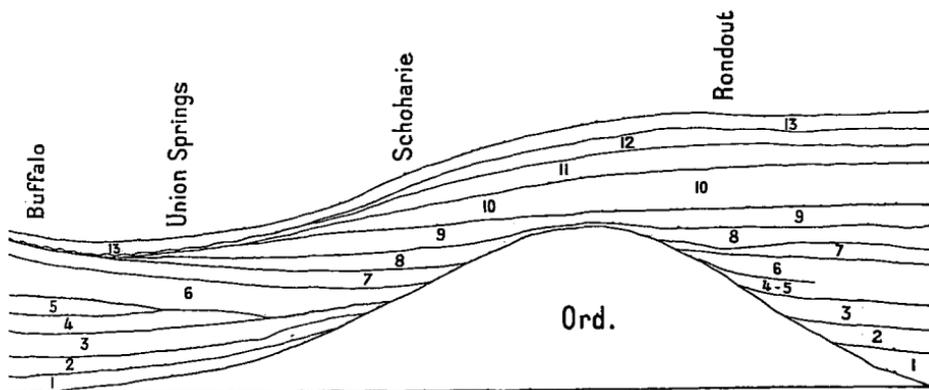


Fig. 225. — Coupe schématique représentant la disposition des assises gothlandiennes à l'ouest (à gauche) et à l'est (à droite) du géanticlinal ordovicien de Helderberg (d'après C. A. HARTNAGEL).

Ord., géanticlinal ordovicien; 1, Oneida; 2, Medina; 3, Clinton; 4, Niagara; 5, Guelph; 6, Salina; 7, Cobleskill; 8, Rondout; 9, Manlius; 10, Helderbergien; 11, Oriskany; 12, Esopus et Schoharie; 13, Onondaga. — 1-9, Gothlandien; 10-13, étages inférieurs du Dévonien.

*Medina* se sont encore déposés dans des eaux d'une faible profondeur, on n'y trouve que peu de fossiles et les empreintes mécaniques connues sous le nom de *Harlania* y abondent.

Ils empiètent davantage vers l'est que le conglomérat d'Oneida, de sorte qu'ils reposent sur l'anticlinal ordovicien de Helderberg (fig. 225). Les *couches de Clinton* à *Pentamerus oblongus* dépassent vers l'est les grès de Medina; elles correspondent à un approfondissement de la mer, qui s'accroît encore avec le dépôt des *argiles de Rochester*. Celles-ci constituent, avec le *calcaire de Lockport* et la *dolomie de Guelph*, ce que les Américains appellent souvent la *formation de Niagara*, car c'est dans cet ensemble qu'est taillée la vallée qui se termine en amont par la célèbre cataracte.

La formation de Niagara est en retrait vers l'axe de Helderberg, mais elle est transgressive vers l'ouest jusque dans l'Iowa.

Elle est très fossilifère, sa faune comprend des Trilobites (*Homalonotus*

*delphinocephalus*, *Dalmania*), des Céphalopodes, des Gastéropodes, des Brachiopodes (*Spirifer niagarensis*, *Strophomena rhomboidalis*, *Orthis biloba*, *O. elegantula*), des Crinoïdes (*Hypanthocrinus decorus*), des Coralliaires (*Favosites niagarensis*, *Halysites calenularius*, *escharoides*, *Heliolites spinipora*), etc. Les affinités avec la faune du calcaire de Wenlock sont manifestes.

Dans le Tennessee, où le groupe de Niagara atteint une épaisseur de près de 600 m, les Spongiaires sont très abondants [74].

Dans le nord de l'état de New-York, des communications se sont établies, à la fin du Gothlandien moyen, avec la région atlantique et une nouvelle faune a fait son apparition, dont les restes se trouvent dans les couches de *Guelph* [75].

Cette invasion de types étrangers s'est reproduite un peu plus tard, alors que la faune du groupe du Niagara avait repris possession de son domaine.

L'élément le plus caractéristique est le genre *Megalomus*, Lamellibranche à test épais qui se trouve également dans l'île de Gotland. Certains Nautiloïdés (*Phragmoceras*, *Trochoceras*, *Cyrtoceras*, *Dawsonoceras*), de gros Gastéropodes (*Poleumita*, *Eolomaria*, *Cælidium*, *Trematonotus*), un grand Brachiopode (*Monomerella*) y abondent et concourent à donner à la faune un caractère essentiellement coralligène.

Les couches de *Salina* sont en retrait dans les états du Centre, mais s'étendent de nouveau davantage vers l'est. En même temps la profondeur des eaux a considérablement diminué, de sorte qu'un régime lagunaire, avec tendance à la précipitation de sels marins, ne tarde pas à s'établir, sur le versant ouest comme sur le versant est de l'axe de Helderberg.

Au début du Gothlandien supérieur, il se dépose encore des argiles, dans lesquelles on trouve des restes d'*Eurypterus*; mais, la salure augmentant, bientôt la vie devient impossible et la précipitation du gypse commence; il se forme alors des alternances de bancs de gypse et de marnes rouges. Puis, la concentration des eaux atteignant son maximum, il se dépose des couches de sel gemme, dont l'épaisseur moyenne est de 30 m. On observe ensuite les mêmes phases successives dans l'ordre inverse, la salure des eaux allant de nouveau en croissant : dépôt de marnes avec bancs de gypse, d'argile à ciment avec *Eurypterus* et, enfin, retour de la sédimentation calcaire [76].

Aux couches de *Salina* fait suite le calcaire de *Cobleskill*, formation coralligène caractérisée par *Lichas pylonurus*, *Calymmene camerata*, *C. niagarensis*, *Orthoceras trusitum*, *Pterinea securiformis*, *Stropheodonta bipartita*, *Atrypa reticularis*, *Stromalopora concentrica*, *Halysites calenularius*, etc. C'est en somme une réapparition de la faune de *Guelph*, d'origine atlantique. L'invasion marine s'est produite simultanément sur les deux versants de la crête de Helderberg (fig. 221, 225), qui subsistait encore, mais ne tarda pas à être submergée. Le calcaire à ciment de *Rondout* s'y dépose en transgression sur les termes précédents et sur l'Ordovicien. Par contre, ce calcaire est en retrait dans l'Ouest. On y rencontre des restes nombreux d'*Eurypterus*, *Pterygotus*, *Leperditia*, *Ceratiocaris*, etc., souvent d'une très belle conservation. C'est l'équivalent exact des couches lagunaires de Ludlow et de l'île de Gotland.

Le Silurien de l'état de New-York se termine par les calcaires à *Tentaculites* de *Manlius*, avec *Spirifer Vanuxemi*, *Leperditia alta*, *Camarocrinus*, qui supportent en concordance les premières assises dévoniennes.

*Canada central et Amérique arctique.* -- Le Gothlandien a été signalé dans

l'Ontario, dans la région du lac Winnipeg, sur les rives ouest de la James Bay et de la baie d'Hudson. Il repose sur l'Ordovicien et diffère peu de celui de l'état de New-York. Il couvre de grandes surfaces dans la presqu'île de Boothia-Felix, dans la terre du Prince de Galles, dans celle du Prince Albert et dans l'ouest et le sud de la terre de Baffin. On le retrouve dans la terre d'Ellesmere et sur les deux rives du détroit de Kane. Dans toutes ces régions, d'où ont été rapportés de nombreux fossiles gothlandiens, la stratigraphie est encore très mal connue et le départ n'a pu être fait d'une manière satisfaisante entre les deux termes du Silurien. On est cependant en droit d'admettre, avec Stuart Weller [77], une ancienne continuité des dépôts gothlandiens depuis la terre de Grinnel, au nord, jusque dans le Centre des États-Unis, au sud, sur la longitude de la baie d'Hudson (fig. 226). L'Ouest du Canada et le Labrador seraient restés, par contre, exondés.

Le golfe gothlandien de l'Amérique du Nord peut donc avec d'autant plus de raison être qualifié de *mer épicontinentale*, que les dépôts y sont partout méritiques, à l'exception, toutefois, des formations lagunaires de Salina.

AMÉRIQUE DU SUD ET AFRIQUE. — Le Gothlandien est entièrement inconnu dans les Andes et dans l'Est de la République Argentine, où cependant l'Ordovicien est particulièrement bien développé. Sur le versant argentin des Andes, le Dévonien repose même directement sur l'Ordovicien, comme l'a établi Bodenbender [49]. Inversement, le Silurien supérieur est seul représenté au Brésil.

*Brésil.* — Le Gothlandien fossilifère n'est connu au Brésil que dans l'état de Para, au nord des Amazonas. Il y repose directement, sans discordance apparente, sur des schistes métamorphiques et sur des roches cristallines d'âge indéterminé [78]. Orville A. Derby a découvert, sur les bords du rio Trombetas, dans des grès superposés à des schistes siliceux, une faune peu variée, qui renferme, d'après John M. Clarke [79], principalement des Ostracodes (*Primitia minuta*, *Bollia lata*), des *Tentaculites*, des *Conularia*, des Gastéropodes (*Bucaniella*, *Murchisonia*), des Lamellibranches (*Clidophorus*, *Anodontopsis*, *Tellinomya*), des Brachiopodes (*Chonetes*, *Dalmanella*, *Orthis callactis*, *Orbiculoidea*, *Lingulops*), des spicules d'Hexactinellidés.

*Afrique du Nord.* — Rien ne permet d'affirmer que les couches qui, dans l'Afrique australe, supportent en discordance les grès éodévonien appartiennent au Silurien. Ce n'est que dans le Nord du Sahara central qu'ont été découverts récemment les premiers indices du Gothlandien.

C'est à F. Foureau que revient le mérite d'avoir, le premier, recueilli des fossiles siluriens authentiques dans l'Afrique du Nord. La découverte en fut faite en 1898 au pied de la falaise qui termine au sud le plateau éodévonien du Tindesset. Les schistes noirs qui affleurent en ce point renferment des Graptolithes, attribués par Munier-Chalmas au genre *Climacograptus*, dont la présence ne permet pas de se prononcer avec certitude sur l'âge gothlandien ou ordovicien des schistes du Tindesset. Leur faible inclinaison peut cependant être invoquée comme argument en faveur d'un âge plus récent que celui des grès, probablement ordoviciens, qui affleurent plus à l'ouest, en couches fortement redressées [80].

D'ailleurs, des Graptolithes furent recueillis en 1902 par le capitaine Cottenest, dans le Nord du Mouydir, et déterminés comme *Diplograptus*, *Climacograptus* et *Monograptus* par G. B. M. Flamand [81]. Il s'agit ici incontestablement de Gothlandien tout à fait inférieur.

Enfin, plus récemment encore, L. Gentil [82] a découvert, dans les Ait Mdioual, près Demnat, dans l'Atlas Marocain, un troisième gisement de Graptolithes, appartenant également au Gothlandien inférieur, qui a fourni plusieurs *Monograptus*, un *Diplograptus* et *Rastriles peregrinus*.

Ces importantes découvertes montrent que le géosynclinal de l'Europe méridionale s'étendait dans l'Afrique du Nord, assez loin vers le sud. D'ailleurs il est probable qu'une grande partie des schistes primaires qui constituent les massifs littoraux des pays de l'Atlas doit être attribuée au Silurien. Ce n'est que lorsqu'on y aura trouvé des fossiles que l'on pourra se prononcer avec certitude sur leur âge.

### 3° RÉSULTATS GÉNÉRAUX

RÉSULTATS PALÉOGÉOGRAPHIQUES. — Les documents relatifs à la distribution géographique de l'Ordovicien et du Gothlandien sont déjà plus abondants que ceux qui concernent le Cambrien, de sorte que les essais de reconstitutions paléogéographiques relatifs à ces deux périodes n'ont plus un caractère aussi provisoire que pour la précédente.

L'existence d'un *continent Nordatlantique*, qui découle de la répartition géographique des dépôts cambriens, est confirmée par les données que nous possédons sur l'extension des dépôts siluriens; mais ce continent est envahi partiellement, dès le début de la période, par une transgression, qui continue celle du Cambrien supérieur. La mer s'étend en divers points au delà de ses limites au Potsdamien. Ceci résulte de la superposition directe de l'Ordovicien aux terrains précambriens à l'île aux Ours, au Spitzberg et, sur de vastes surfaces, dans l'Amérique arctique. Mais la nature néritique des dépôts permet de conclure au caractère continental ou mieux épicontinental de la mer silurienne du Centre de l'Amérique du Nord. Cette mer n'était en somme qu'un vaste golfe, reproduisant en beaucoup plus grand ce qu'est la baie d'Hudson à l'époque actuelle (fig. 226).

Le bord méridional du continent Nordatlantique est constitué, comme au Cambrien, par le bord méridional de la chaîne Huronienne, car les dépôts ordoviciens et gothlandiens de l'embouchure du Saint-Laurent et de l'Acadie ont des affinités paléontologiques non moins étroites avec ceux de l'Europe septentrionale que ceux de l'époque Cambrienne. Aussi la propagation directe des faunes le long d'une côte reliant le Nord-Est de l'Amérique au Nord de l'Écosse, au travers de l'Atlantique actuel; ne peut-elle guère être contestée.

Le golfe du Centre de l'Amérique du Nord communiquait également avec l'Europe septentrionale, mais la communication avait lieu par les régions polaires, comme l'a montré Stuart Weller [77], en

s'appuyant non seulement sur la distribution géographique des affleurements, mais encore sur les caractères de la faune de l'intérieur des États-Unis, principalement au Gothlandien. Les calcaires du Niagara ont de très grandes affinités paléontologiques avec les cal-

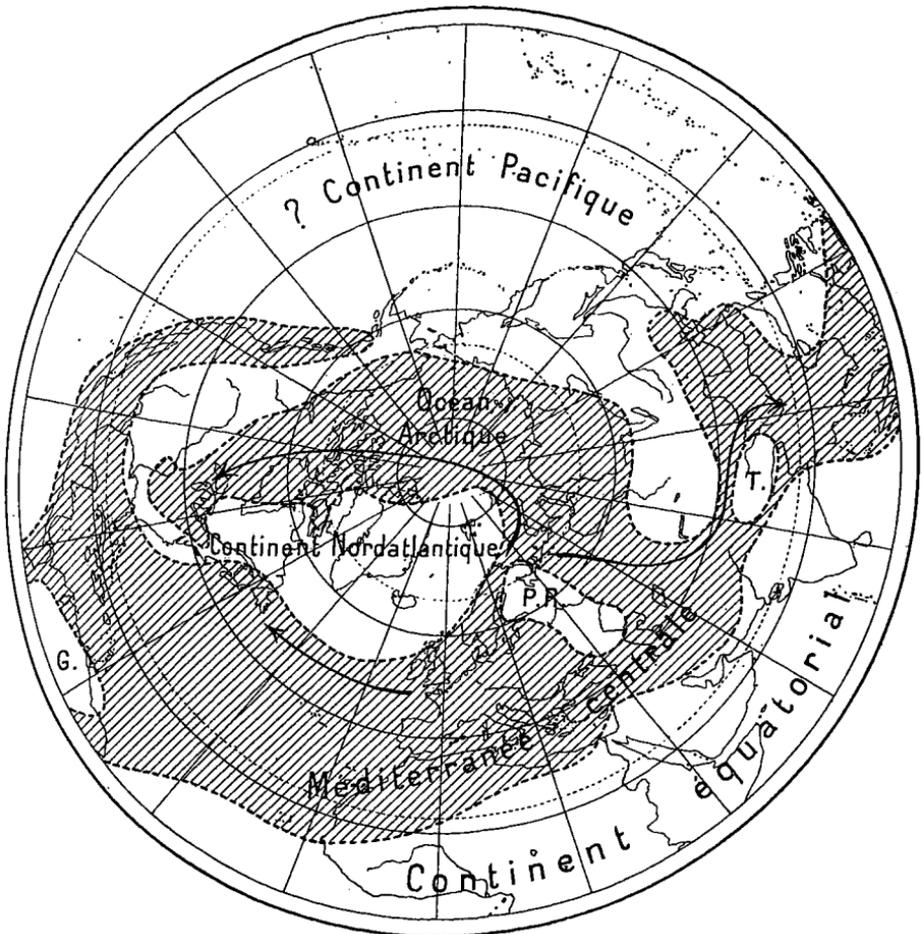


Fig. 226. — Essai de reconstitution paléogéographique de l'hémisphère Nord à l'époque Gothlandienne (d'après FR. FRECH, A. DE LAPPARENT, BAILEY WILLIS, STUART WELLER).

P. R., plate-forme Russe; T, île du Tibet; G, noyau ancien de la Guyane.  
Les flèches indiquent le sens de la migration des faunes marines.

caires de même âge de Wenlock et de Gotland, mais le caractère européen de la faune paraît plus accentué dans le Centre, en particulier dans les environs de Chicago et dans l'Iowa, que dans l'état de New-York.

Il est probable qu'un *océan Arctique* s'étendait au nord du Groenland, où, aujourd'hui encore, les sondages effectués par Fr. Nansen

(fig. 6, p. 27) ont révélé des profondeurs supérieures à 4000 m. La présence de cet océan expliquerait fort bien le caractère baltique des faunes siluriennes du Nord de la Sibérie. La nature néritique des dépôts de cette région permet, d'autre part, de conclure à leur formation dans une mer peu profonde, dans un golfe épicontinental tout à fait comparable à celui de l'Amérique septentrionale.

L'absence du Silurien dans la Sibérie méridionale et dans la Mongolie conduit à étendre assez loin vers le sud la partie émergée du continent *Asiatique*, dont la partie méridionale, c'est-à-dire la Chine proprement dite, est restée sous les eaux pendant les périodes Cambrienne et Ordovicienne. Nous ne sommes pas en droit d'affirmer que ce continent faisait corps avec la plate-forme Russe, car il est possible que le Silurien soit représenté dans l'Oural par des couches métamorphiques.

De l'absence totale du Silurien dans l'Ouest de l'Australie, dans l'Inde péninsulaire, à Madagascar et dans l'Afrique équatoriale et australe nous ne serions autorisés à tirer aucune conclusion, si nous ne savions que ces pays étaient émergés à la fin des temps primaires et faisaient partie d'une masse continentale unique, qui comprenait également le Brésil. Or nous venons de voir qu'au nord de l'Amazonie le Gothlandien repose directement sur les terrains métamorphiques. Il est néritique et n'a subi aucun plissement. Il porte donc la marque d'une formation épicontinentale et sa présence confirme l'existence d'un continent paléozoïque dans l'Est de l'Amérique méridionale.

Entre le continent Nordatlantique et le continent que nous pouvons provisoirement qualifier d'*équatorial* (Brésil, Afrique, Inde, Australie), s'étendait une vaste mer, occupant une largeur beaucoup plus grande que la Méditerranée centrale des temps secondaires. C'était un immense géosynclinal, où s'accumulaient, au moins depuis l'Ordovicien, de grandes épaisseurs de formations bathyales; nous y reviendrons tout à l'heure. Il existait de même un large bras de mer entre le continent Sibérien et l'Inde péninsulaire. Jusqu'ici nous ne pouvons le relier que d'une manière hypothétique avec la mer de l'Europe méridionale, car aucun dépôt silurien ni cambrien n'est encore connu dans l'Asie Mineure et dans les régions Iraniennes, et dans la péninsule Balkanique le Gothlandien n'a encore été signalé qu'en Bulgarie.

PROVINCES ZOOLOGIQUES. — Les Graptolithes planctoniques semblent avoir eu une répartition universelle, les mêmes espèces occupant

les mêmes niveaux dans des régions aussi éloignées l'une de l'autre que les Appalaches et la Scanie, que l'Écosse et l'Australie. Par contre, la distribution géographique des Invertébrés benthoniques démontre l'existence de plusieurs provinces zoologiques, nettement tranchées à l'époque Ordovicienne, moins distinctes à l'époque Gothlandienne.

Quelque semblables que soient les successions des zones à Graptolithes en Grande-Bretagne et en Scandinavie, il existe, à l'Ordovicien inférieur, entre les Trilobites des deux régions, d'assez grandes différences, sur lesquelles Fr. Frech a particulièrement insisté [6]. Les genres *Megalaspis*, *Ptychoparia*, *Nileus* et d'autres, caractéristiques des régions baltiques, manquent en Angleterre. En revanche, *Placoparia*, *Dalmania*, *Brongniartia*, *Illænopsis*, etc., qui se trouvent en Angleterre dès l'Ordovicien inférieur, sont inconnus en Scandinavie, ou n'y apparaissent que plus tard. Il est possible que ces différences soient dues en grande partie à des différences de faciès, ou encore à l'insuffisance des documents, mais on peut légitimement admettre que certains genres n'ont pu franchir la fosse profonde qui séparait probablement les districts néritiques des deux régions. Il n'est pas nécessaire de supposer l'existence d'une barrière de terre ferme sur l'emplacement de la mer du Nord.

Les différences entre l'Ordovicien des pays du Nord et celui de Bohême ont été mises depuis longtemps en évidence par Barrande. *Eglina*, *Chasmops*, *Nileus* font défaut en Bohême et quelques genres de Bohême manquent dans le Nord. Les espèces sont presque toutes différentes.

À l'Ordovicien supérieur, les différences s'atténuent et quelques espèces se rencontrent aussi bien en Bohême qu'en Scandinavie et en Angleterre (*Trinucleus seticornis*, *Remopleurides radiatus*, *Agnostus trinodosus*).

Au Gothlandien, les affinités paléontologiques des trois régions s'accroissent encore, au moins en ce qui concerne les Brachiopodes et les Gastéropodes, mais, si l'on s'adresse aux Céphalopodes, on constate que le nombre des espèces communes à la Bohême et au Nord est extrêmement restreint.

On a vu plus haut que les caractères distinctifs du Silurien de Bohême se retrouvent dans le Sud de l'Europe et dans le massif Armoricaïn. Toutefois l'Ordovicien de cette dernière région se rapproche également de celui de la Grande-Bretagne. D'autre part, le type septentrional s'étend à l'Asie et peut-être à l'Australie.

L'Ordovicien de la région atlantique de l'Amérique du Nord

appartient incontestablement à la province septentrionale de l'Europe, tandis que celui de New-York et des États du Centre possède des caractères paléontologiques différents, indiquant sans doute, comme pour l'époque Cambrienne, des communications avec la région pacifique. Les genres *Bathyrurus*, *Bathyriscus*, *Bolbocephalus*, *Ptychaspis*, *Endymiona* sont essentiellement américains, tandis que les genres *Euloma*, *Æglina*, *Chasmops*, *Placoparia*, etc. font défaut dans la province américaine. De plus, *Homalonotus* n'apparaît en Amérique qu'avec le Gothlandien. Voici pour les Trilobites. En ce qui concerne les Céphalopodes, on peut considérer, avec Frech [6], *Eurystomites*, *Gonioceras*, *Huronia* comme des genres américains, *Lituities*, *Ancistroceras*, comme des genres européens. Des différences de même ordre se retrouvent dans les autres groupes.

Au Gothlandien, les particularités des deux provinces s'effacent, car le golfe intérieur de l'Amérique du Nord est désormais séparé du Pacifique et il communique par contre, comme on l'a vu plus haut, par les régions boréales avec le Nord de l'Europe.

En résumé, on distingue facilement, à l'Ordovicien, trois provinces zoologiques : la *province de l'Europe septentrionale*, la *province de Bohême* et la *province américaine*. Au Gothlandien, ces trois provinces se réduisent à deux, celle du Nord et celle de Bohême. D'après Frech, la faune australienne serait caractérisée par un mélange d'espèces des deux provinces [6].

CLIMAT. — Aucune des particularités qui caractérisent les provinces zoologiques de l'époque Silurienne n'est imputable à des différences de climat, car, au moins en ce qui concerne l'hémisphère nord, on connaît des formations coralliennes sous toutes les latitudes, depuis le Nord de la Sibérie jusqu'en Australie, depuis la terre de Grinnell jusqu'à l'Arkansas, et l'on peut conclure de ce fait à une grande uniformité de climat, probablement sur toute la Terre. Il n'est pas possible de supposer, chez les animaux constructeurs de récifs, une sensibilité moindre aux basses températures qu'à l'époque actuelle, car on sait, d'après les recherches de John Murray et Irvine (p. 102), que la sécrétion plus ou moins abondante de calcaire par les organismes est fonction de la température des eaux.

La grande rareté des formations calcaires au Cambrien permet de supposer qu'à cette époque la température était plus basse qu'au Silurien, où brusquement les organismes à sécrétion calcaire abondante prennent un grand développement. Nous ne connaissons d'ailleurs au Silurien aucune formation glaciaire, alors que le début

du Cambrien était marqué par l'existence de glaciers, peut-être très localisés, mais incontestables.

La formation de bassins d'évaporation, avec précipitation de gypse et de sel gemme, à l'Ordovicien, en Sibérie, et au Gothlandien, aux États-Unis, implique un climat sec au moins pour ces régions, mais rien n'indique que ces conditions aient été générales.

La flore silurienne est si mal connue qu'elle ne permet de tirer aucune conclusion sur le climat de l'époque.

**MOUVEMENTS OROGÉNIQUES ET ÉPIROGÉNIQUES.** — Les aires continentales qui ont été envahies par la mer au début du Cambrien ou au Cambrien supérieur sont restées sous les eaux pendant la période Ordovicienne. Malgré des oscillations en sens inverse, qui se traduisent par des émergences de très courte durée, la tendance générale des mouvements est une immersion sous des eaux de plus en plus profondes, c'est-à-dire un affaissement des aires continentales. Cette tendance continue à se manifester au Gothlandien, en particulier sur le pourtour du bouclier Scandinave, où les formations néritiques font place à des formations bathyales. En même temps, la plate-forme Russe, qui est en quelque sorte une dépendance du bouclier Scandinave et qui était exondée jusqu'ici, est envahie par le nord et le sud-ouest, comme on le voit par la transgression du Gothlandien dans le Timan et en Podolie (fig. 227). Une transgression a lieu au même moment au Brésil.

L'invasion des aires continentales par la mer, esquissée au début du Cambrien, s'est donc accentuée de plus en plus, pour atteindre son maximum au Gothlandien. Dans toutes les régions où elle s'est manifestée, les couches sont restées, depuis, plus ou moins horizontales, ou n'ont subi que des plissements à très grands rayons de courbure.

L'immersion graduelle des diverses aires continentales au Silurien ne peut être envisagée que comme un ensemble de mouvements épirogéniques, plus ou moins synchroniques. En effet, la transgression gothlandienne n'est pas un phénomène universel, elle est localisée sur les aires continentales et elle est compensée par des mouvements de régression affectant d'autres régions. Il ne peut être question par conséquent de l'attribuer à des mouvements eustatiques.

Sur le pourtour des aires continentales, qui doivent en partie leur origine à des plissements de la fin de la période Algonkienne, il existe, comme on l'a vu dans le chapitre précédent, des géosynclinaux où l'Archéen, l'Algonkien, le Cambrien sont presque toujours concordants et atteignent de très grandes épaisseurs. L'Ordovicien

y fait suite en concordance à cette série, mais l'accumulation de ses dépôts a, dans certains cas, achevé le comblement du géosynclinal, qui est devenu aussitôt le théâtre de mouvements orogéniques. C'est ce qui s'est produit notamment en Amérique et dans les Midland Counties d'Angleterre.

Dans l'Ouest de l'Amérique du Nord, une phase de plissement et

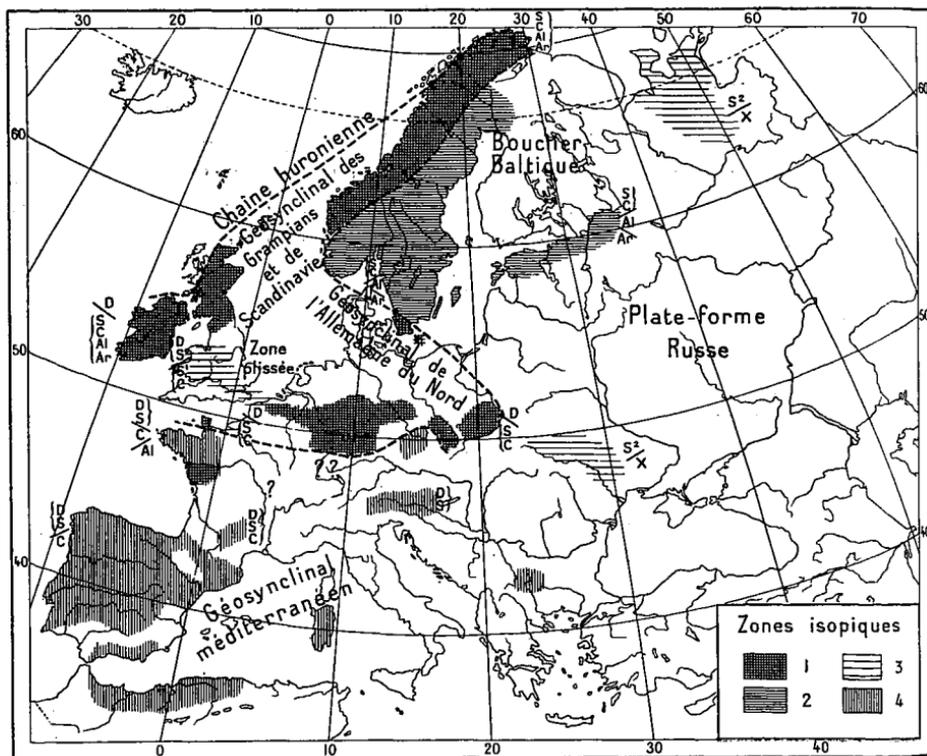


Fig. 227. — Carte des zones tectoniques et isopiques de l'Europe à l'époque Silurienne.

1, géosynclinaux en voie de comblement (future chaîne calédonienne); 2, formations bathyales et néritiques horizontales (Cambrien et Silurien concordants); 3, Gothlandien néritique horizontal, discordant sur son substratum; 4, géosynclinaux avec Silurien et Dévonien concordants.

Ar, Archéen; Al, Algonkien; X, terrains métamorphiques d'âge indéterminé; C, Cambrien; S, Silurien; S', Ordovicien; S'', Gothlandien; D, Dévonien.

une exondation complète du géosynclinal ont suivi immédiatement la période Ordovicienne. Le Gothlandien est inconnu sur tout le versant pacifique, depuis l'Alaska jusqu'au Mexique. Il en est de même au sud du bouclier Canadien, dans l'Oklahoma, l'Arkansas, le Texas.

Sur le bord atlantique du continent, l'exondation à la fin de l'Ordovicien n'est pas complète, elle affecte toute la partie orientale du géosynclinal des Appalaches et un mouvement orogénique donne

naissance, sur son emplacement, aux monts Taconiques. En même temps, un géantoclinal, la ride de Helderberg, prend naissance plus à l'ouest (fig. 224, 225) et sépare de l'intérieur du continent un chenal qui restera en communication par le nord-est, pendant toute la période gothlandienne, avec les eaux de la province de l'Europe septentrionale.

Il semble que, dans l'Amérique du Sud, également, des mouvements orogéniques ont donné lieu, à la fin de l'Ordovicien, à l'exondation au moins partielle de la région andine, car le Gothlandien y fait souvent défaut, le Dévonien reposant directement sur l'Ordovicien.

En Europe, il se produit, au même moment, au pays de Galles et dans les Midland Counties de l'Angleterre, des plissements qui paraissent localisés dans ces régions. L'Ordovicien, en grande partie bathyal, y est plissé et supporte en discordance le Gothlandien néritique, qui depuis est resté peu disloqué.

Les mouvements orogéniques les plus importants qui se soient manifestés en Europe dans la première moitié des temps primaires sont ceux de la fin du Silurien. C'est l'époque où prend naissance la *chaîne calédonienne*, dont la formation se continue d'ailleurs jusque vers le milieu du Dévonien. Nous y reviendrons dans le chapitre suivant. Pour le moment, il suffit de rappeler que, dans le géosynclinal des Grampians, aussi bien que dans celui de Scanie et de Bornholm, la profondeur des eaux était moindre à la fin du Gothlandien qu'au début. En Écosse, la mer se transforme en lagune dès la fin du Ludlow, et en Scanie, au même moment, des grès font suite aux schistes à Graptolithes, indiquant le comblement du géosynclinal dans lequel s'étaient accumulées, depuis la période Cambrienne, de si grandes épaisseurs de sédiments vaseux de mer profonde.

Dans les régions plus méridionales, par contre, où le géosynclinal ne sera que plus tard le siège de mouvements orogéniques, on observe partout, et en particulier dans le massif Armoricaïn, en Bohême et dans les Alpes Carniques, une continuité parfaite entre le Silurien et le Dévonien, sans aucune tendance à l'exondation du géosynclinal à la fin du Gothlandien.

En résumé, la transgression qui se manifeste dès le Cambrien sur les aires continentales atteint son maximum au Gothlandien; elle est compensée par une régression dans les géosynclinaux, qui commence dès le Cambrien supérieur dans certaines régions et qui atteint également son maximum au Gothlandien. Les deux mouvements, le

premier épirogénique, le second orogénique, sont complémentaires, conformément à la loi énoncée dans la première partie de cet ouvrage (chap. XXVIII).

PHÉNOMÈNES VOLCANIQUES. — De même que les mouvements orogéniques jouent un rôle plus important au Silurien qu'au Cambrien, l'activité éruptive se réveille dès l'Ordovicien, au moins dans certaines régions. En Écosse, on observe des laves andésitiques avec leurs tufs, des diabases en intrusions ou en coulées à la base de l'Arenig. Dans le Pays de Galles et dans le Shropshire, des manifes-

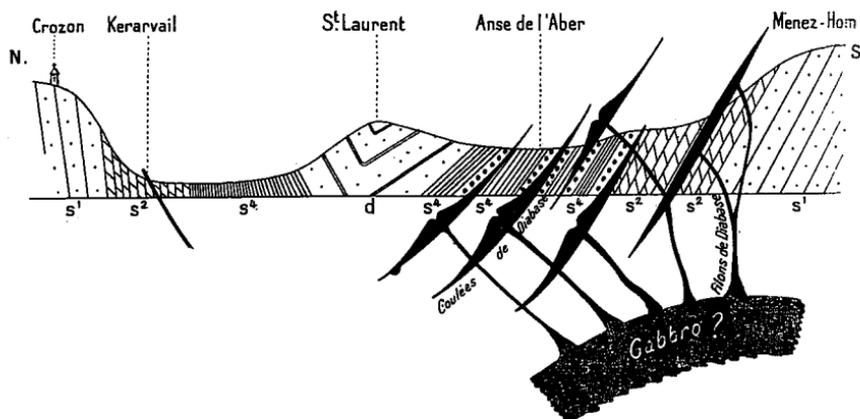


Fig. 228. — Reconstitution des volcans siluriens du Menez-Hom, Finistère (d'après CH. BARROIS).

s¹, Grès Armoricaïn; s², Ordovicien supérieur; s³, Gothlandien; d, Dévonien.

tations volcaniques très violentes ont eu lieu, à la même époque, à en juger par les intercalations puissantes de rhyolithes, d'andésites, de diabases en coulées, accompagnées de leurs projections. Plus haut, le calcaire de Bala passe localement à des tufs d'une épaisseur immense. En Irlande, les éruptions se continuent jusqu'à l'époque Gothlandienne [XVIII, 2].

En Scandinavie et en particulier dans la région de Christiania, les venues granitiques et syénitiques et tout le cortège de roches volcaniques qui les accompagnent ont bien traversé les dépôts siluriens, mais ces éruptions semblent dater de la période qui a suivi immédiatement la formation des plissements calédoniens.

En France, on doit à Barrois [83] de belles études sur les dykes et les coulées de diabases et d'andésites d'âge silurien du Menez-Hom, dans le Finistère (fig. 228), et en particulier la découverte des bombes, des lapilli, des cendres dont la projection a accompagné l'éruption.

Dans l'Europe centrale, les coulées de diabase interstratifiées dans le Silurien sont fréquentes dans certains pays, comme par exemple en Bohême, mais elles n'atteignent pas le développement qu'elles prennent en Angleterre.

Dans l'Amérique du Nord, les manifestations éruptives sont rares, aussi bien à l'Ordovicien qu'au Gothlandien. C'est à cette dernière période que l'on attribue les roches volcaniques du Nouveau-Brunswick, de la Nouvelle-Écosse et de l'état de Maine [0,9].

1. — RODERICK IMPEY MURCHISON. On the Structure and Classification of the Transition Rocks of Shropshire, Herefordshire and part of Wales, and on the Lines of Disturbance which have affected that Series of Deposits, including the Valley of Elevation of Woolhope. *Proc. of the Geol. Soc. of London*, II, p. 13-18, tabl., 1834.

2. — ID. On the Silurian system of rocks. *Philos. Magaz.*, VII, p. 46-52, 1835.

3. — ID. The Silurian System. 1 vol. in-4°, 768 p., 112 fig., 31 pl. de fossiles, 14 pl. cartes et coupes. London, 1839.

4. — ID. Siluria, the history of the oldest fossiliferous rocks and their foundations. 3<sup>d</sup> edit. 1 vol. in-8°, 592 p., fig., 41 pl., cartes. London, 1859.

5. — JOACHIM BARRANDE. Système silurien du Centre de la Bohême. Nombreux volumes in-4° avec planches, en cours. Prague, 1852 — .

6. — FRITZ FRECH. Lethæa Geognostica. I. Lethæa Palæozoica, II, 2. Das Silur, p. 61-117, fig., 1897.

7. — EMILE HAUG. Silurien. *La Grande Encyclopédie*, XXX, p. 30-38, 1901.

8. — JOACHIM BARRANDE. Faune silurienne des environs de Hof, en Bavière. 1 br. in-8°, p. 31-110, 1 pl. Prague, 1868.

9. — W. C. BRÖGGER. Ueber die Verbreitung der Euloma-Niobe-Fauna (der Ceratopygenkalkfauna) in Europa. *Nyt Mag. for Naturvidensk.*, XXXV, p. 164-240, 10 fig., 1896.

10. — J. F. POMPECKJ. Ein neuentdecktes Vorkommen von Tremadoc-Fossilien bei Hof. 1. *Ber. d. nordoberfränk. Ver. f. Naturgesch. u. Landesk.*, p. 100-117, pl. II, 1897.

11. — ID. Aus dem Tremadoc der Montagne Noire (Süd-Frankreich). *Neues Jahrb. f. Miner.*, 1902, I, p. 1-22, fig. 1, 2.

12. — CHARLES LAPWORTH. On the Tripartite Classification of the Lower Palæozoic Rocks. *Geol. Mag.*, N. S., dec. 2, VI, p. 1-15, 1879.

13. — ID. On the Geological Distribution of the Rhabdophora. *Ann. a. Mag. of Nat. Hist.*, ser. 5, III, p. 245-257, 449-455; IV, p. 333-341, 423-431; V, p. 45-62, 273-285, 358-369; VI, p. 16-29, 185-207, 1879-1880.

14. — G. LINNARSSON. On the vertical Range of the Graptolitic Types in Sweden. *Geol. Mag.*, N. S., Dec., 2, III, p. 241-245, 1876.

15. — H. ALLEYNE NICHOLSON. Note on the Correlation of the Graptolitic Deposits of Sweden with those of Britain. *Ibid.*, p. 245-249, pl. IX, 1876.

16. — CHARLES BARROIS. Mémoire sur la distribution des Graptolites en France. *Annales de la Soc. géol. du Nord*, XX, p. 75-193, 1892.

17. — J. C. MOBERG. Ett par bidrag till kännedomen om Skånes dicellograp-tusskiffer. *Geol. Fören. i Stockholm Förh.*, XXIX, p. 75-88, 1 pl., 1907.

18. — RUDOLF RUEDEMANN. Graptolites of New-York. I. Graptolites of the

Lower Beds. *New York State Museum. Mem.* 7, p. 455-803, 104 fig., 17 pl., 1904.

19. — B. D. PEACH and JOHN HORNE. The Silurian Rocks of Britain. Vol. I, Scotland. *Mem. of the Geol. Surv. of the U. Kingdom*, XVIII+749 p., 121 fig., 27 pl., 1 carte, 1899.

20. — H. ALLEYNE NICHOLSON and ROBERT ETHERIDGE. A Monograph of the Silurian Fossils of the Girvan District in Ayrshire. 1 vol. in-8°, 341 p., 24 pl. Edinburgh and London, 1878-1880.

21. — HANS H. REUSCH. Die Fossilien führenden krystallinischen Schiefer von Bergen in Norwegen. Deutsche Ausgabe von Richard Baldauf. 1 vol. in 8°, 434 p., 92 fig., 1 carte. Leipzig, 1883.

22. — W. C. BRÖGGER. Die silurischen Etagen 2 und 3 im Kristianiagebiet und auf Eker. *Universitätsprogramm für 2. Sem. 1882*. 1 vol. gr. in-8°, VIII + 376 p., 47 fig., 13 pl. Kristiania, 1882.

22 bis. — ANDERS HENNIG. Geologischer Führer durch Schonen. *Samml. geol. Führer*, VII. 1 vol. in-16, 182 p., 1 carte, 35 fig. Berlin, 1900.

22 ter. — W. DEECKE. Geologischer Führer durch Bornholm. *Ibid.*, III. 1 vol. in-16, 130 p., 1 carte, 7 fig. Berlin, 1899.

23. — F. SCHMIDT. On the Silurian (and Cambrian) strata of the Baltic Provinces of Russia, as compared with those of Scandinavia and the British Isles. *Quart. Journ. Geol. Soc.*, XXXVIII, p. 514-536, pl. XXIII, 1 fig., 1882.

24. — W. L. LAMANSKI. Neue Beiträge zur Vergleichung des Ost-Baltischen und Skandinavischen Unter-Silurs. *Centralbl. f. Miner.*, 1901, p. 614-618.

25. — HENRY HICKX. On the Tremadoc Rocks in the Neighbourhood of St. David's, South Wales and their Fossil Contents. *Quart. Journ. Geol. Soc.*, XXIX, p. 39-52, p. III-V, 1872.

26. — Id. On the Succession of the Ancient Rocks in the vicinity of St David's, Pembrokeshire, with special reference to those of the Arenig and Llandeilo Groups, and their Fossil Contents., *Ibid.*, XXXI, p. 167-193, pl. VIII-XI, 1875.

27. — HERBERT LAPWORTH. The Silurian Sequence of Rhayader. *Quart. Journ. Geol. Soc.*, LVI, p. 67-137, 22 fig., pl. VI-VII, 1900.

28. — C. MALAISE. Sur le Silurien de Belgique. *Congr. géol. intern. C. R. de la 8<sup>e</sup> sess., en France*, p. 561-571, 1901.

29. — GEORG GÜRICH. Das Palæozoicum im Polnischen Mittelgebirge. *Verh. d. russ.-kais. Miner. Ges. zu St. Petersburg.*, XXXII, 539 p., fig., 15 pl., 1 carte, 1896.

29 bis. — J. J. JAHN. Beiträge zur Stratigraphie und Tektonik der mittelböhmisches Silur-Formation. *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst.*, XLII, p. 397-462, 6 fig., 1893.

30. — CHARLES BARROIS. Mémoire sur la faune du Grès armoricain. *Annales Soc. Géol. Nord*, XIX, p. 134-237, pl. I-V, 1891.

31. — F. KERFORNE. Note sur l'Ordovicien de May-sur-Orne (Calvados). *Bull. Soc. scient. et méd. de l'Ouest*, II, p. 112-116, 1893.

32. — Id. Étude de la région silurique occidentale de la presqu'île de Crozon (Finistère). 1 vol. in-8°, 234 p., 30 fig., 2 pl. Rennes, 1901.

33. — PHILIPPE POČTA. — Parallèle entre les dépôts siluriens de la Bretagne et de la Bohême. *Bull. Soc. d'Études scient. d'Angers*, N. S., 24<sup>e</sup> ann., p. 137-146, 1894.

34. — FRITZ FRECH. Ueber die Entwicklung der silurischen Sedimente in Böhmen und im Südwesten Europas. *Neues Jahrb. f. Miner.*, 1899, II, p. 164-176, 6 fig.

35. — JOHAN KIAER. The Lower Silurian at Khabarova. *The Norwegian North Polar Expedit. 1893-1896. Scient. Results*, IV, 12, 16 p., 1 pl., 1904.

36. — E. VON TOLL. Ueber die Verbreitung des Untersilur und Cambrium, in Sibirien. *Neues Jahrb. f. Miner.*, 1895, II, p. 156-166.

37. — A. MARTELLI. Fossili del Siluriano inferiore del Schensi (Cina). *Boll. Soc. geol. Ital.*, XII, p. 295-310, 1 pl., 1902.
38. — FRITZ FRECH. Ueber paläozoische Faunen aus Asien und Nordafrika. *Neues Jahrb. f. Miner.*, 1875, II, p. 47-67, 11 fig.
39. — H. H. HAYDEN. The Geology of Spiti, with parts of Bashahr and Rupsu. *Mem. of the Geol. Surv. of India*, XXXVI, p. 1-129, pl. I-XVIII, 1904.
40. — F. R. COWPER REED. The Lower Palæozoic Fossils of the Northern Shan States, Burma. *Palæontologia Indica*, N. S., II, 3, 154 p., 8 pl., 1906.
41. — T. S. HALL. The Graptolite-bearing rocks of Victoria, Australia. *Geol. Mag. N. S.*, dec. 4, VI, p. 439-451, pl. XXII, 1899.
42. — N. H. DARTON. Fish Remains in Ordovician Rocks in Bighorn Mountains, Wyoming, with a Résumé of Ordovician Geology of the Northwest. *Bull. of the Geol. Soc. of Amer.*, XVII, p. 541-566, pl. 73-79, 1906.
43. — E. O. ULRICH and CHARLES SCHUCHERT. Paleozoic seas and barriers in Eastern North America. *New York State Museum. Bull. 52 (Paleont. 6, Report of the State Paleontologist, 1901)*, p. 633-672, pl. IX, 1902.
44. — RUDOLF RUEDEMANN. The Graptolite (Levis) facies of the Beekmantown formation in Rensselaer county. *Ibid.*, p. 546-575, pl. II, 1902.
45. — EDWARD ORTON. The Trenton Limestone as a source of petroleum and inflammable gas in Ohio and Indiana. *8<sup>th</sup> Ann. Rep<sup>t</sup> U. S. Geol. Surv.*, II, p. 475-662, pl. LIV-LX, 1889.
46. — STEINMANN und BÜCKING. Zur Geologie der Küsten des Cumberlandgolfes. *Ergebnisse d. D. Polar-Expedit.* Allg. Th., II, 6. 11 p. (sep. sans date).
47. — R. ETHERIDGE. Palæontology of the Coasts of the Arctic Lands visited by the late British Expedition under Captain Sir George Nares. *Quart. Journ. Geol. Soc.*, XXXIV, p. 568-639, pl. XXV-XXIX, 1878.
48. — E. GUNNAR ANDERSSON. Ueber die Stratigraphie und Tektonik der Bären Insel. *Bull. of the Geol. Institution of the Univers. of Upsala*, IV, p. 243-280, 2 tabl., pl. VIII-X, 1900.
49. — E. KAYSER. Weiterer Beitrag zur Kenntniss der älteren paläozoischen Faunen Süd-Amerikas. *Zeitschr. d. D. geol. Ges.*, I, p. 423-428, pl. XVI, 1898.
- 49 bis. — E.-F. GAUTIER ET R. CHUDEAU. Missions au Sahara. I, Sahara Algérien, par E.-F. GAUTIER. 1 vol. in-8°, 371 p., 65 fig., 2 cartes, 52 pl. phototypie. Paris, 1908.
50. — CARL WIMAN. Ueber die Silurformation in Jemtland. *Bull. of the Geol. Institution of the Univers. of Upsala*, I, p. 256-276, fig., 1 tabl., 1894.
51. — JOHAN KIAER. Etage 5 i Asker ved Kristiania. Studier over den norske Mellemsilur. *Norges geol. undersøgelses aarvog for 1892*, n° 1, p. 1-112, fig., 1901.
52. — G. LINDSTRÖM. Ueber die Schichtenfolge des Silur auf der Insel Gotland. *Neues Jahrb. f. Miner.*, 1888, I, p. 147-163, pl. V.
53. — W. DAMES. Ueber die Schichtenfolge der Silurbildungen Gotlands und ihre Beziehungen zu obersilurischen Geschieben Norddeutschlands. *Sitzungsber. d. k. preuss. Akad. d. Wiss. zu Berlin*, 1890, XLII, p. 1111-1129.
54. — CARL WIMAN. Ueber silurische Korallenriffe in Gotland. *Bull. of the Geol. Institution of the Univers. of Upsala*, III, p. 311-326, pl. VIII-X, 1898.
55. — ALEXANDER GRAF KEYSERLING. Wissenschaftliche Beobachtungen auf einer Reise in das Petschora-Land, im Jahre 1843. 1 vol. in-4°, 464 p., atlas 22 pl., 2 cartes. St-Petersburg, 1846.
56. — N. LEBEDEFF. Obersilurische Fauna des Timan. *Mém. du Comité géol.*, XII, 2, 49 p., 3 pl., 1892.
57. — G. LINDSTRÖM. Silurische Korallen aus Nord-Russland und Sibirien. *Bihang till k. Svenska Vet. Akad. Handl.*, VI, 18, 23 p., 1 pl., 1882.
58. — ALOIS v. ALTH. Die paläozoischen Gebilde Podoliens und deren

Versteinerungen. I. *Abhandl. d. k. k. geol. Reichsanst.*, VII, 1, 78 p., 5 pl., 1874.

59. — P. WENJUKOW. Die Fauna der silurischen Ablagerungen des Gouvernements Podolien. *Materialien z. Geol. Russlands*, XIX, p. 21-266, pl. I-IX, 1899.

60. — JOS. VON SIEMIRADZKI. Die paläozoischen Gebilde Podoliens. *Beitr. z. Paläont. Oesterr.-Ungarns*, XIX, p. 173-286, pl. XV-XXI, 1906.

61. — CHARLES BARROIS. La faune silurienne de Wenlock à Liévin (Pas-de-Calais). *Annales Soc. Géol. du Nord*, XXVII, p. 178-180, 1898.

62. — Id. L'extension du Silurien supérieur dans le Pas-de-Calais. *Ibid.*, XXVII, p. 212-225, 1 fig., 1898.

63. — A. DENCKMANN. Der geologische Bau des Kellerwaldes. *Abh. d. k. preuss. geol. Landesanst.*, N. F., 34, 88 p., 3 cartes, 1901.

64. — EUG. NOËL. Note sur la faune des galets du Grès Vosgien. *Bull. Soc. des Sciences de Nancy*. Sér. III, VI, n° 3, p. 46-73, pl. A, B, 1905.

65. — CHARLES BARROIS. Note sur les Graptolites de la Catalogne et leurs relations avec les étages graptolitiques de France. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 4<sup>e</sup> sér., I, p. 637-646, 1902.

66. — M. CANAVARI. Fauna dei calcari nerastri con *Cardiola* ed *Orthoceras* di Xea Sant'Antonio in Sardegna. I. *Palæontogr. Italica*, V, p. 189-210, pl. XXV-XXVI, 1900.

67. — G. STACHE. Ueber die Silurbildungen der Ostalpen mit Bemerkungen über die Devon-, Carbon- und Perm-Schichten dieses Gebietes. *Zeitschr. d. D. geol. Ges.*, XXXVI, p. 277-378, 1 tabl., 1884.

68. — FRITZ FRECH. Die Karnischen Alpen, ein Beitrag zur vergleichenden Gebirgs-Tektonik. *Abh. d. naturf. Ges. zu Halle*, XVIII, XIV + 515 p., 3 cartes, 24 pl., 96 fig., 1892-1894.

69. — D. G. ALLACHVERDJEFF. Vorläufige Mitteilung über den ersten Fund von Silur in Bulgarien. *Centralbl. f. Miner.*, 1905, p. 579-684.

70. — EDUARD VON TOLL. Die paläozoischen Versteinerungen der Neusibirischen Insel Kotelnj. *Mém. de l'Acad. Imp. des Sciences de Saint-Petersb.*, 7<sup>e</sup> sér., XXXVII, 3, p. 1-56, pl. I-V, 1889.

71. — JAMES RICHARDSON, E. BILLINGS. Report for the year 1856. *Geol. Surv. of Canada. Report of progress for the years 1853-1856*, p. 191-255, 1 pl., 1857.

72. — JAMES HALL. Natural History of New-York. VI, Palæontology. 8 vol. in-8°, avec nombr. pl. Albany, 1847-1894.

73. — Id. Descriptions of the species of fossils found in the Niagara Group. *Geol. Surv. of Indiana, 11<sup>th</sup> Rep<sup>t</sup> of the State Geologist*, p. 217-345, pl. I-XXXVI.

74. — FERDINAND ROEMER. Die silurische Fauna des westlichen Tennessee. Eine paläontologische Monographie. 1 vol. in-4°, 100 p., 5 pl. Breslau, 1860.

75. — JOHN M. CLARKE and RUDOLF RUEDEMANN. Guelph Fauna in the State of New-York. *New York State Museum*, Mem. 5, 195 p., 24 pl., 1903.

76. — C. A. HARTNAGEL. Preliminary observations on the Cobleskill (« Coralline ») Limestone of New-York. *New York State Museum*, Bull. 69, p. 1109-1175, 3 pl., 5 fig., 1903.

77. — STUART WELLER. The Silurian Fauna interpreted on the Epicontinental Basis. *Journ. of Geol.*, VI, p. 692-703, fig. 1, 2, 1898.

78. — FRIEDRICH KATZER. Grundzüge der Geologie des unteren Amazonasgebietes (des Staates Pará in Brasilien). 1 vol. in-8°, 296 p., 261 fig., 4 pl., 1 carte. Leipzig, 1903.

79. — JOHN M. CLARKE. The Palæozoic Faunas of Pará, Brazil. I. The Silurian Fauna of the Rio Trombetas. *Archivos do Museu Nacional do Rio de Janeiro*, X. Author's Engl. Edit., p. 1-24, pl. I-II, 1900.

80. — F. FOUREAU. Documents scientifiques de la Mission Saharienne (mission Foureau-Lamy). 2 vol. in-4°, IV + 1210 p., 428 fig., 30 pl., atlas de 16 cartes. Paris, 1905. Paléontologie, par ÉMILE HAUG, p. 751-832, pl. XII-XVII.

81. — G.-B.-M. FLAMAND. Sur l'existence de schistes à graptolithes, à Haci-El-Khenig (Sahara central). *C. R. Ac. Sc.*, CXL, p. 954-957, 1905.

82. — LOUIS GENTIL. Sur la présence de schistes à Graptolithes dans le Haut-Atlas marocain. *Ibid.*, CXL, p. 1659-1660, 1905.

83. — CH. BARROIS. Mémoire sur les éruptions diabasiques siluriennes du Menez-Hom (Finistère). *Bull. Serv. Carte Géol. France*, n° 7, 74 p., 1 pl., 23 fig., 1890.

V. aussi : 0, 1, 4, 6, 9; VI, 6; XIV, 15; XVIII, 2; XXX, 11; XXXI, 8, 9-11, 16-18; XXXII, 1-4, 12, 14, 19 bis, 20, 27, 28, 32, 33, 39, 43, 51, 55, 56; XXXIV, 78.

## CHAPITRE XXXIV

### PÉRIODE DÉVONIENNE

- 1° Caractères généraux : Caractères paléontologiques. — Principaux faciès. — Délimitation et subdivisions.
- 2° Répartition géographique et principaux types : Régions nordatlantiques. — Bande dévono-rhénane. — Bande de Bohême et d'Armorique. — Sud-Ouest de l'Europe. — Alpes orientales. — Europe orientale. — Asie et Australie. — Amérique du Nord. — Amérique du Sud et Afrique.
- 3° Résultats généraux : Résultats paléogéographiques. — Provinces zoologiques. — Climat. — Mouvements orogéniques et épirogéniques. — Phénomènes volcaniques.

Le système *Dévonien* a été introduit dans la chronologie géologique en 1839 par Sedgwick et Murchison [1] à l'effet de créer pour l'*Old Red Sandstone* et pour ses équivalents une dénomination analogue à celles de Cambrien et de Silurien, que les mêmes auteurs avaient proposées quelques années auparavant pour désigner les formations sédimentaires les plus anciennes de la Grande-Bretagne. Le nom est tiré du comté de Devon, ou Devonshire, dans le Sud de l'Angleterre, où l'*Old Red Sandstone* lagunaire est remplacé par des formations marines.

Il a le privilège d'être employé dans tous les pays sans exception, et les limites du système, telles que nous les préciserons plus loin, sont non moins généralement admises [2, 3].

#### 1° CARACTÈRES GÉNÉRAUX

CARACTÈRES PALÉONTOLOGIQUES. — Pour la première fois, dans l'histoire des périodes géologiques, nous nous trouvons en présence de restes de Végétaux suffisamment abondants pour que, de leur examen, il soit possible d'acquérir une vue d'ensemble, au moins sommaire, de la flore de l'époque. Par tous ses caractères, cette flore se rapproche beaucoup de celle du début du Carbonifère, et il n'est guère de types qui soient tout à fait spéciaux au Dévonien.

Les genres les plus répandus se répartissent de la manière suivante entre les grandes divisions des CRYPTOGAMES VASCULAIRES :

- ÉQUISÉTINIÈRES : *Archæocalamites*, *Calamodendron*, *Sphenophyllum*, *Annularia*, *Asterophyllites* ;  
 PTÉRIDOPHYTES : *Archæopteris*, *Alethopteris*, *Neuropteris*, *Palæopteris*, *Cyclopteris*, *Sphenopteris* ;  
 LYCOPODINIÈRES : *Lepidodendron*, *Sigillaria*.

On signale aussi, quoique d'une manière dubitative, des représentants des *Cordailées*, c'est-à-dire des GYMNOSPERMES.

La position systématique des tiges que l'on a décrites sous le nom de *Psilophyton* est encore douteuse.

Dans la *faune*, la plupart des classes d'INVERTÉBRÉS sont représentées, comme on peut en juger par la liste suivante des genres les plus caractéristiques :

#### PROTOZOAIRES

FORAMINIFÈRES : *Bulimina*.

RADIOLAIRES.

#### SPONGIAIRES

- a) **HEXACTINELLIDÉS**. *Dictyospongiæ* : *Dictyophyton*, *Uphantænia*, *Hydnoceras*.  
 b) **CALCISPONGIÉS**. *Pharetrones* : *Perodinnella*.

#### COELENTERÉS

- a) **ANTHOZOAIRES**. **TABULÉS** : *Favosites*, *Trachypora*, *Abecolites*, *Pleurodictyum* (pl. LXXXI, 2), *Aulopora*, *Chonostegites*.  
**TÉTRACORALLIAIRES** [4] : *Hædrophyllum*, *Microcyclus*, *Zaphrentis*, *Amplexus*, *Cyathophyllum*, *Heliophyllum*, *Calceola*.  
**OCTOCORALLIAIRES** : *Heliolites*, *Plasmopora*.  
 b) **HYDROZOAIRES**. **STROMATOPORIDÉS** : *Stromatopora*, *Caunopora*, *Hermatostroma*, *Idiostroma*.  
**GRAPTOLITHIDÉS**. *Dendroïdes* : *Dictyonema*.

#### ÉCHINO DERMES

- a) **PELMATOZOAIRES**. **CRINOÏDÉS** : *Cococrinus*, *Hexacrinus*, *Dorycrinus*, *Megistoecrinus*, *Orthocrinus*, *Rhipidocrinus*, *Thylacocrinus*, *Eucalyptocrinus*, *Gasterocoma*, *Homocrinus*, *Lecythocrinus*, *Sphærocrinus*, *Lophocrinus*.  
**CYSTOÏDÉS** : *Proteocystites*, *Anomalocystites*, *Agelacrinus*, *Tiaracrinus*.  
**BLASTOÏDÉS** : *Pentremitea*, *Elæacrinus*, *Codaster*, *Phænoschisma*, *Cryptoschisma*, *Eleutherocrinus*.  
 b) **ASTÉROZOAIRES**. **OPHIUROÏDÉS** : *Eugaster*, *Palæophiura*, *Protaster*, *Ophiurina*.  
**ASTÉROÏDÉS** : *Aspidosoma*, *Palæostella*, *Rømeraster*, *Echinasterella*.  
 c) **ÉCHINOZOAIRES**. **ÉCHINOÏDÉS** : *Lepidocentrus*, *Xenocidaris*.

#### VERS

- ANNÉLIDES** : *Spirorbis*, *Cornulites*.  
 (?) **Tentaculitidés** : *Tentaculites* (pl. LXXXI, 1), *Coleoprion*.

#### VERMIDIENS

- a) **BRYOZOAIRES**. **CYCLOSTOMES** : *Diastoporidæ* (*Hederella*, *Reptaria*), *Entalophoridæ* (*Glonopora*), *Fistuliporidæ* (*Fistulipora*, *Cyclotrypa*, *Lichenotrypa*, *Selenopora*).  
**TREPTOSTOMES** : *Monticuliporidæ*, *Calloporidæ*, *Batostomellidæ* (*Batostomella*), etc.  
**CRYPTOSTOMES** : *Ptilodictyonidæ* (*Ptilodictya*, *Intrapora*), *Cystodictyonidæ* (*Tæniopora*), *Fenestellidæ* (*Fenestella*, *Hemitrypa*).  
 b) **BRACHIOPODES**. **INARTICULÉS** : *Lingulidæ*, *Trematidæ* (*Øhlerella*, *Schizobolus*), *Discinidæ* (*Lindstrømmella*, *Rømerella*), *Craniidæ*.  
**ARTICULÉS** : *Strophomenidæ* (*Strophæodonta*, *Leptæna*, *Davidsonia*, *Orthotetes*, *Hipparionyx*, *Kaysereella*), *Productidæ* (*Chonetes*, *Strophalosia*, *Productella*), *Orthidæ* (*Orthis*), *Pentameridæ*

(*Conchidium*, *Pentamerella*, *Gypidula*, *Amphigenia*), *Atrypidæ* (*Atrypa*), *Spiriferidæ* (*Cyrtina*, *Uncites*, *Spirifer* [5], *Cyrtia*), *Athyridæ* (*Rhynchospira*, *Retzia*, *Vitulina*, *Athyris*, *Cœlospira*), *Koninckinidæ* (*Meristella*), *Rhynchonellidæ* (*Camarotæchia*, *Liorhynchus*, *Wilsonia*, *Uncinulus*, *Eatonia*), *Centronellidæ* (*Centronella*, *Rensseleria*, *Oriskanya*, *Trigeria*), *Stringocephalidæ* (*Stringocephalus*), *Terebratulidæ* (*Megalanteris*), *Terebratellidæ* (*Tropidoleptus*).

## MOLLUSQUES

a) **LAMELLIBRANCHES** [7]. **PALÉOCONQUES** : *Solenopsis*, *Grammysia*, *Buchiola*, *Conocardium*.

**TAXODONTES** : *Nucula*, *Clidophorus*.

**ANISOMYAIRES** [6] : *Pterinea*, *Kochia*, *Actinodesma*, *Gossetelia*, *Lunulocardium*, *Ambonychia*, *Palæopinna*, *Avicula*, *Limopteria*, *Myalina*, *Aviculopecten*, *Modiomorpha*.

**SCHIZODONTES** : *Myophoria*.

**EULAMELLIBRANCHES** : *Amnigenia*, *Megalodon*, *Cypricardella*, *Curtonotus*, *Paracyclas*, *Palæosolen*.

b) **PTÉROPODES et FAMILLES DE POSITION INCERTAINE**. *Styliolina*.

*Conularia*.

c) **GASTÉROPODES**. *Pleurotomariidæ*, *Bellerophontidæ*, *Euomphalidæ*, *Turbinidæ*, *Trochidæ*, *Pyramidellidæ*, *Scalariidæ*, *Littorinidæ*, *Capulidæ*, etc.

d) **CÉPHALOPODES**. **NAUTILOÏDÉS** : *Orthoceras*, *Gomphoceras*, *Nothoceras*, *Pleuonautilus*, *Trochoceras*.

**AMMONOÏDÉS** [8] : *Bactrites*, *Gyroceras*, *Anarcestidæ* (*Anarcestes*, *Chiloceras*, *Sporadoceras*, *Phariceras*, *Aganides*); *Agoniatitidæ* (*Agoniatites*, *Pinacites*, *Tornoceras*, *Meneceras*); *Gephyrocératidæ* (*Gephyroceras* (fig. 232), *Timanites*, *Beloceras*); *Clymenidæ* (fig. 233) (*Clymenia*, *Oxyclymenia*, *Sellacymenia*, *Goniclymenia*).

## ARTHROPODES

a) **CRUSTACÉS**. **PHYLLOPODES** : *Schizodiscus*.

**OSTRACODES** : *Leperditia*, *Primitia*, *Entomis*, *Cypridina*.

**CIRRHIPODES** : *Lepidocoleus*, *Turrilepas*, *Palæocreusia*.

**GIGANTOSTRACÉS** : *Eurypterella*, *Slimonia*.

**XIPHOSURES** : *Protolimulus*.

**TRILOBITES** : *Harpes*, *Proetus*, *Dechenella*, *Bronteus*, *Ceratolichas*, *Ancyropyge*, *Calymmene*, *Homalonotus*, *Phacops*, *Trimeroccephalus*, *Dalmania*, *Cryphæus* (fig. 229).

**PHYLLOCARIDÉS** : *Echinocaris*, *Ptyhocaris*, *Elymocariss*, *Rhinocaris*, *Dipterocariss*.

**SCHIZOPODES** : *Palæopalæmon*.

b) **MYRIAPODES**. *Archidesmus*.

c) **INSECTES**. Plusieurs genres de Neuroptères et d'Hémiptères dans le Dévonien du Nouveau-Brunswick.

Les **VERTÉBRÉS** sont représentés par des types très variés de Poissons, mais on ne connaît encore au Dévonien aucun Vertébré marcheur. Voici comment peuvent être groupés <sup>1</sup> les principaux genres de Poissons dévoniens actuellement décrits :

(?) **CYCLOSTOMES**. *Palæospondylus*.

**SÉLACIENS**. **PLEUROPTÉRYGIENS** : *Cladoselache*.

**ACANTHODIENS** : *Mesacanthus*, *Chiracanthus*, *Diplacanthus*, *Climatius*.

**PLAGIOSTOMES** : *Homacanthus*, *Haplacanthus*.

**HOLOCÉPHALES** : *Ptyctodus*, *Rhynchodus*, *Palæomytus*.

**OSTRACODERMES**. **HETEROSTRACI** : *Theلودus*, *Psammosteus*, *Drepanaspis*.

**ANASPIDA** : *Euphanerops*.

**ASPIDOCEPHALI** : *Cephalaspis*, *Didymaspis*.

**ANTIARCHA** : *Pterichthys*, *Asterolepis*, *Bothriolepis*.

**ARTHRODIRA** : *Coccosteus*, *Dinichthys*, *Titanichthys*, *Homosteus*, *Heterosteus*.

**DIPNEUSTES**. **CTENODIPTERINI** : *Dipterus*, *Phaneropleuron*, *Palædaphus*.

**GANOÏDES**. **CROSSOPTÉRYGIENS** : *Holoptychius*, *Osteolepis*, *Glyptopomus*.

**HÉTÉROCERQUES** : *Chirolepis*.

1. D'après SMITH WOODWARD, in ZITTEL-EASTMAN, Text-book of Palæontology, II.

En résumé, si la faune dévonienne est caractérisée par un assez grand nombre de genres qui lui sont particuliers, tels que *Calceolea*; *Pleurodictyum*, *Haplocrinus*, *Cupressocrinus*, *Stringocephalus*, *Bactrites*, *Anarcestes*, *Cryphæus* (fig. 229), pour ne citer que les plus communs, le nombre des familles et des ordres qui s'y trouvent exclusivement cantonnés est des plus restreints et l'on ne peut guère mentionner que quelques familles de Crinoïdes et, parmi les Poissons, les ordres des *Antiarcha* et des *Arthrodira*. En revanche, plusieurs familles et quelques ordres importants atteignent leur maximum au Dévonien : les *Dictyospongiæ*, les *Stromatoporidæ*, les *Spiriferidæ* [6], les *Aviculidæ* [5], les *Anarcestidæ*, les *Agoniatitidæ*, les *Gephyroceratidæ*, les *Clymenidæ*<sup>1</sup>, les Ostracodermes.

Plusieurs familles ou ordres apparaissent avec le Dévonien, ou plus exactement sont inconnus dans les faunes antérieures, notamment : les Pharétrones, ordre éteint de *Calcspongiæ*; les familles des *Centronellidæ*, des *Terebratulidæ*, des *Terebratellidæ*, qui constituent à elles trois l'ordre des Térébratulacés; parmi les Lamellibranches, les *Pectinidæ*, les *Mytilidæ*, les *Trigoniidæ*, les *Megalodontidæ*, les *Cardiniidæ*; parmi les Crustacés, les Phyllopedes et les Schizopodes; parmi les Insectes, les Neuroptères et les Hémiptères. Mais le trait le plus saillant de la faune dévonienne, c'est l'épanouissement brusque des Ammonoïdés, représentés au Silurien supérieur par une seule espèce, appartenant au genre *Agoniatites*.

Par contre, les Cystoïdés, plusieurs familles de Brachiopodes, les Nautiloïdés et les Trilobites, sont en décroissance. On ne connaît de ces derniers qu'une centaine d'espèces, se répartissant dans une douzaine de genres.

Enfin, on peut signaler, comme caractère négatif, la disparition du genre *Halysites*, de quelques familles ou tribus de Brachiopodes (*Trimerellidæ*, *Lingulasmatidæ*, *Eichwaldiidæ*) et de Lamellibranches (*Vlastidæ*, *Antipleuridæ*, *Ctenodontidæ*, *Lyrodesmidæ*) et surtout celle des Graptolithes rhabdoïdes.

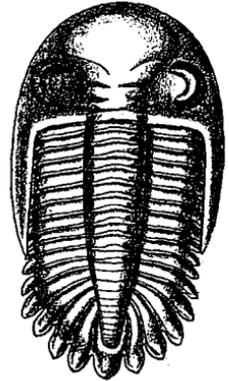


Fig. 229. — *Cryphæus laciniatus*. Dévonien moyen, Daleiden, Eifel (d'après FERD. ROEMER).

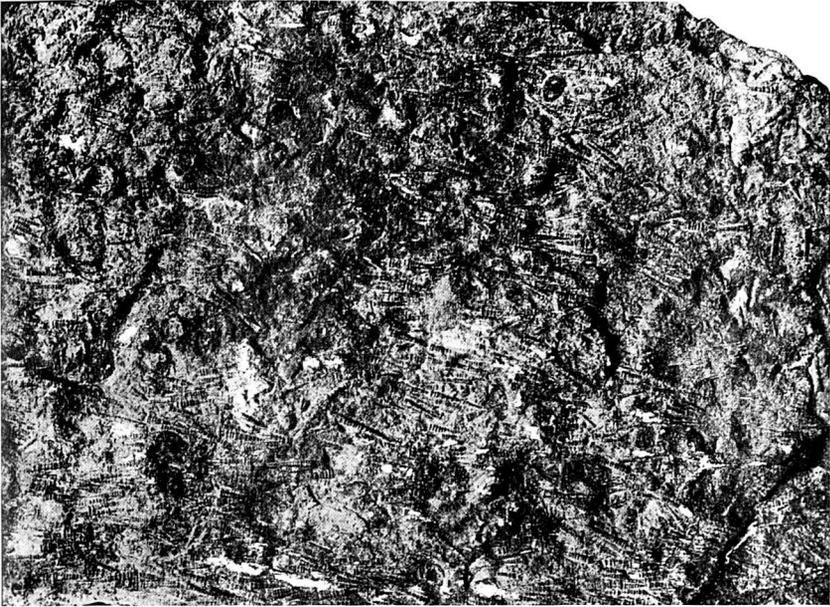
1. On admet généralement que les *Clymenidæ* sont exclusivement cantonnés dans le Dévonien supérieur, mais l'auteur (XXXIII, 80) a reconnu parmi des matériaux recueillis par F. Foureau dans le Carbonifère supérieur de l'Erg d'Issaouan, Sahara central, une *Clymenia*, fort mal conservée, il est vrai.

**PRINCIPAUX FACIÈS.** — Quoi qu'on ait dit, nous ne connaissons pas au Dévonien, si l'on fait abstraction des formations glaciaires, dont il sera question plus loin, de *formations* que l'on puisse avec certitude qualifier de *continentales*, au sens propre du mot, c'est-à-dire de formations subaériennes, fluviales ou lacustres. Tout au plus certaines couches de la série dévonienne du Nouveau-Brunswick rentrent-elles peut-être dans cette dernière catégorie.

L'*Old Red Sandstone*, le *Vieux Grès Rouge*, si développé dans diverses régions de l'Europe, a souvent été envisagé comme une formation lacustre. On faisait valoir en faveur de cette manière de voir l'absence complète, parmi les éléments de leur faune, des Trilobites, des Céphalopodes, des Brachiopodes articulés, des Échinodermes, des Zoanthaires et l'abondance des Poissons, des Gigantotraccés et de certains Lamellibranches (*Amnigenia*), que l'on a attribués aux Unionidés [9]. On y rencontre quelquefois en grande quantité des restes de Végétaux terrestres, mais ces débris ont pu être charriés. Le principal argument que l'on puisse invoquer contre l'origine lacustre du Vieux Grès Rouge, c'est la présence, plusieurs fois constatée dans ce terrain, de Lingules et de représentants du genre *Conularia*. D'autre part, plusieurs genres de Poissons caractéristiques du Vieux Grès Rouge se retrouvent dans d'autres faciès, associés à une faune marine. Il résulte de ces données que l'ensemble des couches connues sous la dénomination de Vieux Grès Rouge doit être rangé dans la catégorie des *formations lagunaires*. Leur dépôt a dû s'effectuer dans des bassins fermés, en communication permanente ou temporaire avec la mer, à salure inférieure ou supérieure à la normale. La Baltique actuelle, les conditions de climat mises à part, semble réaliser assez bien l'état de choses qui régnait à l'époque dévonienne dans l'Europe septentrionale. La mer Caspienne, avec ses grandes profondeurs, ne peut entrer en ligne de compte comme terme de comparaison.

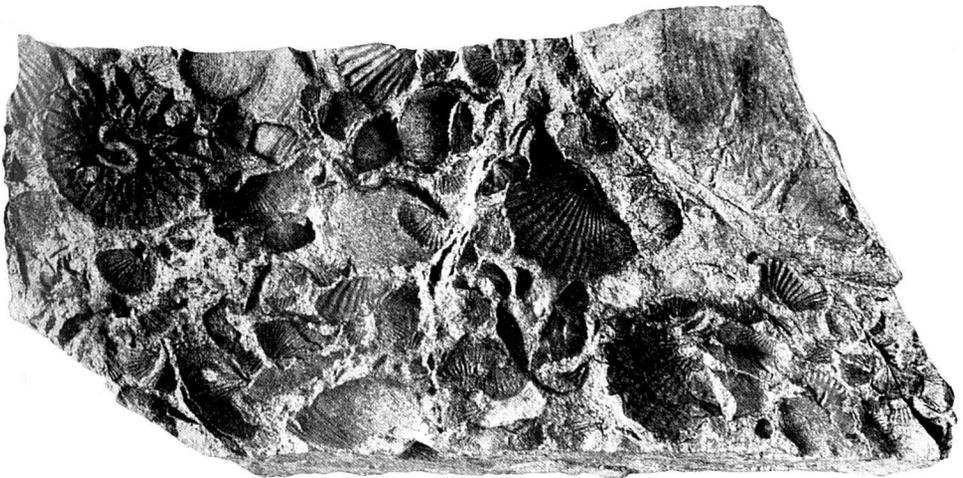
Les *formations néritiques* du Dévonien ne sont pas particulièrement variées. On doit considérer comme telles les grès et les schistes à Lamellibranches (Aviculidés, Myalines), à Brachiopodes (*Spirifer*, *Chonetes*) (pl. LXXXII), à Crinoïdes, à Conulaires<sup>1</sup>; les marnes à Brachiopodes et à Calcéoles, les marnes à Crinoïdes; les calcaires à Brachiopodes ornés, les calcaires à Crinoïdes, les calcaires à Gastéropodes, avec *Megalodus* et Brachiopodes à test épais; les calcaires construits à Stromatopores ou à Tétracoralliaires.

1. Les grauwackes, si répandues dans les terrains dévoniens, sont des grès à ciment calcaire, décalcifiés aux affleurements. Les coquilles et les squelettes calcaires ont laissé des vides dans la roche, séparant le moule interne du moule externe (pl. LXXXI, 2).



Cliché H. Ragot.

TENTACULITES GYRACANTHUS (1/2 gr. nat.)  
Plaquette calcaire du Lower Helderberg (Dévonien inférieur).  
État de New-York.



Cliché H. Ragot.

GRAUWACKE COBLENTZIENNE (gr. nat.)  
avec *Pleurodictyum problematicum* et *Tropidoleptus rhenanus*.  
Oberstadtfeld (Prusse Rhénane).

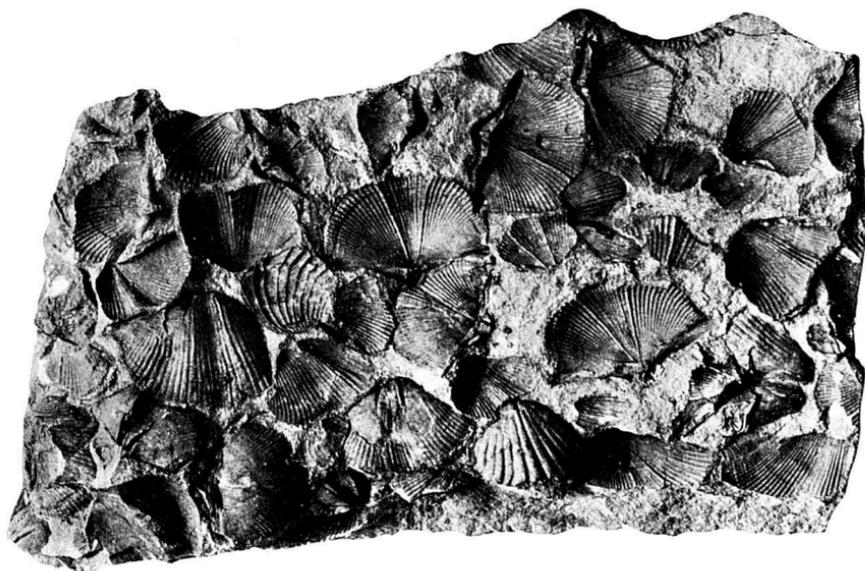


Cliché H. Ragot.

*Chonetes tenuistriata* (1/2 gr. nat.)

Dévonien inférieur.

Saint-Jean (Mayenne).



Cliché H. Ragot.

*Spirifer Verneuli* (2/3 gr. nat.)

Grès de Chemung (Dévonien supérieur). État de New-York.

On peut envisager, par contre, comme *formations bathyales* les schistes à Paléoconques (coquilles à test mince), les schistes à *Tentaculites*, les schistes à Cypridines, les schistes à Astéries, les schistes à *Orthoceras* et à *Goniatites*; les marnes à *Goniatites* pyriteuses, avec Brachiopodes et *Buchiola*; les calcaires bitumineux à *Goniatites*; les marbres griottes, calcaires rouges noduleux à *Goniatites* ou *Clyménies*; les calcaires rouges en dalles, avec Céphalopodes. On doit également attribuer aux formations bathyales les calcaires du type de Greifenstein à Trilobites, Brachiopodes lisses (*Merista*, certaines *Athyris*), *Petraia*, Céphalopodes. Les fossiles s'y rencontrent par nids, alors que le reste de la roche en est à peu près dépourvu. Les Brachiopodes à test orné, les gros Gastéropodes y font entièrement défaut [3].

On ne connaît pas jusqu'ici au Dévonien de formations abyssales.

DÉLIMITATION ET SUBDIVISIONS. — Dans le Devonshire, où a été pris le type du système Dévonien, la limite inférieure n'est pas visible. Dans l'Ardenne, par contre, l'ensemble du Dévonien est discordant sur le Cambrien et l'on a pris l'habitude d'attribuer au Dévonien les couches les plus anciennes de cette série discordante. En Écosse, la discordance a lieu avec le Silurien supérieur, mais le Dévonien est ici à l'état de Vieux Grès Rouge. Quoique les mouvements orogéniques qui ont occasionné cette discordance et qui ont donné naissance à la *chaîne calédonienne* soient un fait très général dans le Nord de l'Europe, il n'est pas possible d'affirmer qu'ils se sont partout produits exactement au même moment, ni surtout que la transgression consécutive a partout été synchronique, car aucune donnée paléontologique ne permet de paralléliser d'une manière rigoureuse les premières couches dévoniennes marines de l'Ardenne et les premières couches dévoniennes lagunaires de l'Écosse.

Dans les pays où le Silurien et le Dévonien sont concordants, la délimitation des deux systèmes rencontre des difficultés bien plus grandes, car l'on observe alors en général un passage insensible de l'un à l'autre, la faune se modifiant graduellement. Cette continuité stratigraphique et paléontologique existe en Bohême, dans les Alpes Carniques, dans le massif Armoricaïn, dans l'état de New-York, où l'on a longtemps hésité sur l'attribution des couches de passage au Silurien ou au Dévonien [10-12 bis, 42]. C'est ainsi que les couches dont Barrande avait fait les étages F, G et H de son système Silurien sont aujourd'hui placées par tous les géologues dans le Dévonien. On a même voulu créer un étage intermédiaire entre le Silurien et le

Dévonien et on lui a donné le nom d'*Hercynien*, parce que, dans le Harz, un ensemble de couches, d'ailleurs très hétérogène, avait été considéré comme un de ces termes de passage. De pareilles divergences se produisent, comme il a été dit plus haut (ch. XXX), toutes les fois qu'on est amené à tracer la limite de deux systèmes dans une série concordante déposée dans un géosynclinal. Dans la plupart des cas analogues, la Paléontologie permet seule de faire concorder cette coupure avec la limite classique établie pour une aire continentale. Mais, dans le cas qui nous occupe, le critérium des faunes marines lui-même ne conduit pas toujours à des résultats satisfaisants, car la faune la plus ancienne du Dévonien de l'Ardenne, vu la différence de faciès, ne possède pas d'éléments communs avec les faunes du type hercynien. Ce n'est que par des moyens indirects que l'on a été conduit peu à peu à établir, entre les diverses séries, des parallélismes, sur lesquels nous aurons à revenir en détail.

On a essayé de faire intervenir dans la délimitation un autre facteur, celui des types cryptogènes apparaissant au début de la période, dans l'espèce, les Ammonoïdés. Mais, d'une part, les Goniatites sont fort rares dans le Dévonien inférieur, et, d'autre part, on sait maintenant qu'il en existe au moins un représentant dans le Silurien supérieur du Kellerwald. Si l'on voulait se baser sur l'apparition des Poissons, on serait également conduit à placer la limite inférieure du Dévonien beaucoup plus bas qu'on ne le fait actuellement et le Ludlow devrait être tout entier distrait du Silurien. Cette solution serait en désaccord par trop flagrant avec les résultats stratigraphiques.

Lorsque nous aurons à préciser la *limite supérieure* du Dévonien, nous éprouverons des difficultés tout à fait analogues et d'autant plus grandes que, dans les régions classiques de la Grande-Bretagne et de la Belgique, le Carbonifère fait suite en concordance au Dévonien.

Les *subdivisions* du Dévonien aujourd'hui en usage en Europe ont été établies dans l'Ardenne et dans la région rhénane. Elles affectent un caractère essentiellement local, les auteurs qui les ont proposées ne se sont en aucune façon préoccupés de les suivre, au moins dans toute l'Europe occidentale, comme ont fait, dans des circonstances pareilles, Alcide d'Orbigny et Mayer-Eymar, les promoteurs de la division du Jurassique, du Crétacé, des terrains Tertiaires en étages. Voici ces subdivisions :

<b>Néodévouien</b>	{	FAMENNIEN <sup>1</sup> .
		FRASNIEN <sup>2</sup> .
<b>Mésodévouien</b>	{	GIVÉTIEN <sup>3</sup> .
		EIFÉLIEN <sup>4</sup> .
<b>Éodévouien</b>	{	COBLENTZIEN <sup>5</sup> .
		GEDINNIEN <sup>6</sup> .

Nous donnerons plus loin la division en étages proposée récemment en Amérique [13]; elle a un caractère tout aussi local et ne bénéficie pas, comme celle de l'Ardenne, de la priorité.

La division du système Dévonien en trois groupes est justifiée par des faits d'ordre stratigraphique. Le Dévonien moyen ou Mésodévouien est transgressif par rapport à l'inférieur ou Éodévouien, par exemple dans le Boulonnais, dans le Nord de l'Ardenne et dans les Provinces Baltiques. Le Dévonien supérieur ou Néodévouien continue la transgression, par exemple dans l'Est des États-Unis.

Chacun des trois groupes possède des caractères paléontologiques propres. Cependant le Dévonien moyen se relie bien plus intimement au Dévonien inférieur qu'au Dévonien supérieur. L'Éodévouien et le Mésodévouien ont en commun les genres *Homalonotus* et *Anarcestes*, qui manquent dans le Néodévouien. Ce groupe supérieur est caractérisé, par contre, par les genres *Phillipsastræa* et *Clymenia*.

Si l'on envisage les Poissons, on constate que la faune du Dévonien inférieur a les plus étroites affinités avec celle du Silurien supérieur. Les Ostracodermes y sont tout à fait prédominants et les mêmes genres, en particulier *Thyestes*, *Cephalaspis*, *Pteraspis* et *Cyathapsis*, se rencontrent à la fois dans les couches terminales du Gothlandien et dans le Vieux Grès Rouge inférieur. Il est difficile d'indiquer des genres de Poissons tout à fait caractéristiques du Dévonien moyen. En revanche, les genres *Holoptychius* et *Asterolepis* sont partout cantonnés dans le Dévonien supérieur. Quant à *Acanthodes* et *Mesacanthus*, on les connaît dans les trois termes de la série dévonienne.

*Division en zones.* — Au Silurien, c'étaient les Graptolithes rhabdoïdes, qui, grâce à leur répartition géographique très étendue, se montraient essentiellement propres à préciser les synchronismes et à caractériser les zones paléontologiques. Au Dévonien, ces

1. Gosselet, 1880, de la Famenne (Belgique).

2. Gosselet, 1880, de Frasne (Belgique).

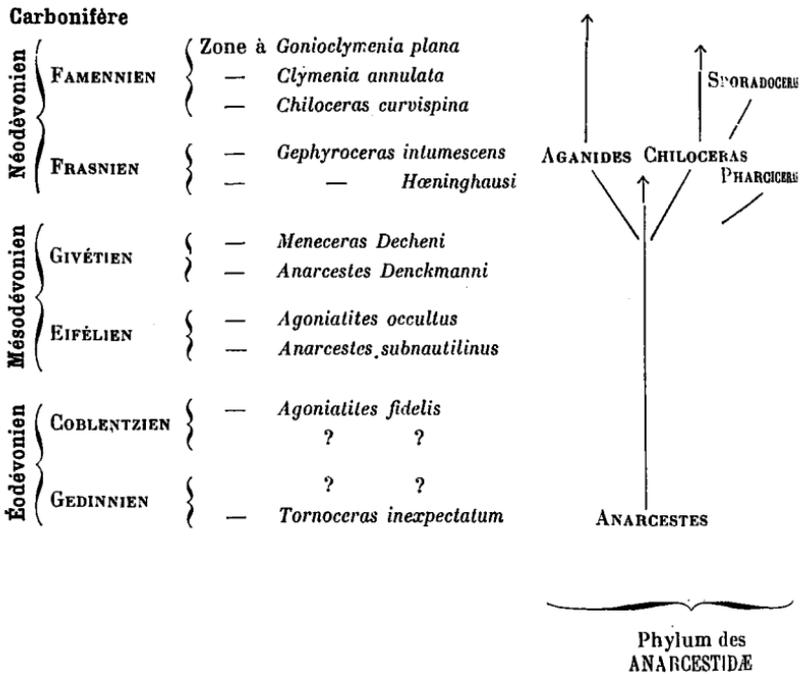
3. Gosselet, 1880, de Givet (Ardennes).

4. Dumont, 1848, de l'Eifel (Prusse Rhénane).

5. Dumont, 1848, de Coblenz (Prusse Rhénane). Coblenzien ou Confluentien serait plus correct.

6. Dumont, 1848, de Gedinne (Belgique).

précieus fossiles caractéristiques nous font défaut, mais ils sont fort heureusement remplacés par les Ammonoïdés, qui, tout en ayant un genre de vie tout différent de celui des Graptolithes, se retrouvent, eux aussi, avec la même distribution verticale dans des régions très distantes les unes des autres. Ce sont surtout les travaux d'Em. Kayser et de Fr. Frech [3,8] qui ont conduit à distinguer dans le Dévonien les zones du tableau ci-dessous, où est donnée en même temps la répartition verticale des principaux genres d'Ammonoïdés (Goniatites)

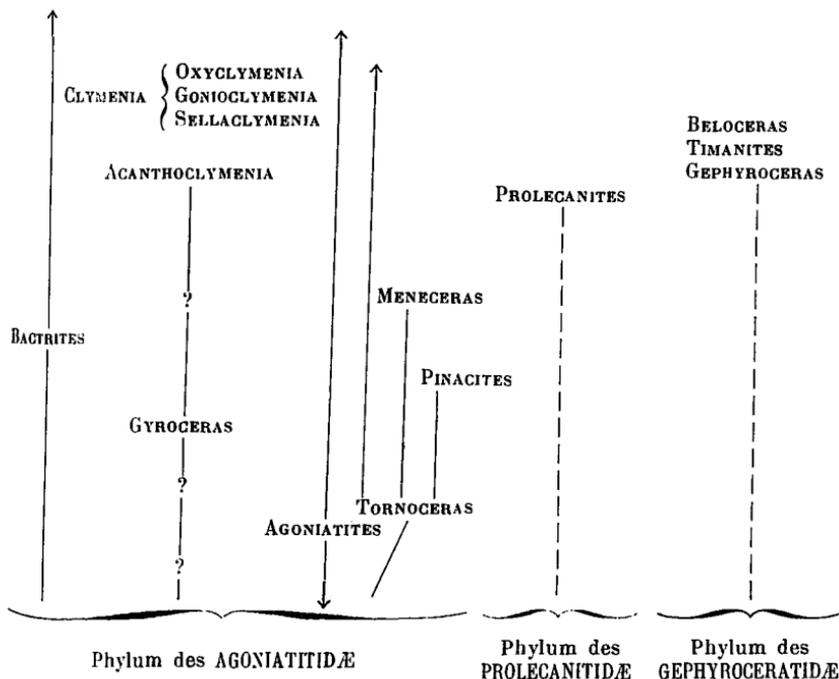


dévonien et leur classification génétique d'après les travaux de l'auteur [XXXV, 9].

Plusieurs résultats très importants se dégagent de ce tableau.

On constate d'abord l'apparition, dès le Dévonien inférieur, de deux phylums bien distincts, celui des *Anarcestidæ*, qui comprend des formes à dernière loge très longue (1 tour à 1 tour 3/4) et à tours très surbaissés (fig. 230, a), et celui des *Agoniatitidæ*, où la dernière loge est très courte (1/2 à 1 tour) et où les tours sont plus hauts que larges, avec une tendance vers la forme ovale (fig. 230, b). L'un et l'autre débutent par des types à cloisons très simples (fig. 231, a, e), caractérisées par un lobe siphonal, par une selle latérale unique et par un large lobe latéral (*Anarcestes*, *Agoniatites*). Ces types primitifs donnent naissance à des formes qui en diffèrent par l'apparition d'une deuxième selle latérale (*Chiloceras*, *Tor-*

*noceras*, fig. 231, b, g). Les *Anarcestidæ* évoluent lentement, car le genre *Chiloceras* n'apparaît que vers le sommet du Dévonien supérieur. Les *Agoniatitidæ* évoluent plus vite, car, dès la base du Dévonien, on rencontre un représentant du genre *Tornoceras*. La différenciation a dû se faire dès le Silurien, où, comme l'on sait, on rencontre déjà une espèce d'*Agoniatites*. Dès le Dévonien moyen, *Tornoceras* a donné naissance à *Pinacites* (fig. 231, f), qui possède une région ventrale, non plus arrondie, mais tranchante, et à *Menecerases*, où la 1<sup>re</sup> selle latérale s'est dédoublée. De même, *Chiloceras* conduit à *Sporadoceras* (fig. 231, c) et à *Pharciceras* (fig. 231, d) par dédoublement des selles latérales. En même temps, on trouve dans le Dévonien moyen



des descendants probablement non modifiés des Ammonoïdés primitifs : *Bactrites*, à coquille droite, et *Gyroceras*, à coquille spiralée, mais à tours non contigus.

L'ensemble du Dévonien inférieur et moyen est donc caractérisé par une faune de Goniatites assez homogène, encore assez mal connue, mais qui ne semble à aucun moment s'enrichir par une invasion de types cryptogènes.

Dès la base du Dévonien supérieur, par contre, la faune se modifie totalement. Brusquement apparaît un nouveau phylum, celui des *Gephyroceratidæ*, dont le chef de file, *Gephyroceras* (fig. 232), possède une dernière loge courte et se distingue d'*Agoniatites* par une grande selle ventrale et par des tours circulaires et à peine contigus au début, mais qui deviennent bientôt plus embrassants et prennent une section plus développée en hauteur (fig. 230, c). En même temps, le nombre des éléments de la cloison augmente graduellement (fig. 231, i-l). C'est ainsi que prennent naissance les formes tranchantes, *Timanites* et *Beloceras*.

Le règne des *Gephyroceratidæ* est de courte durée, ils deviennent extrêmement rares au Famennien et sont remplacés par des *Anarcestidæ* plus évolués qu'au début (*Chiloceras*, *Sporadoceras* et *Aganides*) et par la famille cryptogène des *Clymenidæ*, dont les destinées sont tout à fait remarquables. On en connaît un seul représentant (*Acanthoclymenia neapolitana*) dans le Frasnien de l'état de New-York, mais en Europe on les rencontre exclusivement dans les zones supérieures du Néodévonien. En raison de la position interne de leur siphon, les Clyménies doivent être envisagées comme des Ammonoïdés très

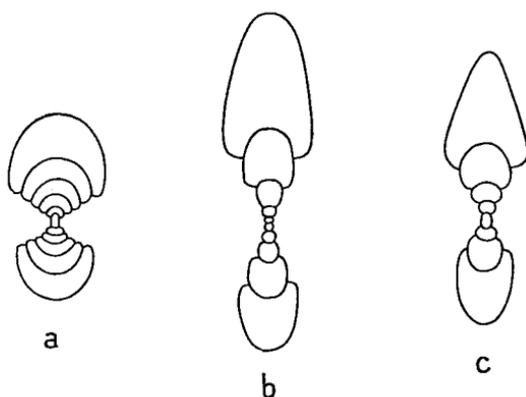


Fig. 230. — Mode d'enroulement de la coquille dans les trois phylums principaux des Ammonoïdés dévoniens. Sections transversales.

a, *Anarcestes*; b, *Agoniatites*; c, *Gephyroceras*.

primitifs ou dégénérés; Frech les considère comme des descendants de *Gyroceras*. Il existe parmi elles des types très variés, allant des *Clymenia* à

des descendants de *Gyroceras*. Il existe parmi elles des types très variés, allant des *Clymenia* à

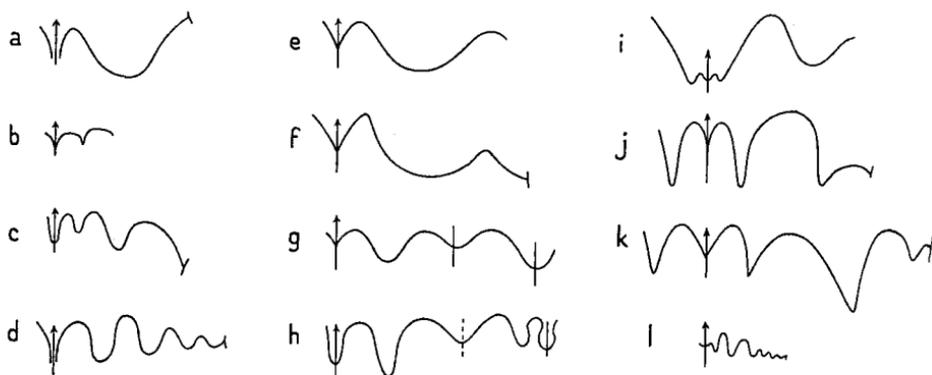


Fig. 231. — Cloisons d'Ammonoïdés du Dévonien.

a-d, *Anarcestidæ* : a, *Anarcestes*; b, *Chiloceras*; c, *Sporadoceras*; d, *Pharciceras*.

e-h, *Agoniatidæ* : e, *Agoniatites*; f, *Pinacites*; g, *Tornoceras*; h, *Aganides*.

i-l, *Gephyroceratidæ* : i, *Gephyroceras*; j, *Gephyroceras (Manticoceras)*; k, *Timanites*; l, *Beloceras*.

lobe latéral unique aux *Gonioctlymenia*, où les éléments de la cloison sont nombreux et aigus (fig. 233).

Peu après leur apparition, les *Clymenidæ* s'éteignent sans laisser de descendants.

La répartition verticale des *Goniatites* montre avec évidence, comme l'a établi Frech [3,8], que trois faunes différentes se sont succédé dans le Dévonien et que le début de chacune d'elles correspond à

une invasion de genres cryptogènes. Ces trois renouvellements de faunes par immigration ont eu lieu : 1° au début de la période ; 2° au début du Dévonien supérieur ; 3° au Famennien. C'est un des exemples les plus remarquables de migrations que l'on puisse citer dans l'histoire géologique des Invertébrés.

### 2° RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET PRINCIPAUX TYPES

RÉGIONS NORDATLANTIQUES. — A la fin de l'époque Silurienne, le continent Nordatlantique, dont l'origine remonte aux temps précambriens, s'est accru vers le sud d'une assez large bande, par suite de la formation de la chaîne calédonienne, qui nous est révélée par la discordance du Dévonien sur un substratum silurien plissé.

L'étude des affleurements dévoniens du Nord de l'Europe va nous donner la preuve qu'une première zone de plissements antédévoniens fait désormais partie de l'aire continentale, puisque nous n'y rencontrerons que des



Fig. 232. — *Gephyroceras* [*Manticoceras*] *intumescens*, Frasnien, Nîmes, Belgique (figure extraite de L. DE LAUNAY, la Science géologique).

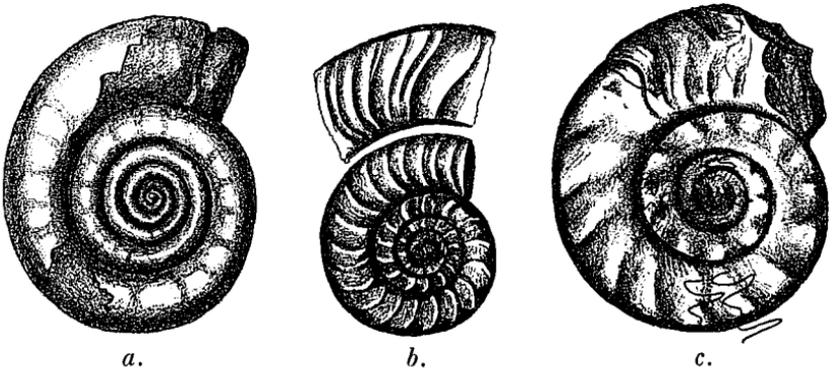


Fig. 233. — 3 types de Clyménées du Dévonien supérieur (d'après GÜMBEL et FR. FRECH).

a, *Clymenia lævigata*, calcaire à Clyménées, Fichtelgebirgo. Gr. nat.

b, *Clymenia annulata*, calcaire à Clyménées, Enkoberg. Gr. nat.

c, *Goniclymenia Uhligi*, calcaire à Clyménées, Ebersdorf. 1/2 gr. nat.

formations lagunaires qui n'ont pas été plissées ultérieurement. Nous verrons, par contre, plus loin qu'une seconde zone de plissements antédévoniens, plus méridionale, a été envahie au début du Dévonien par les eaux marines et s'est à nouveau transformée en géosynclinal. Les couches dévo-

niennes y sont plissées, c'est la future chaîne armoricaine-varisque (fig. 234).

Nous commencerons de nouveau notre exposé par l'Écosse, où les formations lagunaires connues sous le nom de Vieux Grès Rouge ont été mieux étudiées que partout ailleurs.

*Nord de l'Écosse.* — Les îles Shetland et les Orcades constituent, avec l'extrême Nord de l'Écosse, c'est-à-dire avec les comtés de Caithness, de Cro-

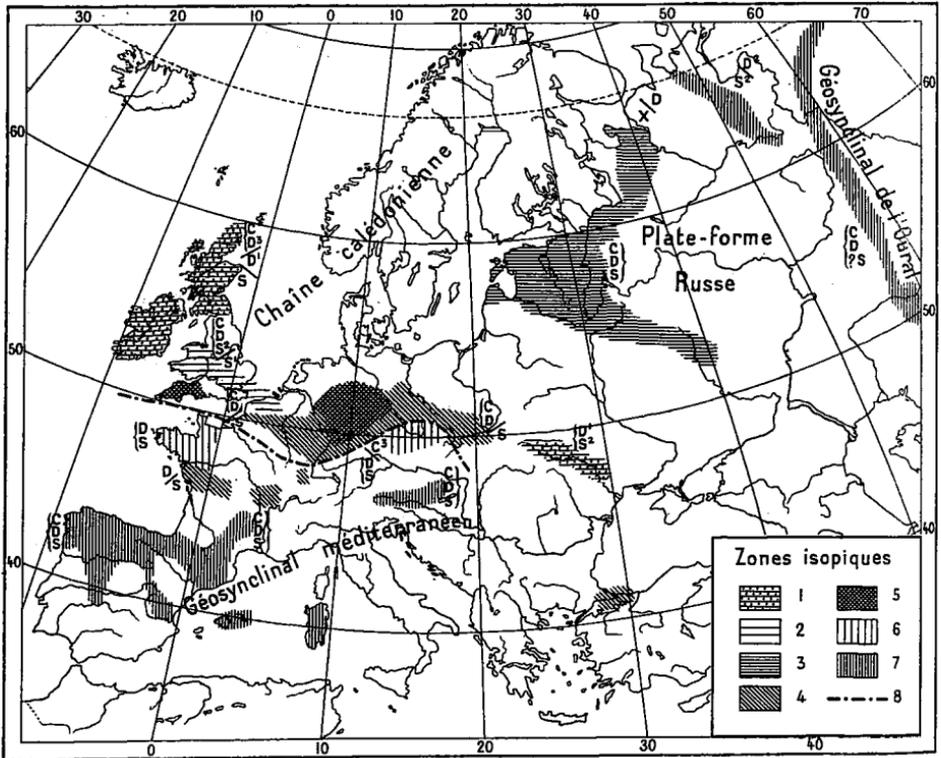


Fig. 234. — Carte des zones tectoniques et isopiques de l'Europe à l'époque Dévonienne.

1, zone Calédonienne : Vieux Grès Rouge non plissé discordant sur le Silurien plissé ; 2, zone du Shropshire : Gotthandien et Vieux Grès Rouge concordants ; 3, couverture transgressive non plissée de la Plate-forme Russe ; 4, zone Ardenno-Rhénane : Dévonien marin plissé, néritique, discordant sur le Silurien et concordant avec le Carbonifère ; 5, *id.* : Dévonien généralement bathyal ; 6, zone d'Armorique et de Bohême : Silurien et Dévonien concordants, Carbonifère discordant ou transgressif ; 7, géosynclinal méditerranéen et Oural : Silurien, Dévonien et Carbonifère concordants et plissés, formations bathyales prédominantes.

S, Silurien ; D, Dévonien ; D<sub>1</sub>, Dévonien inférieur ; D<sub>2</sub>, Dévonien moyen ;

D<sub>3</sub>, Dévonien supérieur ; C, Carbonifère.

marty, d'Inverness, d'Elgin, etc., une région où l'Old Red Sandstone prend un immense développement, aussi bien en superficie qu'en épaisseur, car il atteint une puissance de plusieurs milliers de mètres et il s'étend en transgressivité sur tous les terrains qui prennent part à la formation de la chaîne calédonienne [14].

Il se compose de deux termes bien distincts, séparés partout par une discordance angulaire très nette. La série inférieure, le *Lower Old Red Sand-*

stone, débute par des conglomérats et des grès rouges sans fossiles et comprend surtout des dalles calcaires et gréseuses (*Calthness Flagstones*), riches en restes de Poissons. On a pu y distinguer 4 niveaux successifs. *Pterygotus* et les *Aspidocephali* se trouvent cantonnés à la base, tandis qu'*Acanthodes* n'apparaît qu'au sommet.

On ne peut se figurer cette accumulation de 5 à 6 000 m de couches que comme s'effectuant dans une cuvette dont le fond s'affaissait au fur et à mesure de la formation des dépôts. Mais la sédimentation devait être très rapide.

La série supérieure, l'*Upper Old Red Sandstone*, est principalement gréseuse; elle atteint une épaisseur bien moindre que l'inférieure et contient surtout des restes d'*Holoptychius*.

*Écosse méridionale et Cheviot Hills.* — Dans le Sud de l'Écosse et dans les comtés les plus septentrionaux de l'Angleterre, l'Old Red Sandstone est également constitué par deux termes discordants, mais ici le terme infé-

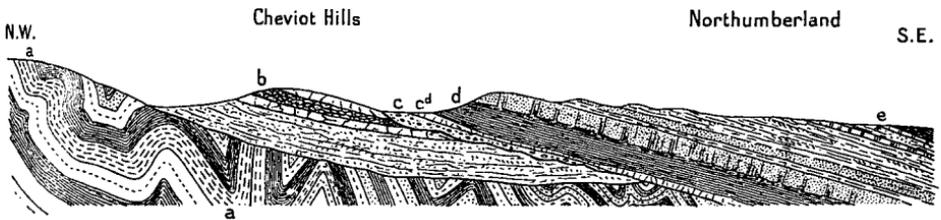


Fig. 235. — Coupe générale des Cheviot Hills, dans l'Ouest du Northumberland (d'après J. G. GOODCHILD).

a, Silurien supérieur; b, Old Red Sandstone inférieur; c, Old Red Sandstone supérieur; c<sup>d</sup>, nappe intrusive; d, Dinantien inférieur; e, Dinantien supérieur.

rieur repose en discordance sur les plis du Silurien supérieur et le terme supérieur est concordant avec le Carbonifère, comme le montre la coupe ci-dessus des Cheviot Hills (fig. 235).

L'Old Red Sandstone inférieur comprend surtout des grès et des argiles rouges presque sans fossiles, dans lesquels toutefois s'intercalent des dalles fossilifères, où les colorations rouges disparaissent. Il atteint près de 7 000 m d'épaisseur. L'Old Red Sandstone supérieur est, ici aussi, caractérisé par la présence du genre *Holoptychius*, il est transgressif et repose souvent directement sur le Silurien.

*Pays de Galles et Shropshire.* — Dans le Sud du Pays de Galles et dans le Shropshire, il n'y a plus trace de discordance entre le Silurien supérieur et le Dévonien inférieur, l'Old Red Sandstone fait suite, sans séparation brusque, aux couches supérieures du Downtonien. Le changement dans la faune est de même insensible. La partie inférieure renferme *Pteraspis*, *Cephalaspis*, *Cyathaspis*, avec des Crustacés et des empreintes végétales. Dans la partie supérieure on trouve, par contre, *Holoptychius*, *Bothryolepis*, *Amnigenia*, *Conularia* et le passage au Carbonifère est également graduel. D'après Sir Archibald Geikie [0,6], on n'observerait, dans toute cette série, aucune trace de discordance. Cependant nul document paléontologique ne permet d'affirmer la présence du Dévonien moyen.

*Scandinavie.* — L'existence du Vieux Grès Rouge dans la péninsule Scandinave a été affirmée à diverses reprises, mais toujours sans aucune preuve paléontologique.

D'après K. O. Bjørlykke, les grès qui, dans le Centre de la Norvège, surmontent le Silurien constitueraient une formation sparagmitique supérieure, d'âge dévonien. Mais, d'après les géologues suédois, ces grès seraient charriés sur le Silurien du soubassement.

L'attribution au Dévonien des grès de la Dalécarlie n'a pas été confirmée par les travaux récents. Quant aux grès qui surmontent en Scanie les schistes à Graptolithes, ils sont certainement siluriens.

Dans le Nord de la Norvège, on a quelquefois rangé dans le Dévonien le système de Raipas, constitué par des grès jaunes et verts, par des schistes argileux et par des dolomies, mais ces couches sans fossiles seraient, d'après Hans Reusch, d'âge beaucoup plus ancien (v. plus haut, p. 598).

L'âge des grès qui, dans l'est et le sud de la presqu'île de Kola, reposent sur les gneiss et les granites est non moins douteux.

Par contre, l'attribution au Dévonien des grès qui, dans les Provinces Baltiques, s'appuient sur le Silurien supérieur est tout à fait indiscutable, car elle est établie sur des restes organiques. Nous y reviendrons plus loin.

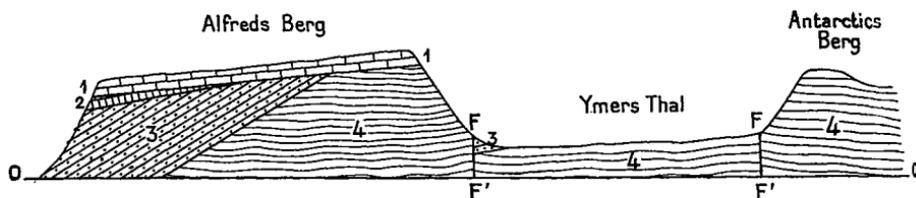


Fig. 236. — Coupe W.-E. dans la partie méridionale de l'île aux Ours (d'après JOH. GUNNAR ANDERSSON).

1, Ouralien; 2, Moscovien; 3, grès d'Ursa (Dévonien supérieur); 4, formation de Heclahook (Ordovicien); FF', failles; 00, niveau de la mer.

*Île aux Ours, Spitzberg.* — Dans l'île aux Ours, les couches ordoviciennes d'Heclahook sont recouvertes en discordance angulaire par les grès d'Ursa [xxxiii, 48], qui débutent par un conglomérat de base et renferment des intercalations de schistes noirs avec couches de houille d'une épaisseur moyenne de 1 m (fig. 236). On n'y a pas recueilli de restes animaux autres que des écailles d'*Holoptychius*. Par contre, les restes végétaux sont assez abondants et Nathorst a reconnu notamment *Archæopteris hibernica* et *fimbriata*, *Bothrodendron killtorkense*, *Pseudobornia ursina*. Les restes de Poissons, aussi bien que les Végétaux, montrent que l'on est en présence du Dévonien supérieur, d'un équivalent de l'Upper Old Red Sandstone.

Contrairement à ce que l'on croyait autrefois, la flore d'Ursa n'existe pas au Spitzberg. Cependant on a pu reconnaître dans cette île deux niveaux, correspondant aux deux termes du Vieux Grès Rouge d'Écosse, l'un gréseux, renfermant des *Pteraspis* et des *Cephalaspis*, l'autre, schisteux, avec *Holoptychius*. De plus, on a recueilli au Grey Hook des Mollusques probablement saumâtres (*Avicula*, *Nathorstella*, *Palæanodonta*) dont l'âge dévonien est très vraisemblable, mais les conditions stratigraphiques de leur gisement sont encore mal définies [15].

*Groenland et Amérique arctique.* — Le niveau supérieur est également représenté sur la côte est du Groenland, où il est à l'état de grès rouges à *Holoptychius nobilissimus* et *Asterolepis*.

Enfin, dans la partie occidentale de la terre d'Ellesmere, la seconde expédition du *Fram* a rencontré, avec des couches marines à *Sprifer Verneuilii*,

des grès à *Holoptychius* et des grès à Végétaux, dans lesquels Nathorst [16] a signalé *Lyginodendron Sverdrupi*, *Archæopteris archetypus*, *A. fissilis*, *Sphenodidium Keilhaui*.

*Acadie.* — Pour terminer cet aperçu du Dévonien nordatlantique, nous devons encore dire quelques mots du Vieux Grès Rouge d'Acadie, où nous retrouvons les remarquables affinités européennes déjà mentionnées pour les terrains antérieurs.

Dans la Nouvelle-Écosse, les couches de Knoydart constituent, d'après Ami [17], un équivalent exact du Vieux Grès Rouge inférieur d'Écosse. C'est une série d'argiles et de grès rouges, discordants sur le Silurien et renfermant des restes de *Pterygotus*, de *Pteraspis*, d'*Onchus*, etc., ainsi que des pistes singulières, décrites sous le nom d'*Ichthyoidichnites*, envisagées comme des traces laissées sur la vase par les nageoires épineuses d'un Poisson.

Au Nouveau-Brunswick, en particulier à Campbellton, sur la baie des Chaleurs, une série inférieure est caractérisée, comme en Écosse, par *Cephalaspis* et d'autres Ostracodermes; des grès très puissants à Végétaux représentent le Dévonien moyen; tandis que, dans un niveau supérieur, on a recueilli *Bothriolepis*, *Mesacanthus*, *Acanthodes*, etc.

Dans la Gaspésie, par contre, le Dévonien débute par 500 m de calcaires discordants sur le Cambrien, et qui renferment une faune marine très particulière. Au-dessus s'élèvent les grès de Gaspé, qui atteignent en moyenne 2000 m. d'épaisseur et sont caractérisés par une riche flore terrestre.

Ainsi, l'on retrouve sur tout le pourtour et au cœur même du continent Nordatlantique les deux termes du Vieux Grès Rouge d'Écosse. Il serait téméraire d'affirmer qu'ils sont partout séparés par une discordance; cependant il est plutôt permis de conclure à une émergence de la plus grande partie du continent, entre le dépôt des deux séries lagunaires, qu'à une invasion marine mésodévoniennne.

**BANDE DÉVONO-RHÉNANE.** — Nous pouvons maintenant aborder l'étude d'une bande plus méridionale de l'Europe, où le Dévonien est franchement marin et repose encore en discordance sur son substratum, où, de plus, il est lui même intensément plissé. Cette bande comprend le Devonshire, l'Ardenne, le massif schisteux Rhénan, la Thuringe, le Harz et sans doute aussi la Pologne. Plus au sud, le Silurien et le Dévonien sont concordants (fig. 234).

*Ardenne.* — Nous commençons par l'Ardenne, où ont été établies les subdivisions classiques et où, grâce aux magnifiques travaux de Jules Gosselet, la série est beaucoup mieux connue que dans le Devonshire [18-19].

L'Ardenne est une chaîne ancienne, constituée par les schistes cambriens, dont il a été question plus haut, par le Silurien, localisé sur le versant septentrional, par le Dévonien et par le Carbonifère. Tous ces terrains ont été plissés peu après le milieu de l'époque Carbonifère, indépendamment d'une première phase de plissement, datant de la fin du Silurien. Les plis, assez compliqués, ont été ensuite arasés et la région a été transformée en une pénéplaine, dans laquelle les cours d'eau ont profondément entamé leur lit. L'une des principales coupures est celle de la vallée de la Meuse. Elle entame les plis transversalement à leur direction et fournit une coupe naturelle incomparable. Nous la prendrons pour base de notre résumé, en suivant la rivière depuis Haybes, où elle quitte les schistes cambriens, jusqu'à son entrée en Belgique (fig. 237).

Les terrains plongent d'abord régulièrement vers le nord, puis, vers

Vireux, après une faille et un pli, ils plongent au sud, jusqu'à Givet, où une nouvelle faille rétablit le plongement au nord.

Voici, en faisant abstraction des répétitions de couches résultant des accidents tectoniques, la succession que nous rencontrons dans la traversée de l'Ardenne.

**GEDINNIEN.** Le Gedinnien est discordant sur les schistes cambriens (pl. LXXX, 2). Il atteint 1 600 m d'épaisseur et comprend les termes suivants :

1° *Poudingue de Fépin.* C'est le conglomérat de base. Il est constitué par des galets énormes, dont certains pèsent jusqu'à 5 000 kgr. Son épaisseur atteint jusqu'à 10 m, mais il peut faire entièrement défaut.

2° *Arkose d'Haybes*, alternant avec des schistes verdâtres ou noirâtres à *Haliserites Dechebianus* et renfermant quelquefois *Spirifer Dumontianus*, *Atrypa reticularis* et des Tétracoralliaires.

3° *Schistes de Mondrepuits* verdâtres, avec *Homalonotus Romeri*, *Dalmanites Heberti*, *Primitia Jonesi*, *Spirifer Mercurei*, *Orthis orbicularis*, *Tentaculites*, *Pterinea*, *Grammysia*, etc.

4° *Schistes bigarrés d'Oignies*, rouges et verts, sans fossiles (pl. XIV, 1).

5° *Schistes de Saint-Hubert*, verts, avec bancs de grès à *Pleurodictyum problematicum*.

**COBLENTZIEN INFÉRIEUR.** La partie inférieure du Coblentzien est inférieure à la grau-

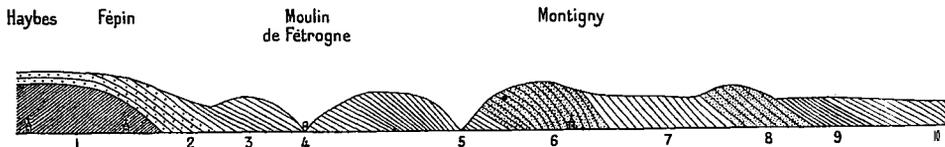


Fig. 237. — Coupe des terrains dévoniens de la vallée à

1, Cambrien; 2, poudingue de Fépin et arkose d'Haybes; 3, schistes de Mondrepuits; 4, schistes d'Oignies; 10, grauwaacke de Hierges; 11, calcaires et schistes de Couvin; 12, calcaires de Givet; 13, schistes et calcaires; 12, Givétien; 13, 14, Frasnien; 15, base du Famennien. — FF', failles.

wacke de Coblenz, elle atteint dans l'Ardenne française plus de 500 m et comprend trois divisions :

1° *Grès d'Anor* (Taurusien), très fossilifère, riche surtout en Lamellibranches : *Homalonotus crassicauda*, *H. gigas*, *Bellerophon*, *Pleurotomaria*, *Capulus*, *Pterinea Pailletei*, *Avicula lamellosa*, *Grammysia pes anseris*, *Spirifer primævus*, *Athyris undata*, *Cyrtia heteroclyta*, *Rensselæria strigiceps*, *Rhynchonella Daleidensis*, etc.

2° *Grauwaacke de Montigny* (Hunsrückien), renfermant en partie les mêmes fossiles que les grès sous-jacents et en outre *Spirifer paradoxus*, *Leptæna Murchisoni*, *Pleurodictyum problematicum*, etc.

3° *Grès de Vireux* (Ahrien), moins fossilifère, avec faune analogue à la précédente et *Spirifer Hercyniæ*.

**COBLENTZIEN SUPÉRIEUR.** C'est à ces couches et au grès de Vireux que devrait être restreint le terme de Coblentzien. Elles atteignent 2 400 m. On y distingue :

1° *Poudingue de Burnot* et schistes rouges sans fossiles.

2° *Grauwaacke d'Hierges*, très fossilifère, avec *Homalonotus ornatus*, *Phacops Potieri*, *Spirifer paradoxus*, *Sp. auriculatus*, *Sp. hystericus*, *Sp. ardeunnensis*, *Athyris undata*, *A. concentrica*, *Orthotetes umbraculum*, *Orthis*, *Leptæna*, *Chonetes*, *Modiomorpha*, *Pterinea*, *Clenocrinus typus*.

**EIFÉLIEN.** Quoique l'on rencontre déjà *Calceola sandalina* dans les couches sous-jacentes, nous laisserons celles-ci, contrairement à la classification préconisée par divers auteurs, dans le Coblentzien. Le *Spirifer cultrijugatus* que l'on y a indiqué est en réalité un précurseur de cette espèce, *Spirifer auriculatus*.

*Schistes et calcaires de Couvin*, atteignant 800 m d'épaisseur aux environs de Givet. On y trouve surtout à *Phacops Schlotheimi*, *Cryphæus laciniatus*, *Gomphoceras inflatum*, *Cyrtoceras depressum*, *Spirifer speciosus*, *Sp. cultrijugatus*, *Sp. ostiolatus*, *Sp. elegans*, *Retzia ferita*, *Rhynchonella*, *Pentamerus*, *Leptæna*, *Chonetes*, *Cyathophyllum*, *Favosites*, *Calceola sandalina*.

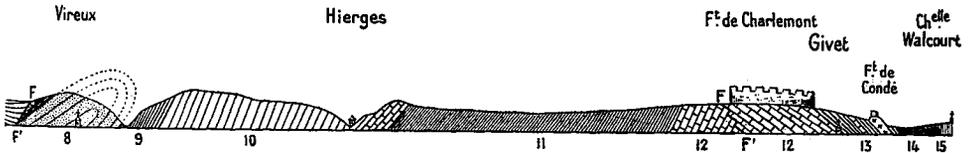
**GIVÉTIEN.** Cet étage est constitué, dans la vallée de la Meuse, par les *calcaires de Givet*,

qui y sont exploités comme marbres sous les noms de Glageon fleuri et de Sainte-Anne. Ce sont des calcaires zoogènes, mais qui ne prennent pas le caractère récifal. La faune est composée principalement de Gastéropodes (*Macrochilus*, *Euomphalus*, *Bellerophon*, *Murchisonia*, *Pleurotomaria*), de Lamellibranches à test épais (*Megalodus*), de Zoanthaires (*Cyathophyllum*, *Favosites*, *Alveolites*, *Heliolites*), de Stromatopores. Les Brachiopodes les plus communs sont *Stringocephalus Burtini*, *Uncites gryphus*, *Atrypa reticularis*, etc.

FRASNIEU. Aux environs de Givet, le Frasnien présente les assises suivantes :

- 1° Calcaire à *Stromatopora*;
- 2° — à *Aviculopecten Neptuni*;
- 3° — schisteux à *Spirifer Orbelianus*;
- 4° Schistes à *Receptaculites Neptuni*;
- 5° — à *Camarophoria formosa*;
- 6° — à *Camarophoria megistana* et calcaire;
- 7° — à *Spirifer pachyrhynchus* et calcaire rouge à *Stromatactis*;
- 8° — à *Buchiola retrostriata* (= *Cardium palmatum*).

Les couches 1-5 sont connues sous la dénomination de schistes et calcaires de Frasnien. Les calcaires y forment soit des couches continues, soit des intercalations lenticulaires dans les schistes, qui doivent être envisagées, sinon comme de véritables récifs, du moins comme des calcaires construits. On y rencontre surtout des Zoanthaires (*Cyathophyllum hexagonum*, *Acerularia Goldfussi*, *Favosites cervicornis*, *Alveolites æqualis*), des



la Meuse, entre Haybes et Givet (d'après J. GOSSELET).

5, schistes de Saint-Hubert; 6, grès d'Anor; 7, grauwacke de Montigny; 8, grès de Vireux; 9, schistes de Burnot; Frasnien; 14, schistes de Matagne; 15, schistes de Senzeilles. — 2-5, Gédinnien; 6-10, Coblentzien; 11, Eifelien;

Stromatopores (*Pachystroma*) et des Brachiopodes, qui abondent également dans les schistes (*Spirifer Verneuli*, *Sp. Archiaci*, *Athyris concentrica*, *Atrypa reticularis*, *Rhynchonella cuboides*, *Productella subcauleata*, *Orthis striatula*). Les Trilobites (*Bronteus flabellifer*, *Cryphaeus arachnoides*) et les Goniatites (*Gephyroceras intumescens*) sont plus rares.

Les couches supérieures constituent les schistes de Matagne. On y trouve en grande abondance à l'état de moules internes primitivement pyriteux, mais transformés en limonite : *Gephyroceras intumescens*, *Tornoceras simplex*, *Bactrites subconicus*, *Buchiola retrostriata*, *Camarophoria tumida*, *Entomis serratostrigata*. Les calcaires y forment des amas noduleux ou des masses volumineuses formées principalement de *Stromatactis*.

FAMENNIEU. Aux schistes de Matagne, font suite les schistes de la Famenne, qui comprennent, d'après Gosselet, les niveaux suivants, où apparaissent déjà quelques espèces carbonifères (+) :

1° Schistes de Senzeilles à *Rhynchonella Omalusi*, *Rh. acuminata* (+), *Spirifer Verneuli*, *Cyrtia Murchisoniana*;

2° Schistes de Marienlour à *Rhynchonella Dumonti*, avec les mêmes Spiriféridés et *Athyris Roissy* (+);

3° Schistes de Seins à *Rhynchonella letiensis*, où apparaît *Orthotetes crenistria* (+).

Puis vient le calcaire d'Etrœungt, que nous rangeons déjà dans le Carbonifère.

Telle est la succession dans la partie française de la vallée de la Meuse. Le Dévonien y est au complet et y atteint une très grande épaisseur. Il s'est évidemment déposé dans un géosynclinal en voie d'approfondissement graduel, le maximum de profondeur ayant été atteint au Frasnien, seul étage où, dans l'Ardenne, on rencontre des Goniatites. Nous ne connaissons pas le bord méridional de ce géosynclinal, car ses dépôts ont été

complètement enlevés, par les agents dynamiques externes, de l'anticlinal cambrien de Rocroy, que sans doute ils recouvraient entièrement, et, d'autre part, ils s'enfoncent vers le S.W. sous les terrains secondaires de la Thiérache.

Par contre, nous sommes en état d'affirmer que les étages inférieurs, l'Eifélien compris, ne se sont pas déposés au nord d'une ligne reliant Maubeuge et Verviers, à peu près parallèle au cours inférieur de la Sambre et à celui de la Meuse entre Namur et Liège. Cette ligne devient, à partir du Givétien, l'axe d'un géanticlinal, que Gosselet appelle la *crête du Condroz* et qui sépare le géosynclinal méridional ou *bassin de Dinant*, d'un géosynclinal qui prend naissance au nord et qui constitue le *bassin de Namur*. Dans ce géosynclinal septentrional, le Givétien est transgressif et repose directement sur le Cambrien ou sur le Silurien, quelquefois en discordance angulaire, comme l'a montré le chanoine de Dorlodot [20]. Il débute par un

S.

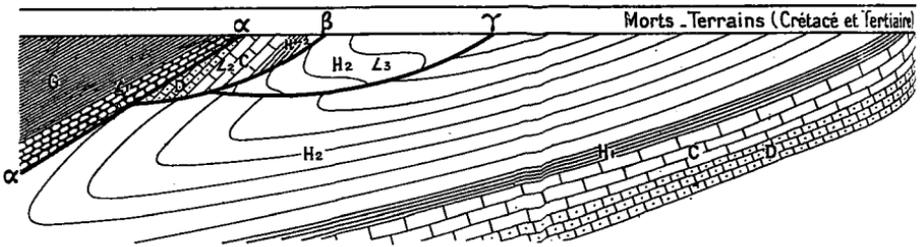


Fig. 238. — Coupe théorique N.-S. de l'extrémité occidentale du bassin houiller franco-belge, dans le Pas-de-Calais (d'après M. LERICHE).

S, Silurien supérieur; G, Gedinnien; D, Dévonien; C, Dinantien; H<sub>1</sub>, Houiller inférieur; H<sub>2</sub>, Houiller productif. — Failles : α, grande faille; β, faille-limite; γ, cran de retour. — L<sub>1</sub>, massif de recouvrement; L<sub>2</sub>, lambeau de poussée; L<sub>3</sub>, lame de charriage.

conglomérat de base, le poudingue de Naninne, auquel font suite des calcaires à *Stringocephalus Burtini*.

Le Frasnien est quelquefois transgressif et son faciès est assez différent dans le bassin de Namur de celui que nous avons appris à connaître. Les schistes à Goniatites n'y sont pas développés, et ce sont des grès, des calcaires et des dolomies qui prédominent. Ce bassin était donc moins profond que celui de Dinant. Au Famennien [21], le contraste s'accroît encore, les schistes étant remplacés par une formation lagunaire, connue sous le nom de *psammites du Condroz*. Ce sont des grès micacés, alternant avec des argiles rouges et vertes. Des bancs marins intercalés renferment des Brachiopodes, des *Cucullæa*, des Crinoïdes, des *Agelacrinus*, des Dictyospongidés. Dans d'autres couches on rencontre surtout des Végétaux (*Archæopteris*, *Sphenopteris*, *Lepidodendron*) ou des restes de Poissons (*Holoptychius*, *Asterolepis*, *Dipterus*).

*Pas-de-Calais.* — Le Dévonien inférieur du bord septentrional du bassin de Dinant reparait en plusieurs points dans le Pas-de-Calais, où il est d'ailleurs connu surtout par des sondages et des puits de mine. Il est refoulé, grâce à un charriage, sur le Houiller (fig. 238), en même temps que les couches de Ludlow, dont il a été question plus haut. Il est séparé de celles-ci par des couches de passage, analogues à celles du Shropshire et contenant comme elles des restes de *Cyathaspis* et de *Pteraspis*. Il comprend lui-même, d'après

Leriche, deux niveaux, l'inférieur à *Pteraspis Cronchi* et *Cephalaspis Leylli*, le supérieur à *Pteraspis dunensis* (fig. 239). Les schistes qui le constituent sont tout à fait comparables aux schistes bigarrés d'Oignies. D'ailleurs Dollo a signalé également *Pteraspis dunensis* dans les schistes de Saint-Hubert. Les schistes à Ostracodermes du Pas-de-Calais doivent donc être assimilés au Gedinnien, qui, si l'interprétation des sondages est exacte, serait ici concordant avec le Silurien supérieur, comme dans les Midland Counties d'Angleterre et contrairement à ce qui a lieu dans l'Ardenne.

Dans le Boulonnais, on voit affleurer, d'autre part, des dépôts dévoniens qui correspondent au bord septentrional du bassin de Namur. Comme dans ce bassin, les étages inférieurs font défaut et la série débute par un conglomérat et par des grès à empreintes végétales, qui reposent directement sur les schistes à Graptolithes gothlandiens et supportent le calcaire de Blacourt, dans lequel Rigaux a trouvé *Stringocephalus Burtini*, avec *Cyrtina heteroclyta*, *Athyris concentrica*, *Orthis striatula*. Au-dessus de ce représentant du Givétien, vient une série frasnienne, constituée par les calcaires et les schistes de Bouesse, à lentilles dolomitiques, et par le calcaire de Ferques, célèbre par la grande richesse de sa faune, où prédominent les Brachiopodes (*Spirifer Verneuili*, *Sp. Bouchardi*, *Athyris concentrica*, *Atrypa reticularis*, *Rhynchonella boloniensis*, *Rh. ferquensis*, *Leptaena Dutertrei*, *Productella subauleata*) et les Zoanthaires (*Acervularia*, *Cyathophyllum*, *Alveolites*).

Le Dévonien se termine par les psammites du Condroz à *Cucullæa Hardingi*, avec schistes rouges et verts à la base.

*Devonshire*. — Le Dévonien est représenté, dans la presqu'île de Cornouailles et en particulier dans le Devonshire, par une série tout à fait analogue à celle de l'Ardenne [22-23]. Toutefois, dans le nord de la région, règne du haut en bas un faciès schisteux peu fossilifère.

Les relations du Dévonien avec le Silurien n'ont pu encore être élucidées dans le Devonshire et le Gedinnien n'a encore été reconnu avec certitude qu'à Looe, où l'on a trouvé *Spirifer Mercurei*. En revanche, on y voit des équivalents exacts des grauwackes coblentziennes, des schistes à Calcéoles eiféliens, des calcaires à *Stringocephalus Burlini* givétiens (Torquay et Plymouth). Le Frasnien est représenté par les calcaires de Chudleigh, renfermant une faune très variée, composée de Trilobites, de Goniatites (*Gephyroceras intumescens*, *Beloceras sagillarium*, *Tornoceras simplex*, *T. acutum*), de Brachiopodes (*Rhynchonella*

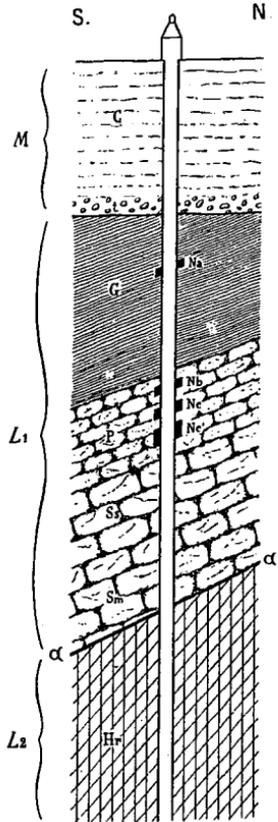


Fig. 239. — Coupe du puits n° 6 de la concession de Liévin, Pas-de-Calais (d'après M. LERICHE).

Sm, Ludlow moyen à *Daya navicula* ; Ss, Ludlow supérieur ; P, couches de passage ; G, Gedinnien ; Hr, Houiller ; t, gravier de base du Crétacé moyen (tourtia) ; C, Crétacé moyen. — Nc, Nc', niveaux à *Pteraspis Gosseleti* ; Nb, niveau à *Cyathaspis Barroisi* ; Na, niveau à *Pteraspis Crouchi*. — M, morts-terrains ; L<sub>1</sub>, massif de recouvrement ; L<sub>2</sub>, terrains en place.

*cuboides*, *Rh. acuminata*, *Merista plebeia*, *Productella subaculeata*, de Lamelli-branches (*Buchiola retrostriata*, *Sanguinolaria*) [24].

Le trait distinctif le plus remarquable du Dévonien du Devonshire c'est la présence, à la base du Famennien, de schistes à Cypridines (*Entomis serratostrata*), avec *Posidonomya venusta*, et de calcaires à Clyménies (*couches de Petherwin* à *Clymenia laevigata*). Le Famennien se termine par des schistes à *Spirifer Verneüll*. Les couches à Clyménies sont un élément inconnu dans l'Ardenne, qui rappelle par contre le Dévonien de la rive droite du Rhin.

*Massif schisteux Rhénan*. — Après avoir suivi le type ardennais du Dévonien vers l'ouest jusque dans les Cornouailles, nous revenons à l'est, où l'Ardenne passe sans limite bien tranchée au massif schisteux Rhénan, qui lui-même s'étend jusque dans le Centre de l'Allemagne [0,4; 2, 3, 9 bis, 24-33].

Sur la rive gauche du Rhin, les faciès sont presque les mêmes que dans l'Ardenne. Signalons cependant les *quartzites du Taunus* à *Spirifer primævus*, qui correspondent, sur les deux rives, au grès d'Anor; les *schistes du Hunsrück*<sup>1</sup>, qui remplacent la *grauwacke* de Montigny; la *grauwacke de Coblenz*, dont la partie inférieure à *Spirifer Hercyniæ* représente le grès de Vireux, tandis que la partie supérieure à *Spirifer paradoxus* et *Tropidoleptus rhenanus* (pl. LXXXI, 2) est l'équivalent exact de la *grauwacke* d'Hierges [26-28].

Les schistes du Hunsrück méritent une mention toute spéciale en raison des Astéroïdés que l'on y trouve en grande abondance, et remarquablement conservés à l'état pyriteux. Les Crinoïdes qui les accompagnent sont en général des formes grêles, fixées sur des corps étrangers. D'après Jækel, ce seraient exclusivement des types de mer profonde. La faune des schistes du Hunsrück est constituée en outre par des Trilobites, des Goniatites (*Agoniatites fidelis*), des Lamellibranches à test mince. Les Brachiopodes y font à peu près défaut. Nous sommes donc ici en présence; pour la première fois, d'un épisode bathyal, au milieu de la série essentiellement néritique du Dévonien inférieur.

Le Dévonien moyen est beaucoup plus fossilifère dans l'Eifel que dans l'Ardenne. On a pu y distinguer, dans une série de calcaires à Brachiopodes et à Zoanthaires, les zones suivantes, caractérisées chacune par quelques espèces spéciales, qui y atteignent leur maximum [0,4; 3,29,31].

Couches à Stringocephalus Burtini.	{	Dolomies;
		3 <sup>e</sup> Zone à <i>Newberrya amygdalina</i> et <i>Cyathophyllum quadrigeminum</i> .
		2 <sup>e</sup> — <i>Spirifer medioextus</i> et <i>Endophyllum</i> ;
Couches à Calceoles.	{	1 <sup>e</sup> — <i>Spirifer mucronatus</i> (couche à Crinoïdes : <i>Rhipidocrinus</i> , <i>Eucalyptocrinus</i> , <i>Hexacrinus</i> , <i>Cupressocrinus</i> );
		3 <sup>e</sup> Zone à <i>Spirifer speciosus</i> et <i>Gruenewaldtia lalilinguis</i> ;
Couches à Calceoles.	{	2 <sup>e</sup> — <i>Strophomena palma</i> et <i>Spirifer subcuspidatus</i> ;
		1 <sup>e</sup> — <i>Spirifer cultrijugatus</i> .

Les couches supérieures à *Stringocephalus Burlini* sont dolomitisées dans l'Eifel, mais, à Paffrath, près Cologne, les fossiles sont extrêmement abondants et d'une fort belle conservation; ils se répartissent dans les trois niveaux suivants :

1. La *grauwacke de Siegen*, sur la rive droite du Rhin, représente à la fois le Taunisien et le Hunsrückien; elle est très fossilifère [28].

3° Couches de Gladbach avec *Anarcestes cancellatus*, *Tornoceras simplex*, *Meneceras terebratum*, *Macrochilina arculatum*, *Murchisonia bigranulosa*, *Stringocephalus Burtini*, *Rhynchonella procuboides*;

2° Bancs à *Amphipora ramosa*;

1° Couches à *Uncites gryphus*, *Megalodus cucullatus*, *Mecynodus carinatus*, Gastéropodes, Tétracoralliaires, Tabulés, Stomatopodidés.

L'Eifélien et le Givétien inférieur sont constitués, dans la région au nord-est de Cologne, par des schistes gréseux, les *schistes de la Lenne*, qui, près d'Elberfeld, présentent des intercalations de couches à Végétaux avec *Amnigenia*, Lamellibranche indiquant une dessalure locale des eaux. Le rivage ne devait pas se trouver très loin au nord.

Dans la Hesse et le Nassau, par contre, c'est-à-dire vers le sud-est, le Dévonien moyen est en grande partie constitué par des formations bathyales. Ce sont principalement des schistes, tels que les *schistes de*

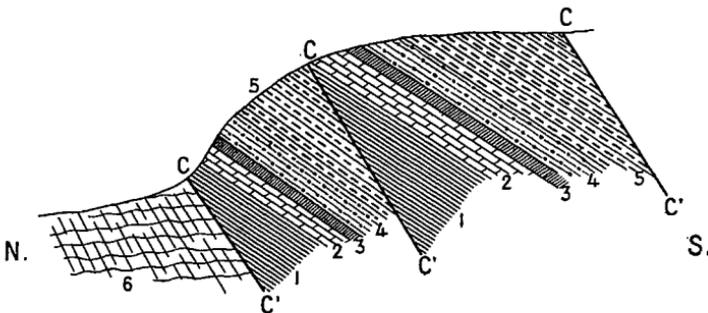


Fig. 240. — Coupe du versant nord de l'Ense, près Wildungen, Waldeck (d'après E. KAYSER et E. HOLZAPFEL).

1, schistes à *Tentaculites*; 2, calcaire de Güntherode; 3, calcaire d'Odershausen; 4, calcaires supérieurs à *Stringocephalus Burtini*; 5, Dévonien supérieur; 6, schistes à *Posidonomya Becheri* carbonifères. CC', surfaces de chevauchement.

*Wissenbach*, à *Goniatites*, *Orthocères*, *Tentaculites*, *Paléoconques*, qui correspondent aux deux zones à *Anarcestes subnautilinus* (*An. lateseptatus*, *Gyroceras gracile*, *Jovellania triangularis*) et à *Agoniatites occullus* (*Anarcestes villatus*, *Pinacites Jugleri*, *Bactrites carinatus*) [31]. En d'autres points de la même région, les mêmes espèces se rencontrent dans des calcaires, où elles sont associées à de nombreux *Trilobites*, tels que *Bronteus Dormitzeri*, *Phacops fecundus*, dans le niveau inférieur (*Ballerbach*), *Bronteus speciosus* (= *thyanopellis*), *Proetus orbitalatus*, *planicauda*, *Cyphasps hydrocephala*, *Lichas Haueri*, dans le niveau supérieur (*Güntherode*) (fig. 240). Les espèces des deux niveaux se retrouvent, avec des *Brachiopodes* peu ornés, comme *Spirifer indifferens*, *Merista securis*, *Athyris Thetys*, et des *Crinoïdes*, dans les calcaires de *Greifenstein*, près *Herborn*, dont la position stratigraphique a fait l'objet de nombreuses discussions. D'autres calcaires, comme celui d'Odershausen à *Tornoceras circumflexiferum*, *Meneceras terebratum*, *Posidonomya hians* et les calcaires noduleux à *Agoniatites discoides* et *Terebratula pumilio*, correspondent aux deux zones du Givétien [0,4].

Le Dévonien supérieur est lui aussi à l'état de formations bathyales, qui deviennent tout à fait prépondérantes sur toute la rive droite du Rhin.

Le Frasnien présente à la base soit des couches à Céphalopodes, qui ont motivé de la part de Fr. Frech [8, 32] l'établissement d'une zone à *Gephyro-*

*ceras Hæninghausi* (*Pharciceras tridens*, *Epilornoceras mithracoides*, *Timanites Archiaci*), soit, comme dans l'Eifel, des calcaires à *Rhynchonella cuboides*, *Spirifer Verneuili*, déposés dans des eaux moins profondes que les couches précédentes. Le Frasnien supérieur est constitué tantôt par les schistes de Bûdesheim à *Gephyroceras intumescens*, qui correspondent exactement, aussi bien par leur faciès que par leur faune, aux schistes de Matagne; tantôt par des calcaires bitumineux à *Buchiola angulifera*, Cypridines, Phyllocaridés; tantôt encore par les calcaires d'Adorf, qui renferment des Céphalopodes nombreux (*Tornoceras simplex*, *Gephyroceras intumescens*, *calculiforme*, *Beloceras Kayseri*, *multilobatum*) [30].

Le Famennien, enfin, comprend plusieurs zones que l'on observe rarement en superposition directe. La zone inférieure n'est guère représentée qu'à Nehden, près Brilon [29], et aux environs d'Aix-la-Chapelle. Elle est caractérisée par l'abondance d'un genre de Goniatites, entièrement inconnu en Allemagne dans les couches sous-jacentes, *Chiloceras* (*Ch. curvispina*, *Verneuili*, *sacculus*, *acutus*), qui est associé à *Tornoceras planidorsatum*, *acutum*, *Haugi*, *Aganides præcursor*, etc. [8].

Les calcaires à Clyménies constituent un ensemble que l'on retrouve presque partout sur la rive droite du Rhin, mais qui est entièrement inconnu sur la rive gauche. Dans le Sauerland (Westphalie) et dans le Kellerwald, Denckmann et Lotz [XXXIII, 63] ont pu y distinguer toute une succession de niveaux, qui se répartissent dans les deux zones à *Clymenia lævigata* et à *Gonioclymenia plana*.

Dans un niveau inférieur, les Clyménies sont encore très rares (*Oxyclymenia undulata*); les *Chiloceras*, par contre, abondent (*Ch. subpartitum*, *umbilicatum*), associés à *Sporadoceras Münsteri*, *Sp. subbilobatum*, *Aganides sulcatus*.

Les calcaires de l'Enkeberg renferment surtout *Oxyclymenia undulata*, *Clymenia arietina*, *subflexuosa*, *Pseudoclymenia Sandbergeri*, *Tornoceras planidorsatum*, avec les mêmes *Aganides* et *Sporadoceras*, mais *Chiloceras* devient très rare.

Au-dessus viennent des calcaires rouges en plaquettes avec *Clymenia annulata*, *angustiseptata*, *Kochia dispar*, *Posidonomya venusta*.

Enfin, un calcaire rouge noduleux, le calcaire du Dasberg, contient en abondance *Clymenia angustiseptata*, *Gonioclymenia speciosa*, *Oxyclymenia striata*, *undulata*, *Sporadoceras Münsteri*, *Aganides sulcatus*.

Presque toujours le Dévonien se termine par des schistes à Cypridines, avec *Entomis serratostrata*, *Trimeroccephalus anophthalmus*, *Posidonomya venusta*, qui se développent souvent au détriment des calcaires à Clyménies.

Le Dévonien de la région du Kellerwald, où Denckmann a observé cette succession, présente, dans ses parties moyennes et inférieures, les faciès habituels de la rive droite du Rhin. Il y a lieu toutefois d'insister sur le fait qu'à la base de la série, des grauwackes, incontestablement coblentziennes, reposent directement sur des schistes, qui ne représentent même pas les couches les plus élevées du Silurien.

La même discordance du Coblentzien sur le Silurien s'observe également dans l'Est de la Thuringe et dans le Fichtelgebirge, où l'on retrouve au-dessus les schistes à Tentaculites, les calcaires à *Gephyroceras intumescens*, les calcaires à Clyménies et les schistes à Cypridines, caractéristiques du Dévonien de la rive droite du Rhin. Les calcaires à Clyménies du Fichtelgebirge sont célèbres par les travaux paléontologiques déjà anciens dont ils ont fait l'objet.

En résumé, le type rhénan du Dévonien diffère du type ardennais par son caractère de plus en plus bathyal à mesure que l'on se dirige vers l'est.

Il est manifeste que l'approfondissement du géosynclinal dont font partie à la fois l'Ardenne, le massif schisteux Rhénan et la Thuringe s'est produit transversalement à l'axe et à la direction des plissements ultérieurs.

La région rhénane est encore intéressante à un autre titre, par la présence au milieu des couches du Dévonien moyen et supérieur d'intercalations fréquentes de diabases, de mélaphyres et de tufs fortement altérés, connus sous le nom de *Schlalstein*. On les retrouve aussi en Thuringe. Les sources ferrugineuses étaient sans doute abondantes dans ces régions volcaniques et c'est à elles qu'est due probablement la transformation en oligiste de couches primitivement calcaires. Les fossiles eux-mêmes ont été souvent entièrement transformés en oxyde de fer.

*Harz.* — Le Dévonien du Harz, qui a fait l'objet de vives controverses, ne diffère en somme du Dévonien rhénan que par un seul de ses termes, d'ailleurs très localisé.

Dans le Harz occidental, la succession est identique, jusque dans ses détails, avec celle de la rive droite du Rhin. On y retrouve les grauwackes coblentziennes, les schistes à Calcéoles, les schistes à Stringocéphales, les schistes à *Gephyroceras intumescens*, les calcaires à Clyménies, les schistes à Cypridines. Le calcaire de l'*Iberg*, près Grund, n'est autre chose qu'un faciès coralligène du Frasnien et rappelle beaucoup le calcaire de Ferques.

Dans le Harz méridional, le Coblentzien seul présente un réel intérêt. Sa partie inférieure est constituée par des schistes, qui renferment, à Mägdesprung, Zorge, Ilsenburg, des lentilles calcaires très fossilifères. C'est cette faune qui est devenue le type de l'*Hercynien*. Elle se compose de Trilobites (*Phacops fecundus*, *Cyphaspis hydrocephala*, *Odontochile tuberculata*, *Proetus crassimargo*), de nombreux Gastéropodes (*Platyceras*, *Platystoma*), de Brachiopodes (*Pentamerus Sieberi*, *Rhynchonella princeps*, *nympha*, *Spirifer Hercyniæ*, *Nerei*) [34, 35].

Immédiatement au-dessus se trouvent des quartzites, qui correspondent exactement à la partie supérieure de la grauwacke coblentzienne. Il n'y a donc aucun doute que les calcaires hercyniens représentent le Coblentzien inférieur, alors que, dans le massif schisteux Rhénan, le faciès calcaire n'apparaît qu'au Dévonien moyen.

Le Gedinnien n'est pas connu dans le Harz, où les relations du Silurien et du Dévonien n'ont pas encore été précisées d'une manière satisfaisante. Dans tous les cas, on ne saurait assimiler l'Hercynien au Dévonien le plus inférieur, ni employer ce terme pour désigner des couches de passage entre le Silurien et le Dévonien.

*Saxe, Silésie, Moravie.* — Dans la direction de l'est, la bande dévonienne de l'Ardenne, que nous avons suivie jusqu'au Fichtelgebirge, ne se continue pas en Bohême, où les relations du Dévonien avec le Silurien et le Carbonifère sont toutes différentes, mais elle s'en va, par la Saxe et la Silésie, en Moravie, en contournant au nord et à l'est le massif de Bohême, conformément à la direction des plissements varisques.

En Saxe, les analogies sont masquées, en ce qui concerne le Dévonien inférieur et moyen, par le grand développement des roches volcaniques, notamment dans le Vogtland, mais on a trouvé dans cette région des couches à *Gephyroceras* et à *Buchiola retrostriata* et des calcaires gris à Clyménies et Goniatites, que Frech [8] a pu identifier aux espèces les plus caractéristiques de la zone à *Clymenia annulata*.

En Silésie, on a signalé des schistes à Tentaculites, des calcaires à *Rhynchonella cuboides*, puis, à Ebersdorf, près Neurode, au-dessus de cal-

caires à *Phillipsastræa*, des calcaires bleuâtres ou rouges à Clyménies, appartenant à la zone *Gonioclymenia plana*, avec *Clymenia*, *Oxyclymenia*, *Gonio-clymenia*, *Sporadoceras*, *Aganides* en plusieurs espèces.

En Moravie, le Dévonien inférieur est représenté par des conglomérats et des quartzites, qui reposent directement sur les terrains cristallins; au Dévonien moyen appartiennent les calcaires à *Stringocephalus Burtini* du Rittberg, près Olmütz; tandis que le calcaire à Clyménies existe près de Brünn. Le Dévonien forme d'ailleurs une bande continue, orientée N.N.E.-S.S.W., qui longe le bord est du massif de Bohême, en s'enfonçant au sud de Brünn sous les plis des Karpates.

*Pologne*. — Les collines de Lysa Gora près Kielce, en Pologne, sont principalement constituées par des couches dévoniennes plissées suivant la direction N.W.-S.E. On y observe aussi quelques affleurements de Cambrien et de Silurien. D'après G. Gürich, qui a consacré une importante monographie à ces terrains paléozoïques [XXXIII, 29], le Dévonien de Pologne offre les plus grandes ressemblances avec celui du Rhin.

Au-dessus des schistes et quartzites siluriens, viennent directement, et probablement en discordance, des grès à *Spirifer paradoxus* coblentziens, puis des grès où l'on a trouvé des restes de Poissons (*Cocosteus*, *Heterosteus*, *Bothriolepis*) et qui sont surmontés par un Eifélien dont tous les termes peuvent être facilement mis en parallélisme avec la série de l'Eifel.

Dans le Givétien à *Stringocephalus Burtini*, les calcaires coralligènes jouent un rôle très important. Il en est de même du Frasnien, qui se termine par des schistes ou par des calcaires à *Gephyroceras intumescens*, *Timanites Archiaci*, *Tornoceras simplex*, *Buchiola retrostriata*. Enfin, le Famennien comprend, à la base, des marnes à *Chiloceras Verneuli*, semblables à celles de Nehden, mais où apparaît déjà une Clyménie, *Clymenia Humboldti*; et au sommet, des calcaires à Clyménies, avec *Clymenia lævigata* et *annulata*, *Dechenella pusilla*, *Posidonomya venusta*.

Le Dévonien existe également dans les environs de Cracovie, où il diffère fort peu de celui de la Pologne russe [36].

**BANDE DE BOHÈME ET D'ARMORIQUE.** — Si, dans la bande que nous venons d'étudier, le Dévonien est presque toujours concordant avec le Carbonifère — comme on le verra plus tard — et, par contre, séparé du Silurien par une discordance, il n'en est plus de même dans une bande plus méridionale, qui comprend notamment la Bohême et la région axiale du massif Armoricaïn, puisque le Silurien et le Dévonien y sont en parfaite concordance, tandis que le Carbonifère y repose en discordance ou tout au moins en transgression sur le Dévonien (fig. 234). Nous commençons par les deux régions extrêmes de cette bande, la Bohême et le massif Armoricaïn, de manière à pouvoir discuter ensuite plus utilement la signification des régions intermédiaires, telles que les Vosges et le Plateau Central.

*Bohême*. — On sait déjà que les étages F, G et H, c'est-à-dire les termes supérieurs du « système Silurien » de Barrande, appartiennent en réalité au Dévonien. Un examen détaillé de la succession dans la région centrale de la Bohême va nous permettre, en nous basant sur les travaux de Novak [37, 38], d'Em. Kayser et E. Holzapfel [39] et de Fr. Frech [3], d'en fournir la démonstration, en précisant l'âge de chacune des divisions distinguées par Barrande.

Cette succession peut être résumée de la manière suivante :

ÉTAGE F. Barrande réunissait dans son étage F deux termes qu'il appelait  $F_1$  et  $F_2$  et qu'il envisageait comme deux niveaux successifs, l'un,  $F_1$ , constitué par des calcaires noirs en dalles; l'autre,  $F_2$ , formé de calcaires blancs compacts et connu sous le nom de calcaire de Konieprus. Il résulte des observations de Novak que ces deux divisions ne sont à proprement parler que deux faciès synchroniques d'un même horizon,  $F_1$  représentant le faciès de mer profonde,  $F_2$ , le faciès récifal, tous deux venant se placer au niveau du Gedinnien. En effet, les deux formations peuvent se remplacer réciproquement et le calcaire de Konieprus peut reposer directement sur le calcaire gothlandien  $E_2$  (fig. 241).

Le calcaire  $F_1$  renferme surtout *Hercynella bohémica*, des Paléoconques et des Spongiaires siliceux. Le calcaire de Konieprus est, par contre, très riche en Brachiopodes ornés (*Terebratula melonica*, *Rhynchonella princeps*, *Rh. Henrici*, *Pentamerus Sieberi*, *Spirifer togatus*, *Nerci*, *Retzia Haidingeri*, *Strophomena Stephani*) et en Gastéropodes (*Platyceras*, *Platystoma*, *Horiostoma*, *Murchisonia*, etc.), associés à des Lamellibranches (*Conocardium*, *Goniophora*), à des Trilobites (*Proetus bohemicus*, *Harpes venulosus*, *Bronteus palifer*) et à des Coralliaires beaucoup moins abondants.

La partie supérieure du calcaire des Konieprus passe latéralement à des calcaires rouges et jaunes à Crinoïdes, qui recouvrent également ce même calcaire (fig. 241); mais

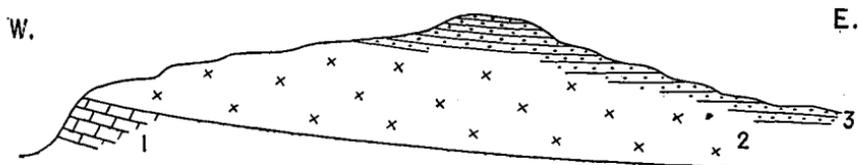


Fig. 241. — Coupe du Slatikun, près Mnenian, Bohême (d'après E. KAYSER et E. HOLZAPFEL).

1, calcaire gothlandien  $E_2$ ; 2, calcaire récifal de Konieprus; 3, calcaire stratifié à Crinoïdes.

leur faune est toute différente, de sorte que l'on en fait aujourd'hui une division indépendante, sous le nom de calcaires de Mnenian.

On y trouve surtout des Goniatites (*Agoniatites fidelis*, *Anarcestes præcursor*, *crispus*, *Gyroceras gracile*), des Trilobites (*Bronteus speciosus*, *Dormitæri*, *Acidaspis vesiculosa*, *Phacops fecundus* var. *major*, *Ph. Zorgensis*, *Phaetonellus planicauda*), des Gastéropodes (*Platyceras Halfari*), des Brachiopodes lisses (*Merista passer*, *securis*, *Rhynchonella Baucis*, *Athyris Thelys*), des Zoanthaires de mer profonde (*Pelraia*, *Cladochonus*).

Les calcaires noduleux de Tetin, à *Odontochile Hausmanni*, *Phacops cephalotes*, appelés  $G_1$  par Barrande, ne sont autre chose qu'un faciès latéral du calcaire de Mnenian, déposé dans des eaux encore plus profondes.

ÉTAGE G.  $G_1$  mis à part, l'étage G comprend deux termes superposés :

1° les schistes à Tentaculites ( $G_2$ ), avec *Agoniatites fecundus*, *Tentaculites elegans*, *Styliolina clavulus*, *Leptaena subtransversa*;

2° les calcaires noduleux de Hlubocep ( $G_3$ ), avec *Anarcestes lateseptatus*, *Agoniatites occultus*, *Dannenbergi*, *Pinacites Jugleri*, *Hercoceras subtuberculatum* et Paléoconques.

Les deux niveaux sont des formations de mer profonde.

ÉTAGE H. Les schistes de Hostin ( $H_1$ ) sont, par contre, sableux et alternent avec des quartzites. Ils renferment notamment *Menceras terebratum*, *Agoniatites inconstans* et *Stringocephalus Burtini*, associés à des Végétaux terrestres. Les couches terminales ( $H_2$ ,  $H_3$ ) sont des schistes sableux sans fossiles, qui indiquent un remplissage rapide du géosynclinal [40].

L'étage H représente sans doute en totalité le Givétien, le Dévonien supérieur faisant entièrement défaut.  $G_1$  et  $G_2$  correspondent, d'après Frech, aux schistes de Wissenbach, c'est-à-dire à l'Eifélien, car on y retrouve les mêmes Céphalopodes.

Quant aux calcaires de Mnenian et aux couches de mer profonde ( $G_1$ ) qui occupent le même niveau, Frech et Em. Kayser ne sont pas d'accord

sur leur position exacte. Celui-ci en fait l'équivalent exact du calcaire de Greifenstein et les place à la base de l'Eifélien, tandis que celui-là les range au sommet du Coblentzien.

Quoi qu'il en soit, le calcaire de Konieprus et F<sub>1</sub> représentent sans aucun doute le Gedinnien, qui est ici absolument concordant avec le Gothlandien.

*Massif Armoricain.* — Le Dévonien ne forme, dans le massif Armoricain, que des bandes étroites orientées à peu près W.-E., dans lesquelles sont conservés également des restes des terrains carbonifères et qui doivent être envisagés comme des synclinaux simples ou complexes.

Dans les régions anticlinales intermédiaires, les terrains cambriens et siluriens ont été démantelés de leur couverture dévonienne.

Ces bandes synclinales sont au nombre de 4 : celle du Cotentin, celle de Brest-Laval, qui est de beaucoup la plus importante, celle d'Angers et celle d'Ancenis. Dans chacune d'elles, le Dévonien affecte des caractères spéciaux, elles méritent donc d'être étudiées séparément.

*Bande synclinale du Cotentin.* — Dans le Nord de la Manche, le Dévonien forme une large zone synclinale, où il n'est représenté que par un petit nombre de termes.

On admettait autrefois une transgressivité du Coblentzien sur les terrains antérieurs au Dévonien et l'on avait conclu à l'absence du Gedinnien dans la région, mais les travaux de Bigot [41] ont montré, au moins pour un certain nombre de points, que « le passage du Silurien au Dévonien se fait par une épaisse série de schistes avec petits bancs de grès, formant l'assise des schistes et quartzites, à la base de laquelle se trouvent des ampélites et calcaires ampéliteux du Gothlandien, tandis qu'une faune dévonienne caractérise les couches supérieures ».

Les plus anciennes couches fossilifères dévoniennes sont des grès contenant des Lamellibranches et en particulier des *Grammysia*, puis vient le niveau très constant des grès à *Orthis Monnieri*, en petits bancs réguliers, où l'on trouve, outre l'espèce caractéristique, des *Plerinea* et *Pleurodictyum problematicum*.

Ces grès supportent des schistes à *Athyris undata*, dans lesquels s'intercalent à divers niveaux des lentilles calcaires, renfermant, par exemple à Néhou et à Baubigny, une faune très riche : *Goldius Gervillei*, *Calymmene reperta*, *Megalanteris inornata*, *Pentamerus Oehlerti*, *Wilsonia Henrici*, *W. sub-Wilsoni*, *Spirifer Venus*, *Sp. Trigeri*, *Orthis vulvarius*, *Chonetes sarcinulatus*, Crinoïdes, Stromatopores, etc.

Des calcaires de même âge existent dans les autres synclinaux, sauf dans celui d'Ancenis. Nous serons conduits à les classer, avec les grès à *Orthis Monnieri* sous-jacents, dans le Coblentzien.

Le Dévonien moyen et supérieur ne sont pas connus dans le Cotentin, soit que la région ait été exondée après le dépôt du Dévonien inférieur, soit, ce qui est plus vraisemblable, que les termes supérieurs aient été enlevés par dénudation.

*Bande synclinale de Brest-Laval.* — Dans le fond de la rade de Brest et dans la presqu'île de Crozon, le Dévonien prend un grand développement. Les affleurements s'élargissent encore vers l'est, constituant ce que Charles Barrois appelle le bassin du Finistère, pour s'étrangler ensuite peu à peu et se trouver réduits dans l'Ille-et-Vilaine à une bande très étroite, qui relie le bassin du Finistère au bassin de Laval.

Celui-ci s'élargit à son tour vers l'est jusqu'au bord est du massif Armoricain, où il s'enfonce sous les terrains secondaires.

Dans le bassin du Finistère, on observe la succession suivante [43] :

1° *Schistes et quartzites de Plougastel*, représentant le Gedinnien. Ils reposent en concordance sur le Gothlandien terminal à *Avicula glabra*. Ils atteignent un millier de mètres d'épaisseur et sont peu fossilifères (*Rhynchonella Thebaulti*, *Homalonotus Le Hir*).

2° Grès à *Orthis Monnieri*.

3° *Grauwacke du Faou*, composée d'alternances de grès et de schistes, avec lentilles calcaires (*Athyris undata*, *Leptaena Murchisoni*).

4° *Grauwacke du Fret*, à *Spirifer paradoxus, arduennensis, Pentamerus Oehlerti, Pleurodictyum granuliferum*. Ces couches représentent avec les précédentes le Coblentzien.

5° *Schistes de Porsguen*, à éléments fins, fissiles, avec lits de calcaire noduleux fossilifères (*Phacops Potieri, Dalmanites laciniata, Orthoceras regulare, Anarcestes subnautilinus, Tentaculites scalaris, Spirifer auriculatus, elegans, Cyrtina heteroclyta, Pentamerus Rhenanus, Rhynchonella Orbignyana, Orthothes umbraeulum, Merista plebeia, Orthis eiféliensis, Productella subaculeata*, nombreux Zoanthaires). C'est incontestablement de l'Eifélien.

6° *Schistes de Traouliers* à *Rhynchonella cuboides, pugnus, Cyrtina heteroclyta*, etc. Ces couches, qui représentent le Frasnien, sont difficiles à séparer des précédentes, mais la faune givétienne n'est pas encore connue dans le Finistère.

7° *Schistes de Rostellec*, fins, charbonneux, avec nodules de calcaires bitumineux : *Cypridina serratostriata, Chiloceras Verneuli, Tornoceras simplex, Bacrites, Tentaculites tenuicinctus, Buchiola retrostriata, Posidonomya venusta*, etc.). C'est la faune de Nehden, c'est-à-dire le Famennien inférieur.

La sédimentation a donc certainement été ininterrompue pendant tout le Dévonien.

Dans le synclinal de Laval, où D.-P. Oehlert [45] a pu établir avec une grande précision la succession des niveaux, le Dévonien inférieur est représenté, comme dans le bassin du Finistère, par des schistes et quartzites et par le Coblentzien, constitué de la manière suivante :

1° Grès de Gahard à *Orthis Monnieri*;

2° Calcaire de la Baconnière à *Athyris undata*;

3° Calcaire de Saint-Germain-le-Fouilloux à *Spirifer Pellicoi, Sp. Trigeri, Plectambonites Bouei* et autres Brachiopodes de grande taille.

La série dévonienne se termine dans le bassin de Laval par les *schistes de Sablé* à lentilles calcaires, renfermant, comme les schistes de Porsguen, *Phacops Potieri*, associé à *Uncinulus Orbignyanus, Nucleospira lens*, etc. C'est l'Eifélien.

*Bande synclinale d'Angers*. — D'après les travaux de D.-P. Oehlert [46-48] et de Louis Bureau [49], la série très disloquée du synclinal d'Angers débute par les grès à *Orthis Monnieri*, elle se continue ensuite par les calcaires de Vern, à *Athyris undata*, identiques à ceux de la Baconnière, et par les calcaires d'Angers, qui renferment la même faune que ceux d'Erbray, célèbres par la belle monographie paléontologique que leur a consacrée Charles Barrois [42]. Les espèces les plus caractéristiques de ces calcaires sont les suivantes : *Goldius Gervillei, Proetus Gosseleli, Euomphalopterus subalatus, Platyceras undulatum, Megalanteris inornata, Spirifer Davousti, Trigeri, Hercyniæ, Decheni, Athyris concèntrica, undata, Plectambonites Bouei, Strophomena Verneuli*, nombreux Bryozoaires, Crinoïdes et Zoanthaires.

Le calcaire d'Angers supportant à son tour des schistes et calcaires à *Phacops Polieri* eiféliens, il ne peut y avoir aucun doute sur l'attribution au Coblentzien supérieur de la faune d'Erbray, ainsi que D.-P. Oehlert l'a établi dès 1889 [46].

On ne connaît dans le synclinal d'Angers aucun représentant du Givétien, mais on doit attribuer, avec Charles Barrois [43], au Dévonien supérieur les

calcaires à Tentaculites de la Fresnaie et les schistes à nodules de La Vallée, à *Dechenella*, *Posidonomya venusta*, etc., qui indiquent, pour la région correspondant à ce synclinal, la continuation des conditions bathyales jusqu'à la fin de la période.

*Bande synclinale d'Ancenis.* — La bande synclinale d'Ancenis est celle qui se distingue le plus des autres. On n'y connaît aucune trace du Dévonien inférieur et il est établi par les travaux d'Édouard et de Louis Bureau que le Dévonien moyen et le Dévonien supérieur y sont transgressifs [49] :

L'Eifélien est représenté par les schistes de Liré à *Phacops Potieri*, *Receptaculites Neptuni*, *Pleurodictyum problematicum*, etc. Le niveau caractérisé par la première de ces espèces est donc le plus constant dans le massif Armoricaïn, il ne manque que dans le Cotentin. Les calcaires de Chaufefonds occupent un niveau plus élevé de l'Eifélien [44].

Le Givétien est constitué par des calcaires très fossilifères à l'Écochère (Loire-Inférieure) et à Montjean et Chalonnes (Maine-et-Loire), où ils sont caractérisés par *Uncites Galloisi*, *Pentamerus Davyi*, *galeatus*, *Spirifer cabedanus* et par de nombreux Zoanthaires [47].

Les calcaires frasnien de Cop-Choux, découverts par Édouard Bureau, sont, d'après Louis Bureau [49], en contact direct avec le grès Armoricaïn, dont ils renferment à la base des galets atteignant 20 cm de diamètre. Ils ont fourni *Rhynchonella cuboides*, *Rh. pugnus*, *Productus subaculeatus*, *Pentamerus globus*.

Le Famennien est inconnu dans le bassin d'Ancenis, et le Carbonifère inférieur est directement en contact soit avec le Frasnien, sur le flanc nord du synclinal, soit avec le Givétien, sur le flanc sud.

Mais il est probable qu'il y a eu des étirements qui ont dû faire disparaître certaines couches.

Quoi qu'il en soit, le Dévonien présente, dans la bande d'Ancenis, des caractères stratigraphiques spéciaux, qui le rapprochent davantage du type ardennais.

Les trois bandes synclinales situées plus au nord possèdent toutefois des traits communs qui les distinguent du type ardennais et rhénan pour les rapprocher de la Bohême : concordance du Silurien et du Dévonien, intercalations calcaires dans le Coblentzien et — comme nous le verrons plus tard — mouvements orogéniques vers la fin de la période Dévonienne ou au début de la période Carbonifère, attestés d'ailleurs déjà par l'absence du Dévonien supérieur dans le bassin de Laval.

Nous devons rechercher maintenant si le Dévonien du Nord du Plateau Central et celui des Vosges ont des affinités avec le Dévonien des régions axiales du massif Armoricaïn et avec la Bohême, ou s'ils se rapprochent davantage de celui de la bande synclinale d'Ancenis.

*Nord du Plateau Central.* — Nous ne connaissons avec certitude, dans le Nord du Plateau Central, ni Cambrien ni Silurien, en revanche le Dévonien supérieur a été reconnu dans l'Allier et dans le sud du Morvan, où n'affleure aucun terme plus ancien. A Diou et à Gilly, le Frasnien est représenté sur les deux rives de la Loire par des calcaires zoogènes qui renferment *Rhynchonella cuboides*, *Spirifer Verneuili*, *Productella subaculeata*, *Phacops secundus* et des Stromatopores.

Tout récemment, Albert Michel-Lévy [50] a fait au Moulin-du-Roi, près Bourbon-Lancy (Saône-et-Loire), l'importante découverte de schistes à Cypridines (*Entomis*) et à Céphalopodes, qui ont fourni notamment *Clymenia*, *Goniclymenia*, *Pseudoclymenia Sandbergeri*, *Gephyroceras*, *Dechenella pusilla*, *Phacops cryptophthalmus*, des Gastéropodes, des Lamellibranches, des Brachiopodes, malheureusement presque toujours spécifiquement indéterminables, en raison de l'état fragmentaire des échantillons, toujours écrasés. Le Famennien était totalement inconnu en France sous ce faciès,

qui rappelle celui des couches terminales du Dévonien de Westphalie et du Nassau.

Ces schistes à Cypridines et à Clyménies supportent en concordance des grès et des schistes d'âge carbonifère.

*Vosges.* — Le Dévonien moyen est seul connu dans les Vosges, où il forme deux bandes d'inégale importance, situées, l'une dans la vallée de la Bruche, au N.W. du massif granitique du Champ du Feu, l'autre, sur le bord méridional du massif des Ballons, aux environs de Chagey (Haute-Saône).

Le Dévonien moyen de la vallée de la Bruche est constitué principalement par des schistes et des grauwackes, avec intercalations de conglomérats et de calcaires en lentilles ou en bancs. Le Coblentzien est fossilifère entre Champenay et les Fosses (*Calceola sandalina*, *Atrypa reticularis*, etc.). C'est, par contre, au Givétien qu'appartiennent les bancs calcaires qui affleurent entre Schirmeck et Hersbach (*Stringocephalus Burlini*, *Rhynchonella parallelepipeda*, *Productus subaculeatus*, *Cupressocrinus*, Zoanthaires nombreux).

Il existe aussi près de Schirmeck des récifs à Stromatopores [51, 52].

Les affleurements peu étendus de Chagey (Haute-Saône) n'ont pas fait l'objet de travaux récents. Les déterminations de fossiles auraient besoin d'être revues; elles ne donnent aucune indication précise sur la présence d'horizons définis du Dévonien moyen.

Les deux bandes dévoniennes des Vosges centrales et des Vosges méridionales appartiennent probablement à la même zone de plissements que celles du Morvan, mais l'état actuel de nos connaissances ne nous permet pas de comparer les successions dans les deux régions, soit entre elles, soit avec celles de la Bretagne. Toutefois les analogies sont plutôt avec la bande synclinale d'Ancenis qu'avec les bandes plus septentrionales. Il ne paraît exister aucune relation directe avec la Bohême, où le Dévonien supérieur ne s'est pas déposé.

**SUD-OUEST DE L'EUROPE.** — Nous allons maintenant aborder des régions qui, déjà au Cambrien et au Silurien, avaient entre elles de grandes affinités : la Montagne Noire [XXXII, 27, 28; 53], les Pyrénées, l'Espagne, la Sardaigne, etc.

*Montagne Noire.* — Dans cette région, le Dévonien inférieur, qui fait suite en concordance au Gothlandien, est constitué par des grès peu épais et des dolomies, qui n'ont encore fourni que des fossiles indéterminables.

Au Coblentzien appartiennent des calcaires, grenus à la base, argileux et bien stratifiés vers le haut. On y a trouvé *Phacops Potieri*, *Bronteus meridionalis*, *Pentamerus Œhlerti*, *Uncinulus Orbignyanus*, *Spirifer cultrijugatus*, *Cabedanus*, *Orthis striatula*, *Calceola sandalina* et de nombreux Zoanthaires, dont les polypiers ont favorisé la concentration de la silice.

A ces calcaires, succède le *calcaire blanc du Pic* (de Bissous), très cristallin et très fossilifère. Bergeron cite notamment de ce niveau *Harpes Escoti*, *Phacops Munieri*, *Cheirurus Lenoiri*, *Meneceas terebratum*, *Tornoceras simplex*, diverses Rhynchonelles, *Spirifer Maureri*, *Pentamerus globus* et conclut à son âge givétien, qui est confirmé par la découverte de *Stringocephalus Burtini*, annoncée par P. de Rouville. La faune conserve cependant certaines affinités avec celle de Konieprus.

Le calcaire blanc du Pic se colore en rouge à sa partie supérieure et passe à des calcaires frasniens, renfermant à la base, d'après Fr. Frech [8], *Protecanites Kilitani*, *Pr. lateseptatus*, *Gephyroceras Høeninghausi*, *Orthoceras*, *Cardiola nehdensis*; puis, plus haut, *Gephyroceras intumescens*, *Tornoceras simplex*.

Ces calcaires noirs ou rougés supportent des calcaires également noirs ou rougés, remplis de petites Goniatites ferrugineuses, parmi lesquelles prédominent de nom-

breuses espèces de *Chiloceras* (*Ch. Verneuli*, *curvispina*, *sacculus*, etc.), *Tornoceras subundulatum*, *Bactrites carinatus*, *Posidonomya venusta*, *Buchiola retrostriata*, *Dechenella Escoti*, *Phacops cryptophthalmus*, *Camiarophoria subreniformis*.

Le Dévonien se termine par des calcaires noduleux rouges (*griottes*) à Clyménies, dans lesquels Frech a rencontré en abondance les espèces suivantes, dont plusieurs sont caractéristiques de la zone supérieure : *Clymenia intracostata*, *lævigata*, *undulata*, *Oxytymenia striata*, *Goniclymenia plana*, *Tornoceras Escoti*, *Aganides sulcatus*, *Sporadoceras sublobatum*.

Ces calcaires deviennent gris vers le haut et supportent en concordance le Carbonifère.

*Pyrénées.* — Dans toute la chaîne des Pyrénées, le Dévonien est, comme dans la Montagne Noire, parfaitement concordant avec le Silurien et avec le Carbonifère et il offre lui-même les plus grandes analogies avec celui de l'Hérault.

Le Dévonien inférieur est surtout représenté par des schistes avec quelques intercalations lenticulaires de calcaires. On y a trouvé principalement *Spirifer Pellicoi*, *Leptæna Murchisoni*, *Atrypa reticularis*, des *Fenestella*, des *Zaphrentis*, *Pleurodictyum problematicum*, etc.

Dans le Dévonien moyen, les calcaires deviennent prédominants. Cependant à Cathervieille et à Hont-de-Ver, dans la Haute-Garonne, des schistes renferment une faune eifélienne, découverte par Maurice Gourdon et étudiée par Charles Barrois. Les Trilobites y sont assez nombreux et sont très voisins de ceux de G<sub>1</sub> de Bohême (*Lichas Gourdoni*, *Harpes pyrenaicus*, *Bronteus Raphaeli*, *Trutati*, *Odontochile Gourdoni*, *Petraia undulata*, *Cladochonus striatus*, etc.) [54]. Les calcaires renferment fréquemment des Zoanthaires silicifiés et sont parfois dolomitisés.

Au Dévonien supérieur appartiennent des schistes et des calcaires à *Spirifer Verneuli*, des calcaires noduleux à *Chiloceras curvispina* et *amblylobum*, qui représentent l'horizon de Nehden, et des calcaires noduleux rouges et verts à Clyménies et à Goniatites, connus sous le nom de marbres griottes ou de marbre Campan.

*Espagne.* — La présence du Dévonien a été constatée en plusieurs régions de la Péninsule Ibérique, en particulier dans les Asturies et la Galice, en de nombreux points de la Meseta, dans la chaîne Ibérique et en Catalogne, mais ce n'est guère que dans le premier de ces pays que, grâce aux beaux travaux de Charles Barrois [XXXII, 32], on connaît une succession tant soit peu complète. Ailleurs on a signalé depuis longtemps divers termes fossilifères du Dévonien, en particulier du Coblentzien et l'on a souvent insisté sur les grandes analogies de faciès et de faune que présente cet étage avec les calcaires coblentziens du massif Armoricaïn.

Dans les Asturies, le Dévonien atteint, d'après Barrois, une épaisseur totale d'environ 1000 m; tous les termes y sont concordants, mais la présence du Gedinnien, celle du Givétien et celle du Famennien n'est pas encore établie sur des données paléontologiques. La série débute par des grès ferrugineux sans fossiles, qui supportent les schistes et calcaires de Nieva à *Spirifer hystericus*, *Homalonotus Pradoanus*, etc., représentant le Coblentzien inférieur. Le calcaire de Ferroñes, qui correspond au Coblentzien supérieur, est beaucoup plus fossilifère. On y rencontre les espèces les plus caractéristiques du calcaire de Néhou. D'autres calcaires, très riches en Brachiopodes et en Coralliaires, constituent l'équivalent du Givétien. Ils sont séparés par des grès à *Gosseletia* des calcaires frasniens de Candas, à *Spirifer Verneuli* et *Phillipsastræa*, qui eux-mêmes supportent des grès sans fossiles.

A Santa-Lucia, dans la province de Léon, l'Eifelien renferme, d'après D.-P. Oehlert [56] : *Cryphæus Munieri*, *Malladaia Lucix*, *Phacops Polieri*, *Paracyclas rugosa*, *Spirifer Pellicoi*, *Sp. Cabedanus*, *Cyrtina heteroclyta*, *Orthoheles umbraculum*, *Penremilidea*, *Megistocrinus*, etc.

Des calcaires coblentziens ou eiféliens ont fourni des faunes non moins riches dans la chaîne Ibérique et dans les provinces de Cuenca et de Guadalajara. De Verneuil cite *Stringocephalus Burtini* dans la Sierra Morena et les calcaires frasniens sont connus aussi en un certain nombre de points. Les marbres griottes du Néodévonien supérieur n'ont encore été mentionnés qu'en Catalogne, mais ils y sont très peu fossilifères.

*Baléares.* — Le Dévonien est le terrain le plus ancien qui affleure dans l'île de Minorque. Il se compose d'une série de schistes et de grès avec quelques bancs calcaires, qui atteint, d'après H. Hermite [57], près d'un millier de mètres d'épaisseur. Dans toute la masse on rencontre des empreintes végétales (*Archæocalamites Renaulti*, *Sphenophyllum Maresi*) et la partie moyenne seule renferme une faune marine et cela dans une épaisseur de couches de 10 m seulement. Les espèces les plus caractéristiques sont les suivantes : *Phacops cryptophthalmus*, *Gephyroceras* sp., *Platystoma Heberti*, *Productella Chalmasi*, *Leptaena Dulertrei*, *Atrypa reticularis*, *Spirifer Verneული*, *Athyris concentrica*, *Terebratula Baconnierensis* et de nombreux Zoanthaires. Il s'agit évidemment là de Frasnien et non, comme croyait Hermite, de Dévonien moyen.

*Sardaigne.* — Le Dévonien est connu en deux points en Sardaigne. Dans le Fluminese, Bornemann a trouvé, dans des schistes qui font suite au Silurien, des *Tentaculites* et des *Styliolina*. On doit d'autre part à Lovisato [58] la découverte de Clyménies, de Goniatites (*Sporadoceras*), de Lamellibranches (? *Buchiola retrostriata*) et de Crinoïdes dans un calcaire lamellaire du Gerrei, qui occupe le sommet d'une série schisteuse et qui appartient évidemment au Dévonien le plus élevé.

*Île d'Elbe.* — De Stefani signale sur la côte est de l'île d'Elbe des schistes lustrés renfermant des Goniatites (? *Tornoceras*), des *Beyrichia*, des *Gastéropodes*, des *Lamellibranches*, *Actinocrinus tenuistriatus*, qu'il rapporte avec doute au Dévonien inférieur [59].

On voit par cet aperçu de la répartition des terrains dévoniens dans le Sud-Ouest de l'Europe que nous sommes loin de pouvoir nous faire actuellement une idée satisfaisante de la distribution géographique des faciès et des relations stratigraphiques des divers termes entre eux et avec les autres terrains. De longues recherches de détail sont encore nécessaires avant que l'on puisse songer à entreprendre une synthèse. Toutefois il semble que l'on soit en droit d'affirmer dès à présent les étroites affinités paléontologiques qui relie le Dévonien du Sud-Ouest de l'Europe à celui du massif Armoricaïn et que l'on puisse admettre, au moins dans la majorité des points, l'existence d'une série concordante allant du Silurien au Carbonifère.

**ALPES ORIENTALES.** — Le Dévonien est particulièrement bien développé dans deux régions des Alpes orientales [60], dans les environs de Graz, en Styrie, et dans les Alpes Carniques. Chacune des deux présente son caractère propre et mérite d'être étudiée séparément.

*Région de Graz* [61]. — Le passage du Silurien au Dévonien a lieu, dans les environs de Graz, d'une manière tout à fait insensible.

Les schistes et calcaires à Crinoïdes du Silurien supportent des quartzites

peu fossilifères, avec intercalations de nappes de mélaphyres et de diabases. Puis viennent des schistes avec calcaires en masses lenticulaires ou en bancs, qui deviennent prédominants vers le haut. Ils sont très riches en Coralliaires, dont la plupart appartiennent à des espèces spéciales (*Heliolites Barrandei*, *Thamnophyllum Stachei*, *Favosites styriacus*, *Otiliæ*, *Striatopora Suessi*), en Crinoïdes, en Brachiopodes (*Orthothes umbraulum*, *Pentamerus Petersi*). Les Mollusques et les Trilobites (*Dalmania Heideri*) sont plus rares. Penecke place ces couches à *Heliolites Barrandei* dans le Coblentzien.

Au Lantsch, elles supportent des calcaires et des schistes eiféliens, qui renferment également un grand nombre de Zoanthaires, parmi lesquels se trouvent la plupart des espèces des couches sous-jacentes et, en outre, *Calceola sandalina*. Les calcaires récifaux qui constituent le sommet du Hochlantsch ont fourni *Cyathophyllum quadrigeminum*, espèce caractéristique du Givétien.

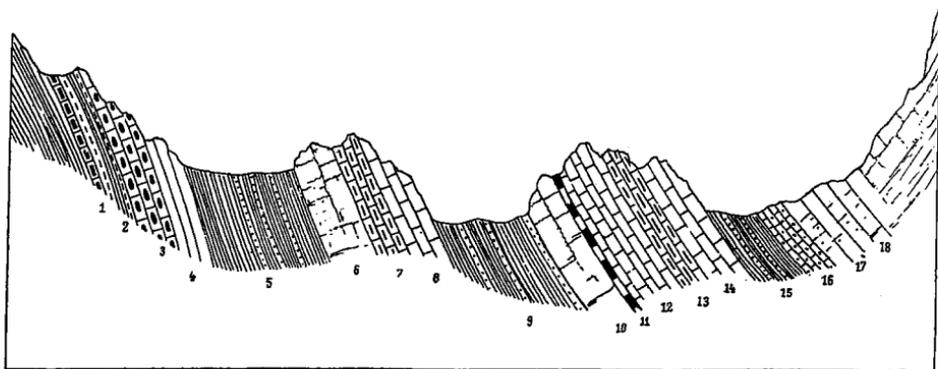


Fig. 242. — Coupe du Wolayer Thörl, Alpes Carniques (d'après GEORG GEYER).

- 1, calcaires ferrugineux à *Orthoceras potens*, *Cheirurus Quenstedti* ; 2, calcaires et schistes à *Carliola interrupta* ; 3, calcaires à silex ; 4, calcaires en dalles à *Orthoceras alticola* et Trilobites ; 5, schistes argileux et siliceux noirs ; 6, calcaires gris massifs ; 7, calcaires rouges argileux et gris en dalles, avec *Tornoceras inexpectatum* ; 9, schistes argileux foncés ; 10, calcaires massifs ; 11, calcaires ferrugineux à Orthocères ; 12, calcaires gris foncé en dalles, avec sections d'Orthocères ; 13, calcaires schisteux rouges ; 14, calcaires rouges et gris en dalles, avec sections d'Orthocères ; 15, grès gris et grauwacke avec schistes argileux noirs ; 16, calcaires gris foncé en plaquettes, avec Crinoïdes et Brachiopodes (*Rhynchonella Megera*, *Zelia*, *Sappho*, *Athyris obolina*) ; 17, calcaire en dalles gris foncé ; 18, calcaires coralliens bien stratifiés passant au sommet à des calcaires massifs.

Il n'existe dans les environs de Graz aucun représentant du Frasnien, mais les calcaires à Clyménies, très fossilifères à Steinbergen (*Clymenia lavi-gala*, *flexuosa*, *Oxyclymenia undulata*, *Goniclymenia speciosa*, *Chiloceras*, *Posidonomya venusla*), reposent, d'après Penecke [61], directement soit sur les couches à *Heliolites Barrandei*, soit sur les quartzites du Dévonien inférieur, soit même sur le Silurien supérieur. Ils présentent à la base une brèche constituée par des éléments empruntés à leur substratum. Cette transgressivité du Dévonien terminal doit être retenue comme une des particularités les plus remarquables du Dévonien de Graz.

*Alpes Carniques.* — Dans les Alpes Carniques, ainsi que l'a montré Fr. Frech [XXXIII, 68 ; 60], le passage du Silurien au Dévonien s'effectue également sans transition brusque. La coupe du Wolayer Thörl (fig. 242), dont nous avons déjà appris à connaître la partie inférieure, est très remarquable à cet égard. On y observe, au-dessus des calcaires à Orthocères siluriens, les couches dévoniennes suivantes :

1° calcaire rouge noduleux à *Tornoceras inexpectatum*, *T. Stachei*, *Anarcestes præcursor*, *Cyrtoceras miles*, *Gomphoceras*, *Orthoceras*;

2° calcaire à *Rhynchonella Megæra*, *Zelia*, *Sappho*, *Cheirurus propinquus* mut. *devonica*;

3° calcaire récifal très fossilifère, renfermant une faune voisine de celle de Konieprus (*Harpes venulosus*, *Calymene reperta*, *Cyphaspis hydrocephalus*, nombreux Gastéropodes, *Merista passer*, *securis*, *Rhynchonella princeps*, *nympha*, *Pentamerus Sieberi*, Crinoïdes, très nombreux Coralliaires).

Les couches à *Tornoceras inexpectatum* sont placées par Frech à la base du Dévonien, uniquement parce que c'est à ce niveau qu'apparaissent les premières Goniatites. Des espèces siluriennes s'observent encore dans les couches suivantes, aussi G. Geyer place-t-il la limite inférieure du Dévonien à la base des calcaires récifaux, au-dessus du n° 18 de sa coupe (fig. 242).

Les couches supérieures de l'Éodévoniien, le Dévonien moyen et le Frasnien existent en superposition au Kollinkofel. Ce sont des calcaires à Brachiopodes, à Zoanthaires, à Stromatopores. La présence de *Stringocephalus Burlini*, celle de *Rhynchonella cuboides* dans le haut fournissent de précieux points de repère dans cette série puissante de calcaires zoogènes.

Des calcaires coblentziens très fossilifères ont été rencontrés également à la Cianebate, sur le versant italien. Ils renferment des Brachiopodes, parmi lesquels le genre *Karpinskya* est un des plus caractéristiques [62].

Les calcaires rouges à Clyménies sont très fossilifères au Gross Pal (*Clymenia lævigata*, *Gonioclymenia speciosa*, *Oxyclymenia undulata*, *striata*, *Aganides sulcatus*, *Sporadoceras cucullatum*, *Tornoceras planidorsatum*, *Trimeroccephalus carinthiacus*, *Posidonomya venusta*). Fr. Frech les attribue à la zone supérieure et le banc fossilifère se trouve en effet à 2 m seulement au-dessous des schistes carbonifères, qu'ils supportent en concordance.

Une localité voisine, située sur territoire italien, a fourni à G. de Angelis d'Ossat [63] à peu près les mêmes espèces.

Les affinités du Dévonien des Alpes Carniques avec celui de la Montagne Noire sont, comme on voit, des plus remarquables.

EUROPE ORIENTALE. — Roumanie. — Avant d'aborder l'étude du Dévonien de Russie, il importe de signaler la découverte toute récente du Dévonien dans la Dobrogea, due à Simionescu et Cădere [63 bis]. Ces auteurs ont pu recueillir, dans des schistes des montagnes de Măcin, de nombreuses empreintes de Brachiopodes (*Chonetes*, *Orthothetes umbraculum*, *Strophomena subarachnoides*, etc.) et d'autres fossiles, qui montrent les affinités de ce gisement avec celui des rives du Bosphore, dont il sera question plus loin.

Podolie. — Le bord sud-ouest de la plate-forme Russe a été envahi par la mer, en Podolie et dans l'Est de la Galicie, on s'en souvient, au début du Gothlandien. Toute cette région est restée sous les eaux au début du Dévonien et les dépôts des deux systèmes sont absolument concordants.

Dans les points où, comme dans la Podolie russe, le Silurien se termine par des couches à *Tentaculites* ou d'autres dépôts franchement marins, le Dévonien débute par des calcaires en plaquettes, par des marnes ou par des schistes, qui renferment surtout *Rhynchonella nympha*, *Orthothetes umbraculum*, *Stringocephalus bohemicus*, associés à des *Pterygotus* et à des *Pteraspis*. Ces couches correspondent à l'étage F<sub>2</sub> de Bohême et sont donc incontestablement éodévoniennes. On y a trouvé d'ailleurs une Goniatite, décrite sous le nom d'*Anarcestes podolicus* [XXXIII, 60].

Dans les points, par contre, où le Silurien se termine par des couches à *Cucullella*, le Dévonien inférieur est représenté par des couches saumâtres,

soit argileuses et renfermant encore des *Cucullella*, soit gréseuses et, dans ce cas, caractérisées par des Poissons du Vieux Grès Rouge inférieur. On ne connaît pas en Podolie de niveaux dévoniens plus récents.

*Russie occidentale et centrale.* — Les terrains dévoniens couvrent dans l'Ouest et dans le Centre de la Russie d'immenses surfaces. Ils forment, depuis la mer Blanche jusqu'à la Courlande, une bande continue qui va en s'élargissant vers le S. W., de sorte que finalement ils s'étendent sur tout le pays compris entre la Baltique et le gouvernement de Smolensk. On les retrouve, en partant de cette ville, après une courte interruption, vers le S. E., dans les gouvernements d'Orel, Tambov, Voronej [64]. Ils existent également en profondeur, entre les deux branches de ce grand V ouvert à l'est que dessinent leurs affleurements, sous les terrains carbonifères, comme le montrent en particulier les sondages des environs de Moscou. Sur toute cette vaste étendue ils ont conservé à peu de chose près leur horizontalité. En général, là où l'on connaît leur substratum, on constate qu'ils reposent sur les dépôts siluriens, en particulier dans les Provinces Baltiques, mais, au nord du lac Onega, ils sont transgressifs et s'appuient directement sur les terrains précambriens du bouclier Scandinave.

Le Dévonien inférieur manque partout et la série débute par des grès, les *grès balliques inférieurs* [3], qui correspondent à la base du Dévonien moyen, comme le montrent les restes de Poissons qu'ils renferment (*Asterolepis*, *Osteolepis*, *Dipterus*, etc.). On y trouve également des Lingules et des *Estheria*. La plate-forme Russe, après l'invasion marine de l'époque Gothlandienne, s'est donc trouvée exondée pendant l'Éodévonien, pour être à nouveau envahie par la mer au début du Mésodévonien.

Vers le milieu de cette période, un régime de sédimentation calcaire fait place au régime semi-lagunaire du début. Les calcaires à *Spirifer Anossoffi*, *murialis*, *Rhynchonella Meyendorfi*, *Platyschisma uchtensis* correspondent en effet au Givétien de l'Europe occidentale, dont ils renferment un certain nombre d'espèces, associées à des types plus spécialement russes, que nous retrouverons plus à l'est, en particulier *Spirifer Anossoffi*.

Ces calcaires givétiens supportent des calcaires frasniens à *Spirifer Archiaci*, *Verneuili*, *Cyrtina heteroclita*, *Productella subaculeata*, *Rhynchonella cuboides*, *pugnus*, etc., qui ont d'étroites affinités avec ceux de l'Ouest de l'Europe, mais qui renferment en outre un assez grand nombre d'espèces spéciales.

Le Dévonien de la Russie occidentale se termine par les *grès balliques supérieurs*, qui marquent le retour du régime lagunaire et qui sont identiques au Vieux Grès Rouge supérieur, dont ils renferment les Poissons les plus caractéristiques, tels que *Holoptychius nobilissimus*, *Bothriolepis*, *Dendrodus*, *Cricodus*, *Cocosteus*, etc.

*Timan.* — L'invasion marine du Gothlandien a été suivie, au Timan, comme dans la Russie occidentale et centrale, par une exondation, mais la transgression mésodévonienne ne s'est produite qu'au Givétien, au moment où se déposaient, sans doute sur toute la plate-forme Russe, les calcaires à *Spirifer Anossoffi*. Des calcaires contenant exactement la même faune existent dans la chaîne du Timan. Ils sont recouverts par des marnes ou par des calcaires à *Spirifer Archiaci*, *Verneuili*, *Rhynchonella cuboides*, *Strophomena Dutertrei*, qui représentent la base du Frasnien. Quelquefois des couches renfermant cette faune alternent avec des marnes gypseuses et des calcaires à Poissons (*Cocosteus*, *Bothriolepis*, *Pterichthys*, etc.). Ailleurs, par contre, au lieu de couches indiquant une tendance au régime lagunaire, on rencontre des schistes noirs bitumineux à concrétions calcaires, connus

sous le nom de *schistes du Domanik*, dont la faune est essentiellement balhyale. D'après la superbe monographie que Holzapfel [65] a consacrée aux Céphalopodes de cet horizon, les espèces les plus caractéristiques sont les suivantes : *Tornoceras simplex*, *Gephyroceras Tschernyschewi*, *uchlense*, *domanicense*, *G. (Manticoceras) intumescens*, *retrosorum*, *Timanites acutus*, *Prolecanites timanicus*, *Bactrites subflexuosus*. On y trouve aussi *Buchiola retrostriata*, *Entomis*, *Spathiocaris*. On est évidemment en présence de la zone à *Gephyroceras intumescens*, mais, à part quelques espèces communes, la faune diffère sensiblement de celle de l'Europe occidentale.

*Oural.* — On sait depuis longtemps que le Dévonien forme dans l'Oural deux bandes qui, avec quelques interruptions, longent les deux versants de la chaîne sur toute sa longueur. Les beaux travaux de Tschernyschew [67-69] ont montré que la mer recouvrait toute la région pendant toute l'époque Dévonienne et que le Dévonien est concordant aussi bien avec les

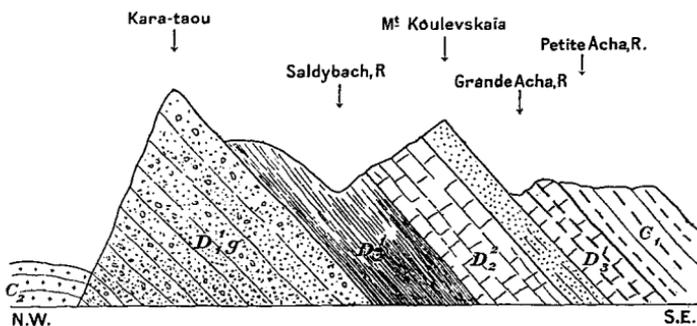


Fig. 243. — Coupe du Kara-Taou, Oural (d'après TH. TSCHERNYSCHEW, figure extraite de E. SUSS, *la Face de la Terre*, t. III).

*D<sub>1</sub>g*, Dévonien inférieur (grès quartzeux); *D<sub>1</sub>'*, Dévonien moyen (grès, schistes, marnes rubanées); *D<sub>2</sub>'*, Dévonien moyen (calcaires et dolomites); *D<sub>2</sub>*, Dévonien supérieur; *C<sub>1</sub>*, Calcaire carbonifère inférieur à *Productus giganteus*; *C<sub>2</sub>*, calcaire à *Spirifer mosquensis*.

schistes métamorphiques sous-jacents qu'avec le Carbonifère. Il s'est donc déposé dans un géosynclinal, dont l'axe suivait sans doute la direction actuelle de la chaîne et sur l'emplacement duquel une zone de plissements a pris naissance à la fin des temps primaires.

Voici, d'après les observations de Tschernyschew, quelle est la succession des dépôts du versant occidental de l'Oural (fig. 243) :

- 1° Calcaires de la Belaja à Ostracodes, Céphalopodes, *Platyceras*, *Hercynella bohémica*, Lamellibranches (*Vlasta*, *Dalila*).
- 2° Grès quartzeux et schistes, à *Orthis subcarinatus*.
- 3° Calcaires de l'Yourezan, à *Leperditia Barboti*, *Cyphaspis*, *Conocardium crenatum*, *Buchiola sercostata*, *Pentamerus fasciculatus*.
- 4° Grès, schistes et marnes sans fossiles.
- 5° Calcaire à *Pentamerus bachkiricus*, *pseudobachkiricus*, *aralus*, *Cystiphyllum vesiculosum*, *Leperditia Mølleri*, etc.
- 6° Calcaires et dolomites à *Spirifer Anossoffi*, *Platyschisma uchtensis*, *Stringocephalus Burtini*, *Orthis striatula*, *Bellerophon tuberculatus*, etc.
- 7° Calcaires à *Gephyroceras intumescens*, *G. Ammon*, *Bactrites carinatus*, *Spirifer pachyrhynchus*, *simplex*, passant vers le bas à des calcaires marneux riches en *Rhynchonella cuboides*, *Spirifer Bouchardi*, *Buchiola retrostriata*, *Strophalosia productoides*.
- 8° Calcaires à Clymènes, avec *Clymenia annulata*, *flexuosa*, *Krasnopolskii*, *Tornoceras simplex*, *Chiloceras Verneuilii*, *Spirifer Archiaci*, *Rhynchonella acuminata*, etc.

Les assises 1-3 représentent le Dévonien inférieur. Les calcaires inférieurs rappellent tout à fait les couches  $F_1$  de Bohême, ils sont remplacés, sur le versant oriental de l'Oural, par des calcaires à *Pentamerus vogulicus*, *Rhynchonella princeps*, *nympha*, *Spirifer tiro*, *Merista passer*, *Youngia*, *Aristozoe*, qui correspondent, par contre, au faciès de  $F_2$ .

Les calcaires du Yourezan sont l'équivalent de  $G_2$  et représentent le Coblentzien. Sur le versant est, ils sont remplacés par les calcaires et les schistes de la Loswa à *Phacops fecundus degener*, *Thysanopeltis*, *Anarcestes lateseptatus*, *Tentaculites*, *Styliolina*, etc. Le Dévonien moyen (4-6) a les plus grandes affinités avec celui de la Russie centrale et occidentale et il renferme, outre un certain nombre d'espèces spéciales, à la fois des espèces de l'Europe occidentale et de l'Amérique du Nord. On le retrouve au nord, avec *Spirifer Anossoffi*, jusqu'au cap Grebeni, dans la Nouvelle-Zemble.

Les calcaires à Clyménies existent également sur le versant oriental, où ils supportent des schistes à Cypridines (*Entomis serratostrata*), qui passent insensiblement, à leur partie supérieure, au Carbonifère. Dans les Goubertinskya Gory ils renferment, d'après Lœwinson-Lessing [70], une faune assez riche, avec *Clymenia annulata*, *Oxyclymenia undulata*, *Barbaræ*, *Sporadoceras Münsteri*, *Aganides linearis*, etc.

Plus au sud, le Givétien et le Frasnien ont été rencontrés dans les monts Mougoudjares.

ASIE ET AUSTRALIE. — Comme nous l'avons fait pour les terrains précédents, nous passerons en revue les dépôts dévoniens de l'Asie, en nous dirigeant du nord au sud, de manière à étudier leurs caractères dans des chaînes de plus en plus récentes. Nous passerons ensuite à l'Australie, qui nous conduira aux régions circumpacifiques.

*Sibérie.* — Dans l'extrême Nord de l'Asie, à l'île de Kotelny, dans la Nouvelle-Sibérie, le baron Toll a recueilli dans des calcaires à *Spirifer hians*, une faune de Brachiopodes néodévoniens (*Spirifer elegans*, *Anossoffi*, *Whitneyi*, *Orthis iowensis*, *Productella Hallana*, etc.), qu'il envisageait comme un mélange d'espèces européennes et d'espèces américaines [XXXIII, 70].

Le Dévonien n'existe ensuite que bien plus au sud, sur les bords de l'Angara, en aval d'Irkoutsk, où des grès minces, avec gypse et sel gemme, renferment des restes d'*Eurypterus* et des Lingules, et dans le gouvernement de Tomsk, où il occupe des surfaces très étendues tout autour du bassin houiller de Kouznetsk. Les trois termes y sont représentés : l'Éodévonien, par des calcaires métamorphiques qui ont fourni une faune identique à celle des calcaires inférieurs de l'Oural (*Goldius*, *Phacops*, *Platyceras*, *Meristella*, *Rhynchonella princeps*, *Rh. nympha*, etc.); le Mésodévonien, par des couches à Brachiopodes et Coralliaires, attribuées par H. von Peetz au niveau à *Spirifer Anossoffi* et *Stringocephalus Burtini* de l'Oural; le Néodévonien, par un niveau calcaire très répandu, à *Spirifer Verneული*, *Sp. Archiaci*, *Sp. Chechiel*, *Productella Murchisoniana*, *Phillipsastræa*, qui est incontestablement frasnien. Von Peetz a même recueilli en un point *Beloceras multilobatum*, Goniatite très caractéristique de la zone à *Gephyroceras intumescens* dans l'Europe occidentale.

Entre Minoussinsk et Krasnoïarsk, à l'est du bassin de Kouznetsk, les calcaires éodévoniens et les calcaires à *Spirifer Anossoffi* sont également représentés. Ils supportent des grès rouges avec gypse et sel gemme, dont la présence est peut-être en relation avec le voisinage du noyau ancien de l'amphithéâtre d'Irkoutsk.

Dans l'Altaï, qui est situé exactement au sud du bassin de Kouznetsk, les faciès sont, par contre, les mêmes que sur le pourtour de ce bassin. Th. Tschernyschew [73] a pu reconnaître, dans les calcaires de la mine de Krjoukowski, une faune coblentienne, dont les affinités avec les faunes du Rhin et de la Bretagne sont manifestes. Il s'y trouve un certain nombre d'espèces nouvelles (*Phacops altaicus*, *Bronteus sibiricus*, *Proetus sibiricus*, *Spirifer sibiricus*, *altaicus*, etc.), mais qui sont des formes représentatives d'espèces européennes et sont associées à *Harpes reticulatus*, *Anarcestes late-septatus*, *Athyris undata*, etc.

Le Dévonien moyen a été également découvert, dans l'Altaï, par H. von Peetz, mais on n'y a pas signalé de Néodévonien, comme d'ailleurs dans la chaîne de Salair, à l'ouest du bassin de Kouznetsk, où, d'après B. Polenow, le Carbonifère repose directement sur des calcaires givéliens à Coralliaires. Cependant ce terme existe certainement à l'ouest de l'Altaï, entre Bajanaul et Karakalinsk, car on a décrit de ce point *Prolecanites asiaticus*, associé à *Sporadoceras biferum* et *Spirifer Verneuili*.

*Asie centrale.* — Les affleurements dévoniens de la steppe des Kirghises relient l'Oural méridional au faisceau de plissements du Turkestan. Les trois termes du Dévonien semblent avoir, dans les deux régions, une extension assez générale. Cependant, dans le Tian-chan, qui prolonge à l'est la partie septentrionale du faisceau, le Dévonien est transgressif, contrairement à ce qui a lieu dans l'Oural; il repose directement en discordance sur des terrains métamorphiques et débute par des sédiments grossièrement détritiques, qui supportent des couches fossilifères d'âge givélien. Les fossiles recueillis par Stoliczka et par Bogdanovitch dans le Tian-chan méridional et déterminés par Frech [74] sont des Brachiopodes, des Zoanthaires et des Stromatoporidés, qui ne laissent aucune doute à cet égard (*Atrypa aspera*, *Spirifer hians*, *Stringocephalus Burtini*, *Cystiphyllum vesiculosum*, *Amplexus mutabilis*, *Favosites reticulatus*, etc.). Plus au sud, les admirables travaux d'Obroutchew montrent que le Dévonien a pris part au plissement, tout comme dans l'Altaï et dans le Tian-chan. Cet intrépide explorateur a recueilli dans les monts Richthofen, c'est-à-dire dans la chaîne septentrionale du Nan-chan, *Spirifer Anossoffi* et *elegans*, *Rhynchonella alinensis*. Dans le prolongement oriental des mêmes plissements, dans le Tsin-ling-chan et dans les chaînes du Chan-si, on a de même trouvé le Dévonien supérieur, avec *Spirifer Verneuili*.

*Chine.* — Le Dévonien est totalement inconnu dans l'Est de la Chine. On ne l'a rencontré ni dans la presqu'île de Liao-toung, ni dans la partie inférieure du bassin du Yang-tse, où pourtant le Cambrien et le Silurien présentent un développement si remarquable.

En revanche, on le retrouve dans le Sze-tchouan et dans le Yunnan, c'est-à-dire de nouveau dans une région où les terrains paléozoïques sont plissés. Au Sze-tchouan les *Spirifer* sont recueillis en grandes quantités par les habitants et ils arrivent en véritables cargaisons par les fleuves dans les villes de l'Est, où ils sont vendus comme médicaments dans les pharmacies. Grâce à cette source particulière et aussi par des récoltes personnelles, F. von Richthofen a pu constituer de riches collections, dans lesquelles E. Kayser a reconnu des espèces mésodévonniennes (*Rhynchonella parallelepipeda*, *Pentamerus galeatus*, *Atrypa desquamata*, *Nucleospira Takwanensis*, *Orthis striatula*, etc.) et frasniennes (*Rhynchonella cuboides*, *Rh. pugnus*, *Spirifer Verneuili*, *Cyrtia Murchisoniana*, *Productus subaculeatus*, etc.) [XXXI, 16].

Au Yunnan, des fossiles dévoniens ont été recueillis depuis longtemps par

divers voyageurs, mais ce n'est que tout récemment que H. Lantenois et ses collaborateurs ont pu faire dans le Yunnan méridional, entre Yunnan-Sen et Mong tse, des observations stratigraphiques et d'abondantes récoltes [XXXII, 43].

Le Dévonien moyen, constitué soit par un calcaire massif, soit par des alternances de schistes, de calcaires et de grès, a fourni en particulier, d'après les déterminations de H. Mansuy : *Kophinoceras ornatum*, *Murchisonia angulata*, *Orthis striatula*, *Spirifer undiferus*, *Nucleospira taktwanensis*, *Athyris concentrica*, *Atrypa desquamata*, *A. aspera*, *Rhynchonella procuboides*, *Stringocephalus Burtini*, *Pachypora*, etc.

Le Dévonien supérieur, comprenant lui aussi des alternances de calcaires, de schistes et de grès, renferme principalement *Spirifer Verneuili*, *Retzia radialis*, *Styliolina*, *Rhynchonella Omaliusi*, *Rh. letiensis*, *Parodoceras globosum* (?), *Tentaculites*, *Orthotheses umbraculum*.

Il résulte de ce qui précède que, dans toute l'Asie septentrionale et centrale, le Dévonien marin est exclusivement cantonné dans les régions qui ont été le théâtre de mouvements orogéniques vers la fin des temps Paléozoïques. Dans toute cette zone de plissement, que Suess a appelée les *Altaiides* [0,22, III] et qui s'étend en se digitant depuis l'Oural jusque dans le Nord de la Mandchourie et jusqu'au Tonkin, en enserrant dans ses ramifications le massif ancien de la Chine orientale, le Dévonien affecte des caractères assez uniformes; il comprend surtout des schistes avec des intercalations à faune néritique et ne prend que très rarement le caractère bathyal.

*Asie méridionale.* — Le Dévonien existe également dans la zone des plissements alpins, qui traverse toute l'Asie méridionale, depuis l'Asie Mineure jusqu'en Indo-Chine (v. chap. XII).

On le rencontre tout d'abord sur les deux rives du Bosphore, où il semble bien que ses trois termes sont représentés. *Rensselæria strigiceps* indique peut-être la présence du Gedinnien, mais la plupart des fossiles éodévonieniens proviennent d'une grauwaacke identique comme aspect et aussi comme âge à la grauwaacke de Coblençe. De Verneuil et E. Kayser [75] ont décrit de Kanlydja et de Pendik-Kartal, sur la rive asiatique de *Cryphæus laciniatus* var. *asiatica*, *Beyrichia Ræmeri*, *Plerinea Paillelei*, *Cypricardinia crenistria*, *Centronella Guerangeri*, *Spirifer Trigeri*, *Tropidoleptus*, *Orthis Gervillei*, *Stropheodonta explanata*, *Leptagonia rhomboidalis*, *Pleurodictyum constantinopolitanum*, etc. La plupart de ces espèces sont des formes caractéristiques du Coblentzien de Bretagne et d'Espagne, et, inversement, la dernière citée, décrite tout d'abord des rives du Bosphore, a été retrouvée plus tard dans les grès de Gahard à *Orthis Monnieri*.

La présence du Dévonien moyen n'est pas tout à fait certaine, mais, en revanche, celle du Dévonien supérieur résulte de l'indication de *Spirifer Verneuili* et de *Phillipsastræa Ræmeri*.

Dans l'Anti-Taurus, Tchihatcheff et Schaffer [76] ont recueilli, à l'embouchure du Hatchin dans le Sarran, dans des grès et des calcaires, une faune néodévonienne, avec *Spirifer Verneuili*, *Chonetes nanus*, *Productella Murchisoni* et de très nombreux Zoanthaires, parmi lesquels se trouve le genre *Phillipsastræa*.

Dans le défilé de l'Araxe, sur les confins de l'Arménie russe et de la Perse, Fr. Frech a pu observer une série de couches dévonieniens, qui débute par des marnes eiféliennes, à *Calceola sandalina*, *Spirifer speciosus*, *Favosites Goldfussi*. Au-dessus viennent des calcaires marneux à *Spirifer inflatus*, *medio-*

*textus*, et des calcaires coralligènes, qui représentent le Givétien. Le Dévonien supérieur est constitué par des calcaires marneux et des schistes à *Spirifer Verneuili* et *tenticulum*, qui passent insensiblement au sommet à des couches carbonifères.

Des fossiles du Dévonien supérieur ont été également recueillis par Stahl dans le Nord de la Perse, aux environs de Téhéran et d'Asterabad [77]. Outre *Cryphæus supradevonicus* et *Tentaculites Tietzei*, ce sont exclusivement des Brachiopodes, tels que *Productus fallax*, *Liorhynchus crenulatus*, *Rhynchonella letiensis*, *Rh. Gonthieri*, *Spirifer Verneuili*, *Archiaci*, *Anossoffi*. On retrouve donc ici les espèces les plus caractéristiques du Famennien de l'Ardenne. La présence de *Spirifer Anossoffi* à ce niveau, immédiatement au-dessous du Carbonifère concordant, est assez insolite.

Le Dévonien moyen existe, par contre, à Soh, au nord d'Ispahan, avec des espèces très typiques, telles que *Magellania Whidbornei*, *Rhynchonella elliptica*, *Nyassa dorsata*, *Paracyclas rugosa*.

Dans l'Hindoukouch, Mac Mahon et W.-H. Hudleston [78] signalent, près de Chitral, *Orthis striatula*, *Spirifer extensus*, *Sp. Verneuili*, *Athyris concentrica*, *Atrypa aspera*, *Rensselæria strigiceps*, qui ne fournissent pas d'indications suffisamment précises sur leur niveau exact, d'autant plus qu'ils sont associés à des *Cyathophyllum* d'affinités siluriennes.

Le Dévonien de l'Himalaya est encore peu connu.

La série géosynclinale du Paléozoïque ancien se termine par les quartzites de Muth, qui tantôt supportent en discordance le Carbonifère supérieur, tantôt passent vers le haut à des calcaires à *Atrypa aspera* et *Orthotheles umbraculum*, auxquels sont superposées en concordance des couches très fossilifères du Carbonifère inférieur.

Des couches mésodévoniennes très fossilifères et rappelant par leur faune le Dévonien moyen du Rhin ont été découvertes par Latouche dans les états Shans en Birmanie, mais leur étude détaillée n'est pas encore publiée.

On voit, par ce qui précède, que nous ne possédons encore que des données tout à fait insuffisantes sur le Dévonien de l'Asie méridionale, mais que ses analogies sont très grandes, de même que pour l'Asie centrale, avec les régions classiques de l'Europe occidentale.

*Australie*. — Les trois termes du Dévonien paraissent exister dans la chaîne orientale du continent Australien [79]. L'Éodévonicien se rencontre sous la forme de calcaires à grands Pentamères, voisins de *Pentamerus vogulicus*. On y a trouvé, en Victoria, des Trilobites des genres *Homalonotus*, *Hausmannia*, *Phacops*. Au Mésodévonicien doivent être attribuées des couches renfermant divers *Spirifer*, *Orthis striatula*, *Atrypa reticularis*, *Pentamerus brevirostris* et des Zoanthaires voisins de ceux de l'Eifel. La base du Néodévonicien paraît constituée par des calcaires à *Phillipsastræa*, tandis que la série se termine par des grès ou des dolomies à *Spirifer Verneuili*, *Sp. Jaqueti*, *Rhynchonella Duni*.

Dans le district de Kimberley, dans le Nord de l'Australie occidentale, la présence du Dévonien moyen est attestée par des Stromatoporidaés (*Actinostroma clathratum*, *Stromatoporella eifliensis*), celle du Dévonien supérieur par *Rhynchonella cuboides*, *Rh. pugnus*, associés à des Goniatites indéterminables.

*Bord Pacifique*. — D'après G. Böhm, des *Spirifer* voisins d'espèces de la grauwacke du Rhin indiqueraient l'existence du Dévonien à Reefton, en Nouvelle-Zélande. Par contre, dans la Nouvelle-Calédonie, sa présence est tout à fait douteuse. Au Japon, elle ne s'appuie encore que sur un échan-

tillon de *Spirifer Verneuli* recueilli par Gottsche dans la province de Isc.

Bogdanowitch a découvert sur la côte septentrionale de la baie d'Aïan, dans la mer d'Okhotsk, un affleurement dévonien constitué par des alternances de calcaires et de schistes argileux, dont les fossiles ont été déterminés par C. Diener [80]. Dans le nombre se trouvent *Spirifer mesacostalis* et, ici encore, *Spirifer Verneuli*, associés à des espèces indéterminables des genres *Proetus*, *Phanerolinus*, *Euomphalus*, *Athyris*, *Orthis*.

AMÉRIQUE DU NORD. — En continuant à suivre le bord de l'Océan Pacifique nous arrivons à la Cordillère Nordaméricaine, et c'est par elle que nous commençons l'étude du continent Américain. Nous nous occuperons ensuite des régions du Nord, de l'Est et du Centre.

*Bord Pacifique.* — Dans l'Alaska, des calcaires de l'île Kouïou ont fourni quelques fossiles dévoniens, déterminés par Schuchert (*Conchidium* n. sp., *Spirifer* cf. *mucronatus*, Sp. cf. *arrectus*, *Chæteles*, Crinoïdes). Par contre, on a souvent attribué au Dévonien des couches fossilifères que des recherches ultérieures ont fait ranger dans le Carbonifère. Calcaire et schisteux dans le Sud, le système semble être représenté dans le Nord de l'Alaska par des grès et des schistes sans fossiles.

Le Dévonien a été observé également dans la région côtière de la Colombie Britannique.

Aux États-Unis, le Dévonien est connu en Californie, dans la Sierra Nevada, où il fait partie de la série aurifère. Dans les comtés de Shasta et de Siskiyou, il renferme d'assez nombreux Zoanthaires et des Gastéropodes, attribués par Diller et Schuchert [81] au Dévonien moyen. Le Dévonien supérieur est représenté, dans la même région, par des calcaires à *Prolecanites*, *Stromatopora* et *Posidonomya*, spécifiquement indéterminables.

Sur le grand plateau du Nevada, entre la Sierra Nevada et les Montagnes Rocheuses, le Dévonien affleure en de nombreux points. Mais le Dévonien inférieur y fait défaut, comme aussi le Gothlandien. Les calcaires et les schistes du Nevada correspondent au Mésodévonien et au Néodévonien. Ils atteignent près de 25 m d'épaisseur dans le district d'Eureka. Ils sont caractérisés par un mélange d'espèces européennes (*Spirifer undifer*, Sp. *Verneuli*, Sp. *inflatus*, *Atrypa desquamata*) et d'espèces de l'Est des États-Unis (*Choneles deflexus*, *Spirifer raricosta*, *Meristella nasuta*, *Tropidoleptus carinatus*). On y trouve aussi un Ammonoïdé, *Gyroceras desideratum*.

Le Dévonien existe sur toute la longueur des Montagnes Rocheuses, où il est toujours plissé et où il atteint des épaisseurs assez considérables. Il manque totalement plus à l'est, dans les Grandes Plaines et dans les Black Hills du Dakotâ.

Dans le Montana, qui fait partie de cette région des Rocheuses, le Dévonien supérieur acquiert un intérêt tout particulier par une découverte récente, que Percy E. Raymond [82] a fait connaître, celle de plusieurs espèces du genre *Clymenia* associées à une faune famennienne. C'est le seul point où, en Amérique, on ait trouvé des Clyménies à ce niveau, car l'unique espèce que l'on connaissait jusqu'ici dans le Nouveau Continent provenait de l'étage inférieur du Néodévonien, de la zone à *Gephyroceras intumescens*. L'une des espèces, qui a reçu le nom de *Platy Clymenia americana*, est très voisine de *Clymenia annulata* d'Europe. Dans les schistes rouges à fossiles pyriformes d'où elle provient, Raymond cite également les genres *Orthoceras*, *Bactrites*, *Chiloceras*, *Prolobites*, *Loxopteria*, etc., et *Spirifer Verneuli*. Au-dessus viennent des schistes verts et blancs, qui renferment encore des Clyménies,

puis des grès jaunes à Brachiopodes (*Syringothyris Carteri*, *Spirifer Verneuli*, *Pugnax pugnax*, *Camarotæchia contracta*; *Schuchertella inflata*, etc.).

*Canada central et Amérique arctique.* — Des dépôts dévoniens marins ont été rencontrés dans l'extrême Nord de l'Amérique arctique, dans la terre de Grinnell et dans la terre d'Ellesmere, mais la distribution verticale des espèces et les relations des couches marines avec les couches lagunaires dont il a été question plus haut sont encore mal connues.

On signale des calcaires et des schistes à *Spirifer mucronatus* sur les bords de la James Bay, au fond de la baie d'Hudson; mais c'est surtout sur le bord ouest du bouclier Canadien que le Dévonien est particulièrement bien développé. On peut le suivre sans interruption depuis l'océan Arctique, tout le long du Mackenzie, jusque dans l'état de Manitoba, constituant toujours une bande d'une grande largeur. Le Dévonien moyen y est transgressif, il repose soit sur les terrains précambriens, soit sur le Silurien.

Les dolomies à *Pentamerus comis* représentent l'Eifélien ou le Givétien inférieur. Les couches à *Stringocephalus Burtini* sont ici des dolomies très fossilifères, renfermant exclusivement des espèces européennes ou des formes qui en sont très voisines (*Macrochilus arcuatus*, *Loxonema priscum*, *Murchisonia turbinata*, *Paracyclas antiqua*, *Cyathophyllum cæspitosum*, etc.), à l'exclusion des espèces caractéristiques du Dévonien moyen des États-Unis [83, 84, 3].

Le Dévonien supérieur y est également représenté par des calcaires à *Rhynchonella cuboides*, *pugnax*, *Cyrtina hamiltonensis*, *Productella subaculeata*; puis par des schistes bitumineux ou même pétrolifères, à *Gephyroceras intumescens* et *Styliolina fissurella*, qui sont très développés autour du lac Athabasca et du Grand Lac des Esclaves.

*Centre des États-Unis.* — Le golfe gothlandien de l'Amérique du Nord s'étendait vers le sud jusque dans le Centre des États-Unis, mais au début du Dévonien il fut entièrement abandonné par les eaux, de sorte que dans la région des Grands Lacs une lacune importante sépare le Silurien du Dévonien. De la présence de dépôts d'âge gedinnien dans le territoire Indien et au Texas on a conclu à l'existence d'un golfe ouvert au sud, sans aucune communication avec la mer qui baignait, à cette époque, la région des Appalaches [0, 9]. C'est, par contre, par le nord-est que, aux époques suivantes, la mer arrivait dans le Centre, déposant des sédiments gréseux et calcaires sur le Gothlandien sensiblement horizontal. Nous verrons tout à l'heure les raisons qui font supposer l'existence d'un golfe ouvert au sud pour la fin de la période Mésodévoniennne et qui conduisent à admettre l'établissement d'une communication entre le golfe du Manitoba et ce golfe du Centre et de l'Est. Pour ce qui est enfin du Dévonien tout à fait terminal et de ses relations avec le Carbonifère dans la région du Centre, nous nous en occuperons dans le chapitre suivant. Pour le moment il suffit de retenir que cette région centrale a été envahie au Dévonien tantôt par le sud, tantôt par le nord-est et tantôt par le nord-ouest.

*Est des États-Unis.* — On sait, depuis la publication des belles monographies de Vanuxem et de James Hall [XXXIII, 72], que le Dévonien de l'état de New-York accuse de profondes différences avec celui de l'Ancien Continent. Des travaux plus récents, et en particulier ceux de John M. Clarke [85-90], de Schuchert et Ulrich [XXXIII, 43], de H. S. Williams [91, 92], font connaître aujourd'hui les relations stratigraphiques et paléontologiques entre les termes successifs de cette série et montrent l'existence de relations géogra-

phiques tantôt avec l'Europe, tantôt avec le Sud. Nous nous arrêtons un peu plus longuement à cette série nordaméricaine, car, à part l'Ardenne, il n'est peut-être pas de région au monde qui ait fait l'objet de travaux synthétiques aussi intéressants. Voici, tout d'abord, telle qu'elle a été récemment modifiée par Clarke et Schuchert, la nomenclature employée pour le Dévonien par les auteurs américains [43] :

Néodé- vonien.	{	CHAUTAUQUIEN.	{ Couches de Chemung (et grès de Catskill).
		SENEQUIEN (Senecan).	{ Couches de Portage (avec faciès locaux d'Oneonta, Ithaca, Naples). { Schistes de Genesee. { Calcaire de Tully.
Mésodé- vonien.	{	ERIEN.	{ Couches de Hamilton. { Argile de Marcellus.
		ULSTERIEN.	{ Calcaire d'Onondaga (= Corniferous). { Grès calcaireux de Schoharie. { Grès d'Esopus (= Cauda-galli).
Paléodé- vonien.	{	ORISKANIEN.	{ Couches d'Oriskany. { Couches de Kingston.
		HELDERBERGIEN.	{ Calcaire de Becraft. { Couches de New Scotland. { Calcaire de Coeymans.

Le *Helderbergien*, l'ancien Helderberg inférieur, était rangé autrefois dans le Silurien, exactement comme le Dévonien inférieur de Bohême, du Harz, du massif Armoricaïn, avec lequel il a les plus grandes analogies. C'est l'équivalent du type hercynien d'Europe. Sa faune renferme à la fois des éléments siluriens, tels que *Stropheodonta varistriata*, *Leptæna rhomboidalis*, et les genres *Holopea*, *Bilobites*, *Orthostrophia*, *Scenidium*, et des éléments dévoniens; tout à fait prédominants, tels que les Trilobites, qui appartiennent presque tous à des groupes plus récents que le Silurien; tels que les genres de Brachiopodes *Merista*, *Eatonia*, *Rensselæria*, *Trigéria*, qui lui sont communs avec la faune d'Oriskany; tels, enfin, que la plupart des Bryozoaires et que *Pleurodictyum* [85].

En effet, on connaît en Gaspésie un puissant ensemble de calcaires éodévoniens (couches de St-Alban, du cap Bon-Ami, de Grande-Grève), dont les faunes, étudiées tout récemment par J. M. Clarke [86], semblent avoir donné naissance à celles qui peuplaient la région de New-York. Au Dévonien moyen, par contre, les migrations avaient lieu du S.W. au N.E., comme le montre l'examen de la faune des grès de Gaspé.

L'introduction de cette faune a dû se faire par le nord-est, par où le golfe des Appalaches communiquait probablement avec les mers d'Europe. La faune suivante, celle de l'Oriskaniens, avait également la même origine [89].

Les couches de Helderberg, où l'élément calcaire prédomine, marquent un approfondissement de la mer dans le géosynclinal situé à l'est de la crête de Helderberg (v. plus haut, p. 665). Elles ne dépassent d'ailleurs guère cette ride et sont inconnues dans l'ouest de l'état de New-York. Elles sont généralement concordantes avec le Silurien supérieur, exactement comme le Dévonien inférieur de Bohême. Cependant, vers leur bord occidental, elles se sont déposées sur la surface ravinée et fissurée des calcaires de Manlius et de Rondout. Il y a donc eu là une émergence de courte durée entre le dépôt des dernières couches siluriennes et celui des premières couches dévoniennes.

Les couches d'*Oriskany* dépassent sensiblement vers l'ouest la crête de Helderberg, elles s'étendent en transgressivité jusque dans le bassin du Mississipi et, au Nouveau-Brunswick, elles envahissent des espaces occupés au début de la période par des lagunes. Dans l'Est, par contre, elles sont en retrait par rapport aux couches précédentes. Lorsque l'*Oriskany* repose en concordance sur le Helderbergien, il atteint une grande épaisseur et il est en grande partie calcaire [85]. Dans les régions où il est transgressif, il ne possède, par contre, qu'une faible épaisseur et il est alors formé de grès grossiers, tout à fait semblables à la *grauwacke* de Siegen. La faune est également très analogue à celle du Coblentzien, de sorte que l'on est en droit de considérer les deux étages comme synchroniques. Les fossiles les plus abondants dans les grès d'*Oriskany* sont de gros Brachiopodes (*Hipparionyx proximus*, *Rhipidomella musculosa*, *Leptostrophia magnifica*, *Camarotoechia*, *Rensselæria ovoides*), des Lamellibranches (*Plerinea*), de gros Gastéropodes (*Strophostylus*, *Platyceras*). Les Trilobites (*Dalmanites pleuroptylx*, *Phacops Logani*, *Homalonotus Vanuxemi*) et les *Tentaculites* sont plus abondants dans le faciès calcaire. *Spirifer Murchisoni*, *Sp. arenosus*, *Leptocœlia flabellites* sont non moins caractéristiques. Nous les rencontrerons au même niveau dans d'autres régions. Les affinités de la faune avec celle du Coblentzien sont toutefois indiscutables [87].

Au sommet des grès d'*Oriskany* se trouvent des bancs couverts d'empreintes mécaniques, qui ont été décrites sous le nom de *Spirophyton caudagalli* (*Cauda-galli* ou *Esopus grif*). Le dépôt des grès calcaires de Schoharie et du calcaire d'*Onondaga* correspond à un approfondissement général de la mer et à une transgression plus accentuée vers l'ouest. Ce sont des couches où abondent les Nautiloïdés (*Orthoceras*, *Cyrtoceras*, *Trochoceras*, etc.), les Gastéropodes (*Bellerophon*, *Pleurotomaria*, *Platyceras*), les Brachiopodes (*Rhipidomella*, *Stropheodonta*, *Meristella nasuta*). Les Trilobites (*Dalmanites*, *Proetus*) sont plus rares. Localement se développent des calcaires coralligènes. Les faciès néritiques sont donc encore tout à fait prédominants. La présence de *Spirifer acuminatus* (= *cultrijugatus*), dans les calcaires d'*Onondaga*, permet de placer ceux-ci au niveau de l'Eifélien inférieur.

Les argiles de *Marcellus* sont incontestablement des formations bathyales. Leur faune se compose principalement de Céphalopodes (*Orthoceras*, *Agoniatites*) et de Lamellibranches et Brachiopodes de petite taille et à test mince (*Aclinopteria*, *Lunulicardium*, *Panenka*, *Liorhynchus limitaris*, *Choneles mucronatus*, *Orbiculoidea minuta*), associés à un petit Ptéropode, *Styliolina fissurella*, très abondant. Les Goniatites (*Agoniatites expansus*, *Tornoceras simplex*, *Anarcestes plebeiformis*) sont très voisines de formes des schistes de Wissenbâch. Il semble donc que les argiles de *Marcellus* représentent le Coblentzien.

John M. Clarke a mis en évidence un fait très important : c'est l'intercalation, dans ces argiles, qui diminuent d'épaisseur vers l'ouest, de bancs calcaires, qui, par contre, se terminent en biseau vers l'est et qui renferment des précurseurs de la faune de Hamilton (fig. 244). L'auteur américain en tire la conclusion que la faune de *Marcellus* est originaire de l'est, comme celle d'*Onondaga*, qui l'a précédée, mais que la faune de Hamilton a envahi l'état de New-York par l'ouest, après plusieurs tentatives rendues infructueuses par les conditions de sédimentation défavorables à son installation définitive [88, 89]. H. S. Williams est arrivé à des résultats analogues, en partant de la distribution géographique de la faune des couches de *Hamilton* et en étudiant la répartition verticale de plusieurs associations

d'espèces ou faunules dans cette série d'argiles schisteuses [92], dont l'épaisseur est très variable et va en diminuant vers l'ouest, en même temps que s'introduisent des bancs calcaires.

Les espèces les plus caractéristiques de la faune sont les suivantes : *Phacops rana*, *Cryphæus Boothi*, *Nuculites triqueter*, *Nucula bellistriata*, *Choneles coronatus*, *Spirifer granulatus*, *Sp. mucronatus* et surtout *Tropidoleptus carinatus* (fig. 247, b), Brachiopode de la famille des *Terebratellidæ*, que nous retrouverons dans d'autres régions.

Les couches de Hamilton ont une extension géographique très grande dans le Centre des États-Unis (fig. 245); elles existent, toujours avec la même faune, depuis l'Ontario (Canada) au nord, jusque dans l'Illinois, au

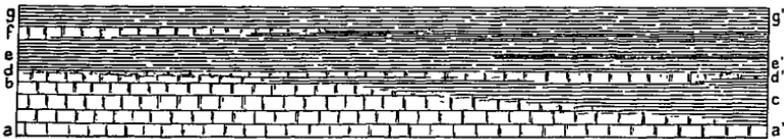


Fig. 244. — Diagramme montrant les relations des couches d'Onondaga et de Marcellus (d'après J. M. CLARKE).

*a a'*, calcaire d'Onondaga; *c*, schistes de Marcellus inférieurs; *d d'*, calcaire à *Agoniatites*; *e e'*, schistes de Marcellus moyens; *f*, calcaire de Stafford; *g g'*, schistes de Marcellus supérieurs.

sud-est, et vers l'est jusque dans les Appalaches, où l'étage Erien atteint près de 1 700 m d'épaisseur.

Comme cet étage supporte immédiatement un équivalent incontestable du Frasnien et que sa base correspond à l'Eifélien, le synchronisme des couches de Hamilton avec le Givétien s'impose et cependant aucune des espèces caractéristiques de la faune à *Stringocephalus Burtini* n'est connue dans les couches de Hamilton. Dans ces conditions, la région de New-York ne pouvait certainement pas communiquer avec celle du Manitoba, où cette faune est très bien représentée, et le chenal par où les éléments européens envahissaient le bassin appalachien aux époques précédentes ne devait plus exister. Les couches de Hamilton semblent s'être déposées dans un golfe ouvert au sud.

Au début du Néodévonien une communication a dû manifestement s'établir entre la partie occidentale de ce golfe et la région du Manitoba, car on voit brusquement apparaître, au-dessus des couches de Hamilton, dans un mince banc calcaire assez étendu, *Rhynchonella (Hypothyris) cuboides* [91], qui, dans le Manitoba, se trouve à un niveau immédiatement supérieur aux couches à *Stringocephalus Burtini*. Cette hypothèse est confirmée par la transgressivité du Dévonien supérieur dans l'Iowa, où devait précisément s'effectuer la communication.

Cette invasion venue du nord-ouest est de courte durée et la sédimentation vaseuse, qui avait débuté avec les couches de Marcellus, devient de nouveau générale dans tout le golfe. Les schistes de Genesee qui s'y déposent sont bitumineux, renferment des couches très riches en pyrite de fer, formées dans des conditions qui rappellent celles de la mer Noire actuelle. La faune est pauvre et comprend surtout des espèces à test mince et même corné, telles que *Lingula spatulata*, ainsi que des Poissons. Certains bancs sont riches en empreintes végétales. Au milieu de la série schisteuse se trouve un banc de calcaire bitumineux renfermant par millions des co-

quilles de Ptéropodes (*Styliolina fissurella*, *Protospiralis minutissima*), associées à des Goniatites, à des Gastéropodes, à des Lamellibranches avant-coureurs de la faune de Naples des couches suivantes.

Les couches de Portage présentent un intérêt tout particulier en raison des variations de faciès qu'elles affectent. J. M. Clarke a pu reconstituer (fig. 246) les conditions géographiques qui ont présidé à la distribution de ces faciès [90].

Le golfe des époques précédentes continue à exister et il s'étend à l'est jusqu'à Albany. Entre cette ville et Ithaca passait une langue de terre paral-

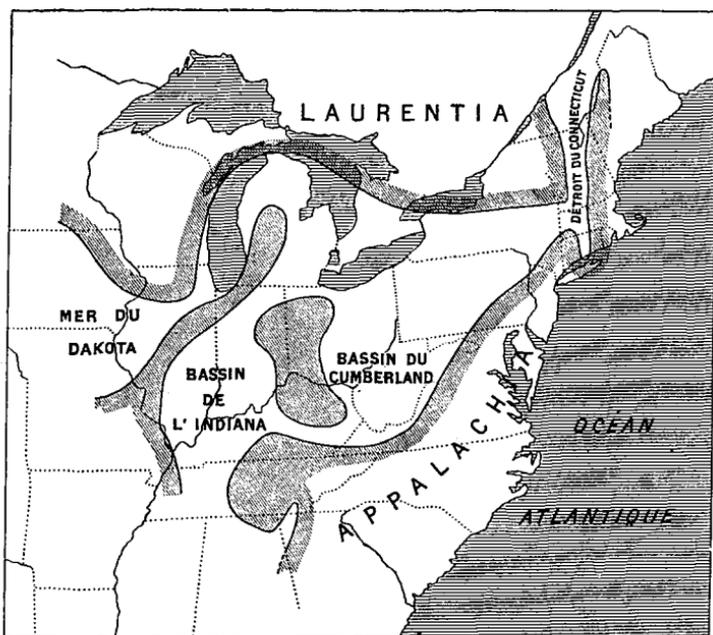


Fig. 245. — Carte représentant l'extension de la mer dans l'Est des États-Unis à l'époque de Hamilton (d'après SCHUCHERT).

lèle à l'axe des Appalaches, qui séparait le golfe en deux baies. La plus orientale était la plus petite et la moins profonde, ses eaux étaient dessalées par un fleuve venant du nord. La sédimentation y était exclusivement sableuse, les organismes réduits à un Lamellibranche d'eau douce (*Amnigenia catskillensis*), à un petit Phyllopode (*Estheria membranacea*), accompagnés de nombreux Poissons (*Holoptychius*, *Bothriolepis*). Des débris de Végétaux y étaient charriés en grande quantité (*Lepidodendron*, *Archæopteris*, *Psaronius*). Par moments, un retour des eaux marines ramenait des conditions de salure normales et avec elles des *Orthoceras*. Ce premier faciès est celui d'*Oneonta* (O). Il est en tous points comparable au Vieux Grès Rouge.

Dans la grande baie de l'ouest, le centre était relativement profond et autour de lui se disposaient, parallèlement au rivage, des zones bathymétriques à profondeur décroissante. Le plus près du littoral se déposaient des alternances d'argiles et de sables. C'est le faciès d'*Ithaca* (I). La faune est autochtone, ce n'est en réalité qu'une modification sur place de la faune de Hamilton, dont on retrouve plusieurs espèces caractéristiques (*Tropidoleptus*

*carinatus*, *Spirifer mucronatus*). *Spirifer mesostriatus*, *Orthonota undulata*, *Sphenotus cuneatus* y sont particulièrement abondants.

Plus au large s'accumulaient des argiles, quelquefois riches en sulfure de fer. C'est le faciès de *Naples* (Gn). Les couches de *Naples* renferment une faune très riche, qui a fait, de la part de J. M. Clarke, l'objet d'une superbe

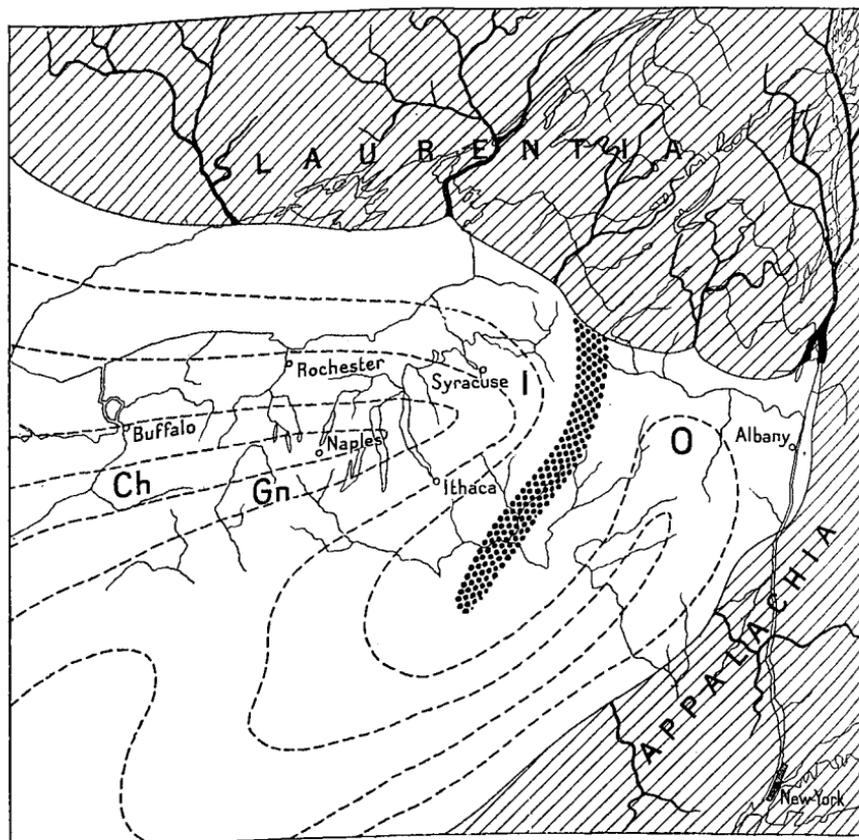


Fig. 246. — Carte représentant les conditions bathymétriques et la répartition des faciès dans le golfe de l'état de New-York à l'époque Frasnienne (d'après JOHN M. CLARKE).

Faciès des couches de Portage : O, faciès d'Oneonta; I, faciès d'Ithaca; Gn, faciès de Naples (Genesee); Ch, faciès de Chautauqua (Genesee).

monographie [90]. Les *Goniatites* y abondent et ont souvent conservé tous leurs ornements et leur péristome. *Gephyroceras intumescens* et quelques autres espèces du même genre sont particulièrement communs. On y trouve aussi des *Probeloceras*, *Beloceras lynx*, plusieurs *Tornoceras*, la plus ancienne *Clyménie*, *Acanthoclymenia neapolitana*, des *Bactrites*, des *Lamellibranches* très particuliers (*Lunulicardium*, *Plerochænia*, *Honeoyea*, *Ontaria*, *Buchiola*, *Kochia*, etc.), des *Gastéropodes* et des *Phyllocaridés*.

Le synchronisme avec la zone à *Gephyroceras intumescens* ne peut faire aucun doute et l'introduction de cette faune exotique dans le golfe de New-York n'a pu se faire, d'après Clarke, que par le nord-ouest. Et, en effet, on

connait des *Gephyroceras*, associés à *Rhynchonella* (*Pugnax*) *pugnax*, aussi bien dans l'Iowa qu'au Canada, au sud du Grand Lac des Esclaves.

Dans le centre du golfe, enfin, se déposaient les couches de *Chautauqua* (Ch), constituant un quatrième faciès, argileux comme celui de Naples, mais caractérisé par l'abondance de certaines espèces, qui sont absentes ou extrêmement rares dans le faciès de Naples (*Gephyroceras rhynchostoma*, *Tornoceras bicostatum*, *Phragmostoma Chautauquæ*, *Euthydesma subtextile*, *Præcardium vetustum*, *Palæoneilo linguata*).

Le Dévonien terminal est représenté, dans tout l'état de New York, par des grès. Ce sont, dans l'ouest, les grès de *Chemung* à *Spirifer Verneuili* (= *Sp. disjunctus*) (pl. LXXXII, 2), *Productella subaculeata*, *Orthis tioga*, renfermant également des éléments indigènes, descendants directs de la faune de Hamilton. Ces grès à faune marine sont remplacés dans l'est par des grès rouges lagunaires, les grès de *Catskill*, à *Holoptychius*, *Stylonurus*, *Amnigenia*, et débris végétaux abondants, qui correspondent exactement au Vieux Grès Rouge supérieur d'Europe. Dans la région intermédiaire, ils reposent sur une faible épaisseur de grès de *Chemung*, tandis que vers l'est ils prennent une puissance énorme.

AMÉRIQUE DU SUD ET AFRIQUE. — Pour terminer l'étude de la répartition géographique du Dévonien, il nous reste à passer en revue les dépôts de cet âge qui ont été rencontrés dans l'Amérique du Sud et en Afrique et qui, dans ces deux continents, présentent entre eux d'étranges affinités.

*Cordeillère des Andes*. — Jusqu'ici le Dévonien n'a été signalé, dans la Cordeillère des Andes, que dans les hauts plateaux de la Bolivie et dans les chaînes qui les bornent à l'est. Malheureusement on ne sait rien sur ses relations avec le Silurien, mais, comme son étage inférieur n'a été observé nulle part, il semble qu'il débute par une transgression du Coblentzien ou Oriskarien.

La série commence par des schistes, qui atteignent, d'après Steinmann [94], 300 à 400 m d'épaisseur. Ce sont les schistes d'Icla à *Leptocelia flabellites*. Ils renferment, d'après A. Ulrich, outre ce Brachiopode, que l'on observe dans toute leur épaisseur, principalement les fossiles suivants, qui sont surtout abondants dans les nodules de la partie supérieure : *Cryphæus convexus*, *Phacops Dagincourti*, *Conularia africana*, *C. Quichua*, *Pleurotomaria Kayseri*, *Palæoneilo Forbesi*, *Spirifer arrectus*, *Vitulina pustulosa*. C'est une faune qui n'a guère d'affinités européennes, mais dont les espèces les plus caractéristiques se trouvent dans les grès d'Oriskany, des États-Unis, et dans les couches de même âge du Brésil et de l'Afrique australe.

Au-dessus viennent tantôt les grès de *Huampampa*, dont la faune est mal connue, tantôt la *grawwacke de Sicasic*, où se trouve encore *Vitulina pustulosa*, associé à *Tropidoleptus carinatus* (fig. 247, b), fossile caractéristique des couches de Hamilton des États-Unis et inconnu en Europe.

*Malouines*. — Non loin de la terminaison méridionale des Andes se trouve l'archipel des Malouines, ou îles Falkland, où des grès ferrugineux, qui reposent directement sur du granite et des gneiss, ont fourni *Spirifer antarcticus*, *Atrypa palmata*, *Chonetes falklandicus*, etc. [95], c'est-à-dire des espèces identiques à celles des schistes d'Icla, ou au moins très voisines.

*République Argentine*. — Dans le Centre de la République Argentine, le Dévonien a été décrit par Bodenbender [96] comme discordant sur l'Ordovicien. Il est constitué par des marnes schisteuses à *Homalonotus*, *Conularia*,

*Vitulina pustulosa*, *Tropidoleptus fascifer*, *Liorhynchus Bodenbenderi*, *Spirifer antarticus*, qui ont manifestement le même âge que les schistes d'Icla.

*Brésil.* — L. von Ammon [97] a pu identifier, parmi des fossiles recueillis par Vogel dans l'état de Matto-Grosso, dans l'Ouest du Brésil, les espèces les plus caractéristiques du même niveau : *Chonetes falklandicus*, *Leptocœlia*

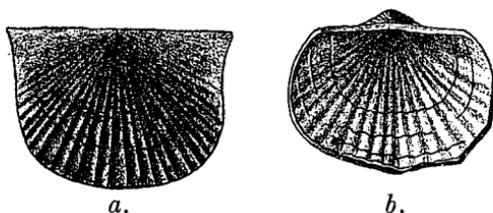


Fig. 247.

a, *Tropidoleptus rhenanus*, valve brachiale. Coblentzien inférieur, Oberstadtfeld près Daun, Prusse Rhénane (d'après DREVERMANN).

b, *Tropidoleptus carinatus*, valve brachiale. Couches de Hamilton (Dévonien moyen). Eighteen Mile Creek, bords du lac Erié (d'après JAMES HALL).

*flabellites*, *Discina Bainsi*, associés à *Phacops brasiliensis*.

Des faunes beaucoup plus riches ont été décrites de la province de Para par Hartt et Rathbun, J. M. Clarke [98, 99], F. Katzer [XXXIII, 78 bis]. Elles proviennent de couches légèrement discordantes avec le Gothlandien et qui supportent à leur tour en discordance le Carbonifère supérieur (fig. 248).

Sur les bords du rio Maecurú, F. Katzer a observé en superposition deux niveaux fossilifères, séparés par des couches sans fossiles. Chacun d'eux est caractérisé par des espèces spéciales.

Le niveau inférieur est un grès à *Spirifers*, où les fossiles sont extrêmement abondants. Les principales espèces cantonnées à ce niveau sont : *Tropidoleptus carinatus* var. *Maecuruensis*, *Spirifer buarquianus*, *Sp. Coelhoanus*, *Sp. duodenarius*, *Leptocœlia flabellites*, *Actinopteria Eschwegi*, *A. Humboldti*, *Cypricardella Hartti*, *Homalonotus Derbyi*, *Phacops brasiliensis*. Les Gastéropodes, les *Tentaculites*, les *Dalmanites* y sont très communs.

Les schistes supérieurs du rio Maecurú sont caractérisés par *Spirifer Pedroanus*, *Cama-*

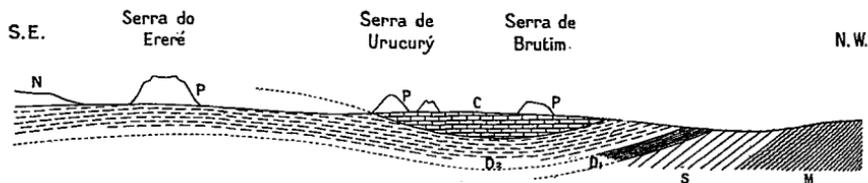


Fig. 248. — Coupe schématique à travers les dépôts paléozoïques du Rio Maecurú et de l'Ereré (d'après FR. KATZER).

M, schistes métamorphiques ; S, Silurien supérieur ; D<sub>1</sub>, Dévonien inférieur ; D<sub>2</sub>, Dévonien moyen ; C, Carbonifère ; P, Paléogène ou Nummulitique ; N, Néogène.

*rotœchia dotis*. Mais à Ereré le même niveau est beaucoup plus riche et renferme notamment *Tropidoleptus carinatus* (type), *Spirifer Pedroanus*, *Homalonotus oiara*, etc.

On trouve en outre en abondance, dans les deux niveaux, *Vitulina pustulosa*, *Dalmanella Nettoana*, *Orthothetes Agassizi*, *Centronella Jamesiana*.

Le premier niveau correspond exactement au grès d'Oriskany et aux schistes d'Icla. Il renferme en outre une forme de *Tropidoleptus* presque identique à *Tropidoleptus rhenanus* de la grauwacke coblentzienne du Rhin (fig. 247, a). Le niveau supérieur est caractérisé par *Tropidoleptus carinatus* (fig. 247, b), des couches de Hamilton, qui peut être envisagé comme une mutation de l'espèce coblentzienne. La succession est donc exactement la même qu'en Bolivie. Dans les deux pays le niveau supérieur est mésodé-

vonien. Mais la persistance, dans les couches supérieures, d'espèces nombreuses du niveau inférieur montre que la faune la plus récente a ses racines dans la faune la plus ancienne. Aux États-Unis, par contre, la faune de Hamilton est arrivée du sud, comme Clarke et Williams l'ont démontré, et elle s'est substituée peu à peu par immigration à la faune qui l'a précédée. On en a conclu qu'elle est d'origine sudaméricaine. Nous pensons que la succession observée au Brésil confirme entièrement cette manière de voir.

*Afrique australe.* — Les terrains les plus anciens de l'Afrique australe dans lesquels on ait rencontré des fossiles appartiennent au Dévonien, mais ils sont précédés de plusieurs formations successives, incontestablement sédimentaires, mais entièrement azoïques, au moins dans l'état actuel de nos connaissances. Les plus élevées correspondent sans doute aux plus anciens des terrains primaires, mais leur âge ne peut être précisé. Il est nécessaire d'en donner tout d'abord un aperçu [100-102].

Dans la partie méridionale de la colonie du Cap, les terrains les plus anciens qui viennent à l'affleurement ont été réunis sous le nom de *série de Malmesbury*. Ce sont principalement des schistes gréseux, envahis en beaucoup de points par la granitisation. On les attribue sans aucune preuve à l'Archéen.

Entre ce terme inférieur et le Dévonien s'intercalent dans le Sud deux formations, la *série de Congo* et la *série d'Ibiquas*, toutes deux détritiques, très puissantes, fortement plissées et discordantes aussi bien entre elles qu'avec leur substratum et avec le Dévonien.

Dans le Nord-Ouest de la colonie, l'ensemble des formations antédévoniennes est également très complexe. L'Archéen serait constitué par la *série du Namaqualand*, que le *système du Griqualand* sépare du Dévonien.

Dans les colonies d'Orange et du Transvaal, la *série du Swaziland*, en partie granitisée, constitue l'équivalent de la série de Malmesbury. Elle supporte en discordance l'important *système du Wilwatersrand*, composé de schistes et de quartzites, avec bancs de conglomérats aurifères, dont le plus riche est le *Main Reef*.

L'or se trouve uniquement dans le ciment, il est associé à de la pyrite, il est très uniformément réparti dans le sens horizontal, mais est localisé dans certains bancs. On attribue de plus en plus sa présence à une imprégnation ultérieure qu'a subie le conglomérat.

Le *système de Ventersdorf* est nettement discordant sur le système précédent. Il comprend surtout des conglomérats, des coulées acides et basiques et des amas de projections.

Hatch et Corstorphine [101] réunissent sous la dénomination de *système de Potchefstroom* un niveau supérieur de conglomérat aurifère, le *Black Reef*, la dolomie de Malmani et les couches de Pretoria, consistant en schistes et quartzites, traversés de nombreux dykes et de nappes intrusives de roches basiques.

C'est sur cet ensemble enfin que repose, encore en discordance, le *système de Waterberg* qui, au Transvaal, représente le Dévonien et qui est constitué par des grès rouges, alternant avec des conglomérats. Le caractère continental de ces dépôts est attesté par la fréquence des stratifications entrecroisées et des ripple-marks. On n'y a jamais trouvé de fossiles et leur âge dévonien résulte uniquement de leur position stratigraphique identique à celle des couches dévoniennes du Sud, dont elles constituent probablement l'équivalent lagunaire.

Dans le Sud le Dévonien est représenté par le *système du Cap*, puissante formation détritique, fossilifère seulement dans sa partie moyenne et supérieure. Il est discordant sur la série d'Ibiquas ou sur la série de Congo, mais s'appuie quelquefois directement sur la série de Malmesbury (fig. 249) et sur des granites, comme par exemple au fameux *Lion's Head*. De même, au Natal, il repose directement sur la série du Swaziland. Tandis que le

système de Waterberg est resté à peu près horizontal, le système du Cap à subi presque partout, sauf au Natal, des plissements énergiques; les deux formations sont donc dans le même rapport que le Vieux Grès Rouge et le Dévonien de l'Ardenne. On distingue trois termes dans le système du Cap, qui sont toujours concordants entre eux. Le terme inférieur, la *série de la Montagne de la Table*, est une masse de grès grossiers ou de quartzites atteignant jusqu'à 1 600 m d'épaisseur. On n'y a jamais rencontré de fossiles, mais ils méritent d'attirer notre attention à un autre titre.

C'est dans la plus élevée de deux intercalations schisteuses, au milieu des grès de la Table de la chaîne des Langebergen, que A. W. Rogers fit, en 1904, la découverte sensationnelle de cailloux striés parfaitement identiques comme aspect à ceux des argiles à blocs d'âge quaternaire et d'origine glaciaire.

Les grès eux-mêmes sont remarquables par la présence de galets de quartz arrondis, isolés et irrégulièrement répartis dans la masse. Rogers attribue leur origine à un transport par des glaces flottantes.

Le terme moyen ou *série de Bokkeveld* est constitué par plusieurs ensembles alternativement gréseux et schisteux. Les fossiles, souvent très abondants,

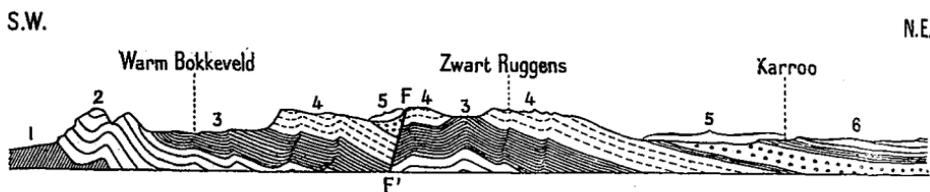


Fig. 240. — Coupe du Warm Bokkeveld et de l'extrémité S.W. du Karroo (d'après A. W. ROGERS).

1, série de Malmesbury; 2, série de la Montagne de la Table; 3, série de Bokkeveld; 4, série de Witteberg; 5, série de Dwyka; 6, série d'Ecca. FF', faille.

sont cantonnés dans la moitié inférieure. Les plus caractéristiques sont les suivants : *Homalonotus Herschelli*, *Typhloniscus Baini*, de nombreux *Phacops*, *Conularia africana*, *C. Quichua*, *Tenaculites crotalinus*, des *Palæoneilo*, des *Nuculites*, des *Modiomorpha*, *Vitulina pustulosa*, *Leptocelia flabellites*, *Spirifer antarcticus*, *Sp. Orbigny*, *Trigleria Silveli*, *Chonetes falklandicus*. On reconnaît dans cette liste les principales espèces des grès coblentziens des îles Malouines et du Brésil, des schistes d'Icla de Bolivie et des grès d'Oriskany des États-Unis [103-105].

Le troisième terme, enfin, la *série de Witteberg*, est encore composé de grès et de quartzites, avec intercalations schisteuses. On n'y trouve que des débris végétaux (*Lepidodendron*, *Bothrodendron*, *Didymophyllum*, *Knorria*) et une empreinte mécanique qu'aux États-Unis, où elle occupe le même niveau au-dessus des grès coblentziens, on désigne sous le nom de *Spirophyton cauda-galli*. Il n'y a pas de raison paléontologique sérieuse d'attribuer à la flore de la série de Witteberg un âge plus récent que le Dévonien.

*Afrique du Nord.* — Il existe dans l'Afrique centrale des grès siliceux, généralement horizontaux, dont l'âge dévonien, en l'absence complète de fossiles, ne peut être donné que d'une manière tout à fait dubitative. Par contre, des grès siliceux en bancs réguliers, jaunes ou blancs à l'intérieur, recouverts à l'extérieur de la croûte protectrice dont il a été question précédemment (p. 374), occupent, dans le Nord du Sahara, de vastes surfaces, en particulier dans le Tassili des Azdjer, dans l'Ahnet, dans le Mouydir

dans la hamada de Mourzouk. C'est le mérite de F. Foureau d'avoir le premier recueilli, dans les grès de la première de ces régions, des fossiles permettant d'affirmer leur âge éodévонien (*Homalonotus* cf. *Herschelli*, *Coleoprion gracile*, *Spirifer* cf. *Rousseaui*, *Stropheodonta oriskania*) [XXXIII, 79]. Dans l'Ahnet et dans le Tidikelt, les récoltes de Chudeau et Gautier, de G.-B.-M. Flamand ont fourni plusieurs espèces permettant d'attribuer tous ces grès au Coblentzien (*Tropidoleptus rhenanus*, *Wilsonia Henrici*, *Pterinea fasciculata*). Il y a dans la faune un curieux mélange d'espèces des grauwackes du Rhin et d'espèces américaines ou sudafricaines [107-109].

Le Dévonien moyen est également connu en plusieurs points du Sahara central, mais il n'est guère possible de relier entre eux, dans l'état actuel de nos connaissances, les divers gisements. Dans l'Ahnet, Villatte a recueilli *Agoniatites Vanuxemi*, espèce caractéristique des couches de Marcellus de l'état de New-York, qui se retrouve d'ailleurs aussi en Europe [108]. Dans la même région, R. Chudeau a découvert des marnes à *Tropidoleptus carinatus*, *Spirifer* cf. *granulifer*, qui correspondent aux couches de Hamilton et sont recouvertes par des bancs à *Styliolina laevis*, *Agoniatites obliquus*. A Redjel Imrad, le même niveau a fourni *Tropidocyclus Murchisoni* et *Anarcestes Chudeaui*, forme ancestrale du genre *Chiloceras* [109].

Le Dévonien supérieur est également connu dans le Mouydir et dans l'Ahnet, où Gautier et Villatte ont observé des couches à Brachiopodes marneuses, renfermant des espèces aussi caractéristiques que *Spirifer Verneuli*, *Rhynchonella boloniensis*, *Rh. Orbignyi*, *Productella dissimilis* [109].

Toutes ces couches sont horizontales ou peu plissées et les grès coblentziens reposent en discordance sur le Silurien plissé ou sur les terrains métamorphiques. C'est la répétition de ce qui se passe dans le Nord de l'Europe, dans la zone des plissements calédoniens.

Plus au nord, dans le Gourara et dans le Touat, ainsi que dans l'Atlas Marocain, les grès éodévонiens existent également, mais on n'y a pas trouvé de fossiles caractéristiques. La présence du Dévonien moyen est attestée par *Calceola sandalina*, signalée par Flamand, et par un niveau riche en *Orthoceras*, comparable aux schistes de Wissenbach.

Mais c'est surtout le Dévonien supérieur qui est bien développé dans le Gourara et dans les environs de Beni-Abbes [110].

La zone à *Gephyroceras intumescens* a été découverte par E.-F. Gautier à Fgagira sous la forme de plaquettes calcaires parsemées de fossiles (*Tornoceras simplex*, *Gephyroceras intumescens*, *Bactrites carinatus*, *Buchiola retrostriata*).

Le même explorateur a observé à Charouin des calcaires rouges à *Clymenia laevigata*, identiques aux griottes des Pyrénées.

Les environs de Beni-Abbes, grâce aux récoltes de Gautier, des capitaines Bavière, Béranger et Perrin, peuvent être considérés peut-être comme le point du Globe où le Dévonien terminal s'est montré jusqu'ici le plus riche en Céphalopodes. L'auteur a pu y établir l'existence, dans des calcaires marneux très ferrugineux, des deux zones à *Clymenia annulata* et à *Gonioclymenia speciosa*, la première représentée par de nombreuses *Clymenia* (*laevigata*, *annulata*, *subnautilina*, *spinosa*, etc.), par *Oxyclymenia striata*, *Agoniatites* n. sp., *Chiloceras subpartitum*, *Sporadoceras subbilobatum*, *Aganides sulcatus*; la deuxième, par *Gonioclymenia*, *Sporadoceras cucullatum*. On y trouve également *Phacops caecus*, *granulatus*, *Buchiola retrostriata*, *Posidonomya venusta*, *Posidonella* et de nombreux *Orthoceras*.

L'association des espèces est exactement la même que dans les localités

classiques de l'Europe occidentale, malgré la distance de plus de 1 500 km qui sépare la Montagne Noire de Beni-Abbes.

Tous ces dépôts sont plissés et sont concordants avec le Carbonifère, comme dans la plupart des régions de l'Europe centrale.

### 3° RÉSULTATS GÉNÉRAUX

**RÉSULTATS PALÉOGÉOGRAPHIQUES.** — Au début de la période Dévonienne, la distribution des terres et des mers à la surface du Globe différait sensiblement de ce qu'elle était dans la seconde moitié de l'époque Silurienne. C'est ainsi qu'il n'existait plus trace du grand golfe de l'Amérique arctique, qui pénétrait si avant dans l'intérieur du continent Nordatlantique. En même temps, la mer abandonnait la plate-forme Russe, le massif Brésilien et probablement une grande partie du continent Africain. En dehors des océans, dont l'emplacement exact au Dévonien ne nous est pas connu, il n'existait de mers relativement profondes que dans certaines régions où le Dévonien fait suite en concordance au Gothlandien : en Bohême, dans les Alpes Carniques, dans l'Est des États-Unis et, suivant l'opinion courante, dans les Alpes (fig. 250).

Le continent Nordatlantique s'est agrandi au sud de toute la chaîne calédonienne, et le bouclier Scandinave en fait désormais partie intégrante. La mer ne fait d'incursions que sur des étendues peu considérables, elle envahit des dépressions peu profondes, qui prennent le caractère de lagunes ou de mers intérieures. C'est ainsi que se dépose le Vieux Grès Rouge, formation essentiellement épicontinentale. Les bords du continent sont envahis par la mer soit au Givétien, soit au Coblentzien, soit à l'Eifélien.

En Asie, le *falte Sibérien* était entouré de toutes parts par la mer et lui-même n'était entamé que par des lagunes ; la Mandchourie avec la Corée, le Nord-Est et le Sud-Est de la Chine étaient exondés et il en est de même de l'*île du Tibet* [XXXI, 18]. Dans les intervalles de ces noyaux anciens se trouvaient des dépressions qu'occupait une mer presque partout modérément profonde.

Dans l'Europe occidentale une mer, qui s'étendait au nord jusque dans le Devonshire, dans l'Ardenne et dans le Harz et qui avait ses rivages à une faible distance de ces régions, recouvrait toute l'Europe centrale et méridionale, mais, vers la fin de la période, une île prenait naissance sur l'emplacement de la Bohême, et peut-être aussi certaines parties du massif Armoricaïn, du Plateau Central, des Alpes septentrionales étaient-elles émergées (fig. 234).

Les rives méridionales de cette mer étaient situées très loin vers le

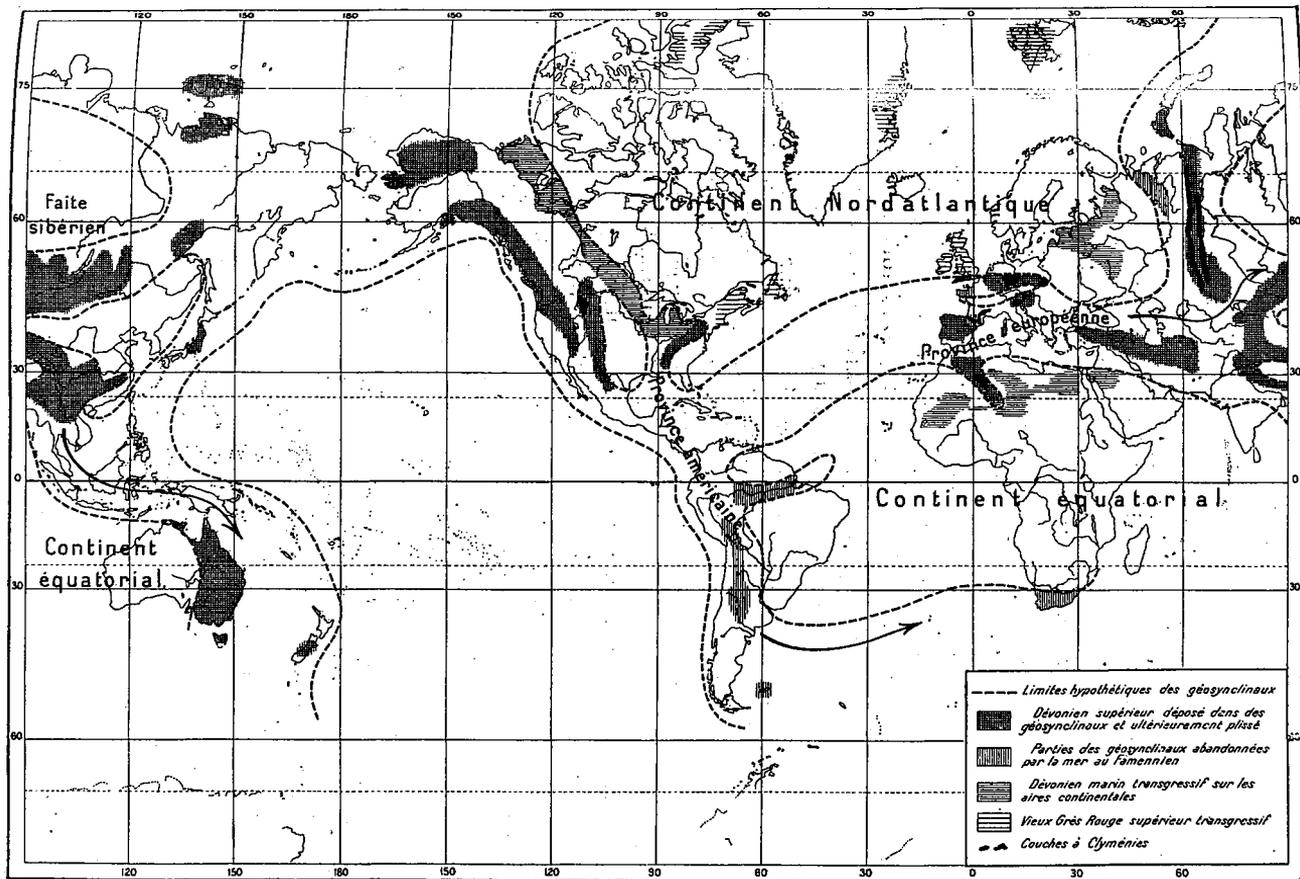


Fig. 250. — Essai de carte paléogéographique de la Terre à l'époque Dévonienne.

Les flèches indiquent le sens de la migration des faunes marines.

sud, probablement dans le voisinage du tropique du Cancer, car dans tout le Sahara algérien le Dévonien inférieur et moyen ont laissé des témoins. Toute la région méditerranéenne, avec une large bordure au nord et au sud, constituait donc un vaste géosynclinal, dont la grande étendue compensait la profondeur presque toujours assez faible.

Il existait de même, comme d'ailleurs au Silurien, un géosynclinal sur l'emplacement de l'Himalaya, entre l'île du Tibet et l'Inde péninsulaire; mais, pour la première fois, nous possédons, au Bosphore, dans l'Asie Mineure et en Perse, des jalons intermédiaires entre les dépôts des Alpes et ceux de l'Inde, qui nous permettent de reconstituer approximativement le tracé du géosynclinal depuis l'Espagne jusqu'en Birmanie. C'est déjà la *Méditerranée centrale* de Neumayr, la *Thetys* de Suess, la *Mésogée* de H. Douvillé, mais avec une largeur beaucoup plus grande que pendant l'ère secondaire.

Au sud de cette vaste dépression parallèle à l'équateur se trouvait une aire continentale d'une immense étendue, qui comprenait certainement une grande partie de l'Afrique équatoriale, Madagascar, l'Inde péninsulaire, régions où l'on ne connaît aucune trace de dépôts dévoniens. L'Australie faisait probablement corps avec ces noyaux anciens, quoique la transgression mésodévonienne l'ait certainement recouverte, au moins partiellement. A l'ouest, l'Afrique était réunie au Brésil et l'une et l'autre masse semblent avoir été envahies, au moins dans leurs parties déprimées, par la transgression coblentzienne (oriskanienne).

Une série d'affleurements dévoniens, d'ailleurs encore assez mal connus, jalonne le pourtour de l'océan Pacifique : Nouvelle-Zélande, Japon, mer d'Okhotsk, Alaska, Californie, Bolivie, Malouines. Le faciès néritique des dépôts ne permet toutefois pas d'affirmer que l'on ait plutôt affaire à un géosynclinal circumpacifique qu'à la zone littorale de l'océan.

Quoi qu'il en soit, cette zone ne communiquait pas directement, dans l'Amérique du Nord, avec la région du Centre, car des terres émergeaient sur l'emplacement des Grandes Plaines et sur le versant est des montagnes Rocheuses, tandis qu'un golfe, allant vers le sud jusqu'au Manitoba, les séparait du bouclier Canadien. De même, dans l'est, un bras de mer, souvent transformé en golfe, isolait ce vieux massif d'une terre située sur la côte atlantique.

PROVINCES ZOOLOGIQUES. — Les données paléontologiques vont nous permettre de préciser certaines relations, qui resteraient

douteuses si nous n'avions à notre disposition que les renseignements fournis par les affleurements connus.

On a vu plus haut qu'au Gothlandien, des échanges de faunes entre les diverses mers se produisaient, grâce aux communications qui existaient, en particulier par l'océan Arctique, entre l'Amérique du Nord et l'Europe, avec une facilité telle que les différences de provinces s'étaient presque entièrement effacées ou tout au moins fortement atténuées. Au Dévonien, par contre, cette communication polaire se trouvant supprimée, la différenciation s'est de nouveau manifestée et nous pouvons distinguer au moins deux provinces zoologiques, une *province européenne* et une *province américaine*.

On a quelquefois essayé de distinguer en Europe même plusieurs provinces, possédant chacune des caractères paléontologiques spéciaux, mais il est facile de s'assurer que les particularités de chaque région tiennent uniquement à des différences de faciès. Ainsi le type *hercynien*, spécial au Harz, à la Bohême, au Nassau, au massif Armoricaïn, à l'Oural, etc., a été souvent opposé au type *rhénan*; celui-ci comprend principalement, au moins au Dévonien inférieur, des formations calcaires. Il est évident que cette localisation des deux faciès tient simplement à des différences dans les conditions bathymétriques et dans la plus grande proximité du rivage, car toutes les fois que l'on compare entre elles des formations synchroniques isopiques, on constate que, dans toute l'étendue de l'Europe occidentale, elles sont caractérisées par les mêmes espèces.

On pourrait peut-être songer à opposer aux faunes de l'Europe occidentale celles de la Russie centrale, de l'Oural et de la Sibérie, qui, au Givétien, se distinguent par l'abondance de certains Brachiopodes spéciaux, tels que *Spirifer Anossoffi*, *Rhynchonella Meyendorfi*, etc. Mais ce sont là des espèces très voisines de formes de l'Europe occidentale, qui ne peuvent caractériser tout au plus qu'une sous-province. Il en est de même de *Spirifer Chechiel*, espèce spéciale à la Sibérie et à la Chine<sup>1</sup>. Ces légères différences mises à part, le Dévonien de l'Oural, de la Sibérie et de la Chine présente les plus étroites affinités avec celui de l'Europe occidentale. On a vu en outre que dans l'Asie méridionale des analogies frappantes avec le Dévonien du Rhin, ou avec celui du massif Armoricaïn ou d'Espagne, se retrouvent partout, depuis l'Asie Mineure jusqu'en Birmanie.

1. N. Lebedew. [74] a fait d'intéressantes observations en ce qui concerne la répartition géographique des Coralliaires. Il a constaté que le Dévonien de l'Oural, de la Sibérie occidentale et du Turkestan se distinguait de celui de l'Europe occidentale par la présence de types nordaméricains associés aux espèces de l'Europe occidentale.

Elles sont non moins frappantes en Australie, en Californie et surtout dans le Manitoba, dans le Canada central, comme le montre en particulier la faune givétienne à *Stringocephalus Burtini*, dont les espèces les plus caractéristiques abondent dans cette dernière région.

Au Frasnien l'universalité de la faune européenne est tout à fait remarquable, et l'on a vu que le moment de son invasion dans le Centre et l'Est des États-Unis pouvait être déterminé d'une manière précise. Clarke a montré avec évidence que l'immigration de la faune des couches de Naples à *Gephyroceras intumescens* s'est faite par le Nord-Ouest du Canada, qui communiquait probablement avec le Nord de la Russie par l'océan Arctique.

On se souvient, d'autre part, que les faunes éodévoniennes d'Europe arrivaient par le nord-est dans la région appalachienne et jusque dans l'ouest de l'état de New-York.

Mais il existe également aux États-Unis une faune qui est complètement étrangère à l'Europe et qui, par contre, semble indigène dans l'Amérique du Sud et dans l'Afrique australe.

Déjà les grès d'Oriskany renferment *Leptocœlia flabellites*, espèce caractéristique de l'Éodévonien de diverses localités de l'Amérique du Sud (Bolivie, Matto Grosso, Para) et du Cap. Au Dévonien moyen les couches de Hamilton sont caractérisées par *Tropidoleptus carinatus*, qui se retrouve en Bolivie, au Brésil et au Sahara. La manière dont la faune de ces couches envahit le Centre des États-Unis a fait supposer que celle-ci était venue du Sud et, en effet, il semble bien que dans l'Amérique méridionale elle est autochtone, car de nombreuses espèces y passent de l'Éodévonien dans le Mésodévonien, en particulier *Vitulina pustulosa*, qui est, elle aussi, une espèce commune aux deux Amériques et à l'Afrique du Sud et inconnue en Europe. Il y a donc des éléments suffisants pour caractériser une province américaine (fig. 250).

Les faunes dévoniennes du Sahara ont des affinités à la fois avec l'Europe et avec l'Amérique du Sud, de sorte que nous devons supposer une communication entre les deux provinces s'effectuant par l'Afrique du Nord. *Tropidoleptus rhenanus* du Coblentzien rhénan existe également dans les grès de même âge du Sahara et se retrouve dans l'Éodévonien du Brésil, mais n'est pas connu en Bolivie et aux États-Unis. En revanche, *Tropidoleptus carinatus* existe au Dévonien moyen dans les deux Amériques et au Sahara et manque en Europe.

Les couches à Clyménies du Dévonien terminal sont pour ainsi dire localisées dans l'Ancien Continent et on ne les a encore rencontrées à l'est de l'Oural que dans les Montagnes Rocheuses, où, aux

étages précédents, les influences européennes se faisaient également sentir. On ne les connaît pas non plus au sud du Sahara oranais. Elles n'existent d'ailleurs que dans des régions où le Carbonifère fait suite en concordance au Dévonien. L'origine de leur faune est tout à fait mystérieuse, bien que Clarke ait fait connaître aux États-Unis une espèce isolée, *Acanthoclymenia neopolitana*, dans les couches de Naples d'âge frasnien.

CLIMAT. — Les connaissances rudimentaires que nous possédons sur la flore dévonienne et sur sa répartition à la surface du Globe ne nous permettent pas de formuler des conclusions sur le climat de l'époque. La fréquence des colorations rouges dans les couches lagunaires du faciès Old Red Sandstone nous autorise peut-être à admettre que les régions où on les observe possédaient un climat tropical, le sesquioxyle de fer anhydre, auquel on doit les attribuer, ne se formant aux dépens du sulfure que sous l'action d'une insolation très intense. Nous connaissons ce faciès rouge principalement sous les latitudes élevées, dans l'hémisphère nord. Certains auteurs ont voulu voir dans le Vieux Grès Rouge une formation éolienne, indiquant un climat désertique. Cependant des dépôts de gypse et de sel gemme, témoignant d'une évaporation intense et par conséquent d'un climat sec, ne se trouvent que rarement dans les terrains dévoniens. On peut citer comme exemple la Sibérie centrale.

Un renseignement un peu plus précis nous est fourni sur le climat de l'époque Dévonienne par la découverte, faite par Rogers, de galets striés d'origine glaciaire dans une couche argileuse intercalée dans les grès de la Table, au Cap de Bonne-Espérance. On ne sait rien toutefois sur l'extension du phénomène. Mais la présence de conglomérats glaciaires dans les terrains algonkiens et cambriens et, comme nous le verrons bientôt, dans les terrains carbonifères et permien rend l'existence de glaciers dévoniens moins invraisemblable.

En présence de cette donnée, contradictoire avec les précédentes, il vaut mieux s'abstenir de toute conclusion générale sur le climat de l'époque Dévonienne.

MOUVEMENTS OROGÉNIQUES ET ÉPIROGÉNIQUES. — On a vu dans le chapitre précédent que d'importants mouvements orogéniques ont eu lieu, notamment dans le Centre de l'Angleterre et dans l'Est des États-Unis à la limite de l'Ordovicien et du Gothlandien. Ces mouvements ne sont que le prélude de ceux qui marquent le début de l'époque Dévonienne et qui donnent naissance, en Europe, à la zone

de plissements que E. Suess a désignée du nom de *chaîne calédonienne*. Après avoir exposé très sommairement les caractères tectoniques les plus remarquables de cette chaîne, nous montrerons que les mouvements orogéniques du début du Dévonien ne sont pas localisés uniquement en Europe et qu'ils ont également affecté d'autres régions du Globe.

Le géosynclinal des Grampians, dans lequel, en Irlande et en Écosse, se sont accumulés sans discordance importante les dépôts de l'Archéen, de l'Algonkien, du Cambrien et du Silurien, a été, à la fin de la période Silurienne, le siège de plissements intenses, accusant un déversement général des plis vers le N. W. Les îles Hébrides et la côte ouest de l'Écosse septentrionale n'ont pas été atteints par ces mouvements, les grès de Torridon algonkiens et les couches cambriennes y forment comme de grandes dalles inclinées au S. E., sans aucune trace de plissements. Dans cette région, les mouvements orogéniques ont eu lieu avant l'Algonkien, c'est la chaîne huronienne qui vient en contact au sud-est avec la chaîne calédonienne.

La limite des deux chaînes est une des zones de dislocations les plus remarquables de l'Europe : le bord nord-ouest de la chaîne calédonienne a été charrié, sur une largeur visible d'une douzaine de kilomètres, par-dessus le bord sud-est de la chaîne huronienne, dont les terrains cambriens sont recouverts en superposition anormale par les gneiss archéens ou par les schistes d'âge indéterminé de la chaîne calédonienne (fig. 207).

En réalité, l'accident est beaucoup plus compliqué : il existe plusieurs plans de chevauchement et les terrains pris entre deux de ces surfaces sont déchiquetés en lames imbriquées, limitées par des surfaces de chevauchement secondaires, obliques par rapport aux surfaces principales.

Ces dislocations, qui ont fait de la part de Peach et Horne l'objet de travaux d'une admirable précision [XXXI, 8], ont pu être suivies, sur une longueur d'environ 200 km, depuis le loch Eriboll jusqu'à l'île de Skye.

Nous avons vu que le géosynclinal des Grampians se continue dans la chaîne axiale de la péninsule Scandinave. Sur son emplacement, l'ensemble des terrains archéens, algonkiens, cambriens et siluriens a été plissé. Quoique nous ne puissions pas, en l'absence de dépôts dévoniens incontestables, déterminer d'une manière précise l'âge de ce plissement, nous pouvons le placer, par analogie avec l'Écosse, à la limite du Silurien et du Dévonien. Le déversement des plis vers le N.W., qui, en Écosse, caractérise la chaîne calédonienne sur

presque toute sa largeur, ne s'observe que localement dans la région côtière de Norvège. Dans la région axiale, les plis sont en général droits; mais, sur le versant suédois, ils sont déversés vers le S.E. De plus, l'ensemble des terrains plissés est refoulé sur une très grande largeur, dans cette même direction, par-dessus les terrains siluriens horizontaux ou par-dessus les terrains antécambriens des

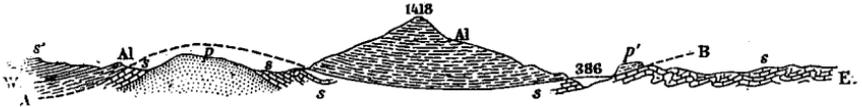


Fig. 251. — Coupe de l'Åreskutan, Suède centrale. Charriage de l'Algonkien sur le Silurien (d'après TÖRNEBOHM).

*p.* Porphyre (Archéen); *Al*, gneiss et schistes (Algonkien); *s.* Silurien non métamorphique du socle; *s'*, Cambrien et Silurien charriés. — *AB*, surface de recouvrement; *p'*, lambeau de porphyre entraîné (lame de charriage). — Échelle des longueurs : 1 : 300.000 environ.

rives du golfe de Bothnie (fig. 251, 252). Cet important charriage, qui a été étudié surtout par Törnebohm [XXXI, 11], a pu être suivi sur toute la longueur de la péninsule, depuis les Finmarken jusque dans le Sud de la Norvège. C'est donc ici le bord sud-est de la chaîne cadédonienne qui est charrié sur l'avant-pays et non plus, comme en Écosse, le bord nord-est. L'opposition qui existe entre le sens du charriage en Scandinavie et en Écosse trouve sans doute son explication dans les considérations suivantes.

Des plissements peuvent prendre naissance sur l'emplacement d'un géosynclinal par la compression bilatérale que subit, après son



Fig. 252. — Coupe d'un lambeau de recouvrement dans le Jemtland, au nord d'Offerdal (d'après HÖGBOM).

*p.* Porphyre (Archéen); *q.* quartzites (Algonkien); *c.* conglomérats (*id.*); *s.* Silurien supérieur. — *AB*, surface de recouvrement. — Échelle des longueurs : 1 : 200.000. Hauteur relative du lambeau : 200 m environ.

comblement, cette zone de sédimentation intense, pincée comme dans les mâchoires d'un étau. Cette condition est réalisée pour la partie scandinave du géosynclinal des Grampians, où une aire de surélévation des plissements antécambriens de Suède et de Finlande formait l'avant-pays de la zone de plissements postsiluriens. Les plis se sont déversés vers ce bord du géosynclinal, puisque les plis anciens, orientés tout différemment, s'opposaient à la propagation des ondes. Rencontrant cet obstacle, les forces tangentielles l'ont

surmonté et les masses charriées ont débordé sur la zone des plissements antécambriens.

En Écosse il n'existait pas de pareil obstacle au sud, le géosynclinal avait une largeur bien plus grande, puisqu'il s'étendait jusqu'aux comtés du Centre, où le ridement date du milieu de l'époque Silurienne. Ces plissements antérieurs au Dévonien ne sont d'ailleurs autre chose que des géanticlinaux qui accidentaient le fond du géosynclinal de l'Europe centrale et méridionale. La mer silurienne allait de l'Écosse au Sahara, de sorte que le géosynclinal avait sur ce méridien une largeur immense. Subissant une constriction au début du Dévonien, les nouveaux plissements devaient naître sur ses bords, avec déversement vers le nord sur le bord septentrional et déversement vers le sud sur le bord méridional. Au nord les poussées ne rencontraient d'autre obstacle que la chaîne huronienne, et c'est pourquoi celle-ci a été débordée par les charriages de la chaîne calédonienne.

Les plissements du début du Dévonien n'étaient pas localisés en Europe au géosynclinal des Grampians et de Scandinavie, ils se sont étendus au sud jusque dans le Devonshire, l'Ardenne, le Taunus, la Thuringe et la Moravie, mais sans atteindre le massif Armoricain et la Bohême, où le Silurien et le Dévonien sont concordants, comme ils le sont dans l'Europe méridionale (fig. 234).

Ils passaient donc au sud du bouclier Scandinave, affectant une direction W.-E., puis N.W.-S.E. En Moravie ils disparaissent sous les charriages de la chaîne des Karpatés, d'âge beaucoup plus récent. Au nord des régions de l'Europe centrale que nous venons d'indiquer comme leur limite méridionale, ils se manifestent, dans le Harz et en Pologne, par une lacune entre le Silurien et le Dévonien. Plus au nord encore, les plissements du Silurien de Scanie appartiennent sans doute à la même zone.

La direction générale N.W.-S.E. de la branche des plissements calédoniens qui passe au sud du bouclier Scandinave est sensiblement parallèle à celle des plissements antécambriens des régions baltiques. De même, la branche qui passe au N.W. du bouclier est parallèle à la chaîne huronienne. D'autre part, le Timan et l'Oural sont envisagés par Ed. Suess [0, 22, III] comme des formations posthumes, conformes au plan primitif, c'est-à-dire nées sur l'emplacement de plissements antécambriens. Dès lors, les mouvements qui ont amené, au Dévonien moyen, le retour de la mer sur la plate-forme Russe et dans le Timan peuvent être assimilés aux mouvements orogéniques auxquels la chaîne calédonienne doit son origine. Ainsi s'explique le synchronisme de cette invasion marine avec celle du bassin de

Namur, en Belgique et dans le Boulonnais. Immédiatement après le principal ridement, le bord méridional de la zone des plissements calédoniens s'est affaissé suivant une ligne parallèle à l'axe des plis et la mer gédiniennne a pu pénétrer dans le chenal qui a ainsi pris naissance. L'affaissement s'est continué par saccades, toujours suivant des zones longitudinales; et c'est ainsi que certaines régions ont été envahies au Coblentzien, d'autres au Givétien. Au Frasnien, toute la branche méridionale de la zone calédonienne était sous les eaux, mais, à la fin de la période, les bords se trouvaient de nouveau exondés, ou occupés par une mer peu profonde à régime lagunaire, tandis que dans un chenal étroit la profondeur s'accroissait, pour atteindre son maximum dans les points où se déposaient des calcaires à Clyménies (fig. 250).

Au sud de la zone des plissements antédévoniens régnait le régime géosynclinal, cependant il est probable que là aussi des rides prenaient naissance suivant des lignes parallèles aux axes calédoniens. Le bassin d'Ancenis correspond probablement à l'une d'elles, qui se prolongeait peut-être dans l'intérieur du Plateau Central.

Si l'on fait abstraction des géanticlinaux secondaires, le géosynclinal s'étendait vers le sud jusque dans le Sahara oranais, où Gautier a découvert les couches à *Gephyroceras intumescens* et les calcaires à Clyménies. Plus au sud, l'existence de plissements antédévoniens, formant le pendant de ceux de la chaîne calédonienne, ressort avec évidence des explorations récentes [112]. Les grès éodévoniens reposent en couches horizontales ou seulement ondulées sur les terrains siluriens et archéens plissés.

En Asie, l'état actuel de nos connaissances ne permet pas de préciser l'emplacement et la direction des plissements antédévoniens, mais il semble aussi que ce sont des mouvements orogéniques posthumes qui ont donné lieu à la transgression mésodévoniennne signalée en divers endroits. Ici aussi le maximum d'extension de la mer est atteint au Givétien et au Frasnien. Mais les géosynclinaux perdent en profondeur ce qu'ils ont gagné en étendue.

Dans l'Amérique du Nord, la transgression mésodévoniennne se traduit par l'envahissement d'une dépression synclinale qui longe le bord sud-ouest du bouclier Canadien et dont l'axe est à peu près parallèle à la direction des plis antécambriens. Sa formation rentre donc également dans la catégorie des mouvements orogéniques. De même, dans l'Est, les mers qui ont déposé les couches de Helderberg et d'Oriskany suivaient une dépression parallèle à la chaîne taconique, dont les plissements datent du milieu de l'époque Silurienne.

Voici pour les mouvements orogéniques. Les mouvements épirogéniques, c'est-à-dire les surélévations et les ennoyages qui se produisent transversalement par rapport aux zones de plissement, se sont également traduits au Dévonien par des déplacements des lignes de rivage.

On a vu plus haut qu'une discordance très nette existe, dans toute l'Écosse, dans le Nord et dans le Centre de l'Angleterre, entre le Vieux Grès Rouge inférieur et le supérieur (fig. 235). Il s'est produit incontestablement une émerision de la région entre le dépôt de ces deux formations, et cette émerision a coïncidé avec des mouvements du sol, qui ne se sont pas traduits par des plissements, mais simplement par un relèvement des couches inférieures, de sorte que le terme supérieur s'est déposé sur des strates inclinées. C'est là manifestement un mouvement épirogénique. Le soulèvement s'est produit exactement au moment où dans la branche méridionale de la zone calédonienne des affaissements permettaient l'invasion par la mer d'espaces précédemment exondés, c'est-à-dire entre le Coblentzien et le Frasnien. Les deux mouvements sont complémentaires : le soulèvement est un mouvement épirogénique, l'affaissement, un mouvement orogénique.

Si l'exondation d'une partie de la Grande-Bretagne au Dévonien moyen est due à une surélévation transversale des plissements calédoniens, elle doit avoir sa contre-partie dans un ennoyage de la région occupée par la mer du Nord et dans une surélévation de la chaîne Scandinave. Nous n'avons pas de preuve directe qu'il en a été réellement ainsi, mais nous trouvons plus au sud des traces évidentes de soulèvements et d'affaissements qui se sont produits perpendiculairement à la direction des plissements calédoniens.

Le Dévonien moyen, on s'en souvient, possède, sur la rive droite du Rhin, les caractères d'un dépôt de mer profonde, qui lui manquent dans l'Eifel et dans l'Ardenne, où règnent exclusivement des formations néritiques. Vers l'est, c'est-à-dire en Moravie et en Pologne, les faciès de l'Eifel reparaissent. Il s'est donc produit un approfondissement de la mer suivant une direction plus ou moins perpendiculaire à celle des plissements calédoniens. C'est sans doute la reproduction d'un état de choses qui existait plus au nord. De même, au sud de la zone des plissements calédoniens, l'est du massif Armoricaïn et la Bohême se sont trouvés surélevés dès le Frasnien, tandis que la mer continuait à occuper l'espace intermédiaire pendant toute la durée du Dévonien supérieur,

En dehors de l'Europe, il n'est pas toujours facile de faire le départ

des mouvements épirogéniques et des mouvements orogéniques. Au Brésil, par exemple, la mer dévonienne occupe une dépression d'une aire continentale très ancienne (fig. 250), mais l'axe de cette dépression, si l'on s'en rapporte à la carte géologique de Katzer, est parallèle aux plissements des terrains cristallophylliens. Son invasion par la mer, au début du Coblentzien, doit être dès lors envisagée comme un mouvement orogénique et non comme un mouvement épirogénique. Au Dévonien supérieur la mer abandonne la région.

Dans l'Afrique australe, où le Dévonien est plissé dans la région du Cap, il y a eu également exondation à la fin de la période.

Par contre, le retrait de la mer, au Dévonien moyen, dans les régions arctiques du continent Nordatlantique, si des observations ultérieures viennent en confirmer la généralité, rentrerait dans la catégorie des mouvements épirogéniques.

En résumé, les régions qui ont été plissées au début de l'époque Dévonienne viennent en partie s'adjoindre aux aires continentales, tandis que d'autres zones de la surface terrestre, également plissées entre le Silurien et le Dévonien, se creusent graduellement et redeviennent des géosynclinaux, qui se comporteront au cours de la période à peu près comme ceux où le Dévonien fait suite en concordance au Silurien. Dans toutes ces régions, la mer s'étend graduellement et la transgression atteint son maximum au Givétien et au Frasnien. La fin de la période est marquée toutefois par une constriction des géosynclinaux, de sorte que la mer perd en étendue ce qu'elle gagne en profondeur.

Les mouvements épirogéniques transversaux sont complémentaires de ces mouvements orogéniques longitudinaux. Ils ont pour résultat une régression dans certaines aires continentales au Dévonien moyen et une transgression à la fin de la période.

**PHÉNOMÈNES VOLCANIQUES.** — La période Dévonienne est caractérisée par des éruptions volcaniques d'une grande violence, qui se manifestent pendant toute sa durée. Il est peu de régions qui en soient entièrement indemnes. Cette généralité du phénomène rend particulièrement difficile la recherche de ses relations avec les mouvements orogéniques.

Nous nous contenterons ici de mentionner à titre d'exemples quelques centres volcaniques particulièrement intéressants en indiquant très sommairement la nature des produits.

En Écosse, les intercalations de produits éruptifs jouent un rôle très important dans le Vieux Grès Rouge. Ce sont à la fois des dykes,

des coulées et des amas de projections, que l'on rencontre principalement à la base de la division inférieure, tandis que l'activité volcanique semble avoir diminué lorsque s'achevait le remplissage des cuvettes lagunaires. A la base de la division supérieure il y a encore quelques manifestations, toutefois bien localisées et moins intenses (fig. 253). La composition des roches d'épanchement d'Écosse permet de les classer dans les deux catégories des diabases et des andésites ou porphyrites, tandis que les roches d'intrusion sont principalement des microgranulites [XVIII, 2].

Dans le Devonshire, comme dans le Centre de l'Allemagne, les diabases et les mélaphyres prédominent. Ils sont accompagnés de

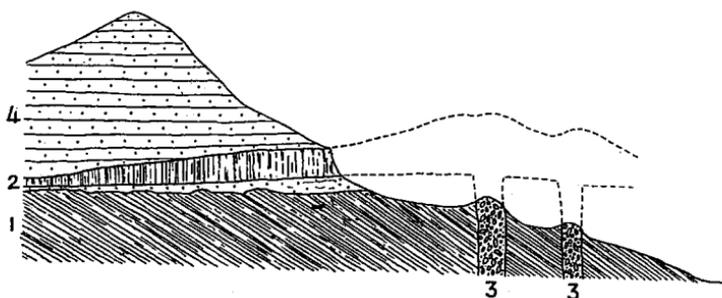


Fig. 253. — Coupe d'un volcan dévonien, Hoy, Orcades (d'après ARCH. GEIKIE).

1, schistes de Caithness (Old Red Sandstone inférieur); 2, coulée de lave; 3, necks remplis d'un agglomérat de projections; 4, Old Red Sandstone supérieur.

tufs fortement altérés, auxquels on a donné le nom de *Schalstein*. Des roches analogues existent par exemple dans l'Altaï.

Dans le massif Armoricaïn, le Dévonien est traversé de nombreux filons de roches éruptives, qui se rencontrent également en nappes intrusives et en coulées interstratifiées. Les types prédominants sont des diabases, des diorites, des andésites, des microgranulites.

Dans le Morvan, des coulées d'albitophyres, avec les tufs correspondants, sont interstratifiées au milieu des schistes fameniens, comme l'a montré Albert Michel-Lévy.

On ne connaît pas de séries ayant subi un métamorphisme régional intense qui puissent, d'une manière certaine, être attribuées au Dévonien. En revanche, le Silurien et le Dévonien sont métamorphisés au contact du massif granitique de Flamanville, dans la Manche.

1. — SEDGWICK and ROD. I. MURCHISON. On the classification of the older rocks of Devonshire and Cornwall. *Proc. Geol. Soc. London*, III, p. 121-123, 1839.
2. — D'ARCHIAC and M. EDOUARD DE VERNEUIL. On the Fossils of the Older Deposits in the Rhenish Provinces, preceded by a General Survey of the Fauna of the Palæozoic Rocks, and followed by a Tabular List of the organic Remains of the Devonian System in Europe. *Trans. of the Geol. Soc. of London*, VI, p. 303-410, pl. XXV-XXXVIII, 1842 (avec trad. franç. 40 p.).
3. — FRITZ FRECH. Lethæa geognostica. I. Lethæa palæozoica, II. Das Devon, p. 117-236, fig., 12 pl., 1897.
4. — ID. Die Cyathophylliden und Zaphrentiden des deutschen Mitteldevon, eingeleitet durch den Versuch einer Gliederung desselben. *Pal. Abhandl. v. Dames u. Kayser*, III, 3, 120 p., 23 fig., 8 pl., 1886.
5. — HANS SCUPIN. Die Spiriferen Deutschlands. *Ibid.*, VIII, 3, 140 p. 14 fig., 10 pl., 1900.
6. — FRITZ FRECH. Die devonischen Aviculiden Deutschlands. *Abh. z. Geol. Specialkarte v. Preussen*, IX, 3, 261 p., 5 tabl., 23 fig., atlas de 18 pl., 1898.
7. — S. BEUSHAUSEN. Die Lamellibranchiaten des rheinischen Devon mit Ausschluss der Aviculiden. *Abh. d. K. Preuss. Geol. Landesanstalt*, N. F. XVII, 514 p., 34 fig., atlas de 38 pl., 1895.
8. — FRITZ FRECH. Ueber devonische Ammoneen. *Beitr. z. Pal. Oesterr.-Ung.*, XIV, p. 27-112, fig., pl. II-V, 1902.
9. — JOHN M. CLARKE. Value of Amnigenia as an Indicator of Fresh Water Deposits during the Devonian of New-York, Ireland and the Rhineland. *New York State Museum, Bull. 49, Paleontol. Papers*, 2, p. 199-203, pl. XI, 1901.
- 9 bis. — E. HOLZAPFEL. Die Facies-Verhältnisse des rheinischen Devon. *Festschr. Ad. v. Kanen*, p. 231-262, 1907.
10. — EM. KAYSER. Ueber die Grenze zwischen Silur und Devon (Hercyn) in Böhmen, Thüringen und einigen anderen Gegenden. *Neues Jahrb. f. Miner.*, 1881, II, p. 81-86.
11. — JOHN M. CLARKE. The Hercynian Question. A Brief Review of its Development and Present Status, with a few Remarks upon its Relation to the Current Classification of American Palæozoic Faunas. *8<sup>th</sup> Ann. Rept of the State Geologist for the year 1888*, p. 62-91, 1889.
12. — HENRY S. WILLIAMS. Silurian-Devonian Boundary in North-America. *Bull. of the Geol. Soc. of America*, XI, p. 333-346, 1900.
- 12 bis. — CHARLES SCHUCHERT. Lower Devonian Aspect of the Lower Helderberg and Oriskany Formations. *Bull. of the Geol. Soc. of America*, XI, p. 241-332, 1900.
13. — JOHN M. CLARKE, CHARLES SCHUCHERT. The Nomenclature of the New-York Series of Geological Formations. *Science*, N. S. X, p. 874-878, 1899.
14. — ARCHIBALD GEIKIE. On the Old Red Sandstone of Western Europe. I. *Trans. of the Royal Soc. of Edinburgh*, XXVIII, 2, p. 355-452, 13 fig., pl. XXII, 1878.
15. — E. KAYSER. Ueber eine Molluskenfauna vom Grey Hook auf Spitzbergen. *Bihang till k. Svenska Vet.-Akad. Handling.*, XXVII, 4, n° 2, 24 p., 2 pl., 1901.
16. — A. G. NATHORST. Die oberdevonische Flora des Ellesmere-Landes. *Rept of the 2<sup>d</sup> Norwegian Arctic Expedition in the « Fram », 1898-1902*, n° 1, 22 p., 4 fig., 7 pl., 1904.
17. — HENRY M. AMI. Knoydart Formation of Nova Scotia. *Bull. of the Geol. Soc. of Amer.*, XII, p. 301-312, pl. XXVI, 1901.
18. — JULES GOSSELET. Sur les terrains primaires de la Belgique, des environs d'Avesnes et du Boulonnais. *Thèses Fac. Sc. Paris*, in-4°, 164 p., 6 fig., 3 pl., 1860.
19. — ID. L'Ardenne. *Mém. Carte Géol. détail. de la France*. 1 vol. in-8°, 881 p., 243 fig., 26 + 11 pl., 1 carte, 1888.

20. — H. DE DORLODOT. Note sur la discordance du Dévonien sur le Silurien dans le bassin de Namur. *Annales Soc. géol. de Belg.*, XII, p. 207-241, 5 fig., 1885.

21. — MICHEL MOURLON. Monographie du Famennien, comprenant les psammites du Condroz et les schistes de la Famenne proprement dits (Dévonien supérieur). 1 vol. in-8°, 277 p., 6 pl., fig. (Extr. *Bull. Acad. R. de Belg.*), 1875-1886.

22. — JOHN PHILLIPS. Figures and Descriptions of the Palæozoic Fossils of Cornwall, Devon, and West Somerset. 1 vol. in-8°, 231 p., 60 pl. London, 1841.

23. — E. KAYSER. Ueber das Devon in Devonshire und im Boulonnais. *N. Jahrb. f. Miner.*, 1889, I, p. 179-191.

24. — G. F. WHIDBORNE. A Monograph of the Devonian Fauna of the South of England. *Palaeontographical Society*, 3 vol. in-4°, 344 + 214 + 236 p., 31 + 24 + 38 pl., London, 1889-1907.

25. — GUIDO et FRIDOLIN SANDBERGER. Die Versteinerungen des rheinischen Schichtensystems in Nassau. 1 vol. in-4°, 564 p., fig., 1 carte, atlas 41 pl. Wiesbaden, 1850-1855.

26. — FRITZ FRECH. Ueber das rheinische Unterdevon und die Stellung des « Hercyn ». *Zeitschr. d. D. geol. Ges.*, XLI, p. 175-287, 1889.

27. — FR. DREVERMANN. Die Fauna der Untercoblenzschichten von Oberstadtfeld bei Daun in der Eifel. *Palaeontographica*, XLIX, p. 73-120, pl. IX-XIV, 1902.

28. — ID. Die Fauna der Siegener Schichten von Seifen unweit Dierdorf (Westerwald). *Ibid.*, L, p. 229-287, pl. XXVIII-XXXII, 1904.

29. — EMANUEL KAYSER. Studien aus dem Gebiete des rheinischen Devon. I-IV. *Zeitschr. d. D. geol. Ges.*, XXII, p. 841-852; XXIII, p. 289-376, pl. VI, p. 653-690, pl. XXV-XXVII; XXIV, p. 602-674, pl. XIX-XXI, 1870-1873.

30. — E. HOLZAPFEL. Die Goniatiten-Kalke von Adorf in Waldeck. *Palaeontographica*, XXVIII, p. 225-262, pl. I-VI, 1882.

31. — ID. Das obere Mitteldevon (Schichten mit Stringocephalus Burtini und Maeneceras terebratum) im Rheinischen Gebirge. *Abh. d. k. Preuss. geol. Landesanst.*, N. F., XVI, 460 p., atlas de 19 pl., 1895.

32. — FRITZ FRECH. Geologie der Umgegend von Haiger bei Dillenburg (Nassau). *Abh. z. geol. Specialkarte von Preussen*, VIII, 3, 36 p., 3 pl., 1888.

33. — FRITZ DREVERMANN. Die Fauna der oberdevonischen Tuffbreccie von Langenaubach bei Haiger. *Jahrb. d. k. preuss. geol. Landesanst.*, 1890, p. 99-207, pl. XII-XVI, 1891.

34. — EMANUEL KAYSER. Die Fauna der ältesten Devon-Ablagerungen des Harzes. *Abh. z. geol. Specialkarte v. Preussen*, II, 4, 293 p., atlas 36 pl., 1878.

35. — ID. Die Fauna des Hauptquartzits und der Zorger Schiefer des Unterharzes. *Abh. d. k. Preuss. geol. Landesanst.*, N. F., I, 140 p., 24 pl., 1889.

36. — GEORG GÜRICH. Das Devon von Dębnik bei Krakau. *Beitr. z. Pal. Oesterr. Ung. u. d. Orient*, XV, p. 127-164, 4 fig., pl. XIV-XV, 1903.

37. — OTTAMAR NOVAK. Zur Kenntniss der Fauna der Etage F-f1 in der palæozoischen Schichtengruppe Böhmens. *Sitzungsber. d. k. böhm. Ges. d. Wiss.*, 1886, p. 1-27, pl. I-II.

38. — ID. Vergleichende Studien an einigen Trilobiten aus dem Hercyn von Bicken, Wildungen, Greifenstein und Böhmen. *Pal. Abhandl. v. Dames u. Kayser*, V, 3, 46 p., 8 fig., 5 pl., 1890.

39. — E. KAYSER und E. HOLZAPFEL. Ueber die stratigraphischen Beziehungen der böhmischen Stufen F, G, H Barrande's zum rheinischen Devon. *Jahrb. d. k. geol. Reichsanst.*, XLIV, p. 479-514, 5 fig., 1894.

40. — JAROSLAV J. JAHN. Ueber die Etage H im mittelböhmischen Devon. *Verh. d. k. k. geol. Reichsanst.*, 1903, p. 73-79.

41. — A. BIGOT. Le massif ancien de la Basse-Normandie et sa bordure. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 4<sup>e</sup> sér, IV, p. 909-953, 29 fig., pl. XXIV-XXV, 1907.

42. — CHARLES BARROIS. Faune du calcaire d'Erbray (Loire-Inférieure).

Contribution à l'étude du terrain dévonien dans l'Ouest de la France. *Mém. Soc. géol. du Nord*, III, 348 p., fig., 17 pl., 1889.

43. — ID. Des relations des mers dévoniennes de Bretagne avec celles des Ardennes. *Annales Soc. géol. du Nord*, XXVII, p. 231-259, 1898.

44. — ID. Mémoire sur le calcaire dévonien de Chaudefonds (Maine-et-Loire). *Ibid.*, XIII, p. 170-205, pl. IV, V, 1886.

45. — D.-P. OEHLERT. Mayenne et Sarthe. Notice par —. *Livret-guide des excursions du VIII<sup>e</sup> congrès géol. intern.*, n° VI, 25 p., 10 fig., 1900.

46. — ID. Sur le Dévonien des environs d'Angers. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 3<sup>e</sup> sér., XVII, p. 742-791, 2 fig., pl. XVIII-XXI, 1889.

47. — ID. Note sur le calcaire de Montjean et Chalennes (Maine-et-Loire). *Annales des Sc. géol.*, XII, 2, 12 p., pl. IV-V, 1882.

48. — ID. Étude sur quelques fossiles dévoniens de l'Ouest de la France. *Ibid.*, XIX, 1, p. 1-80, pl. I-V, 1887.

49. — LOUIS BUREAU. Notice sur la Géologie de la Loire-Inférieure, avec listes des Végétaux fossiles par EDUARD BUREAU. Extrait de *Nantes et la Loire-Inférieure*, III, 1 vol. in-8°, 522 p., fig., 3 pl., 1 carte. Nantes, 1900.

50. — ALBERT MICHEL-LÉVY. Sur l'existence des couches à Clyménies dans le Plateau central (MORVAN). *C. R. Ac. Sc.*, CXXLI, p. 692-693, 1905.

51. — OTTO JAEKEL. Ueber mitteldevonische Schichten im Breuschthal. *Mittheil. d. Commiss. f. d. Geol. Landes-Unters. v. Els-Lothr.*, I, p. 229-239, 1 fig., 1888.

52. — E.-W. BENECKE. Calceola sandalina im oberen Breuschthal. *Ibid.*, IV, p. 105-111, 1894.

53. — FRITZ FRECH. Die paläozoischen Bildungen von Cabrières (Languedoc). *Zeitschr. d. D. geol. Ges.*, XXXIX, p. 360-487, fig., pl. XXIV, 2 tabl., 1887.

54. — CHARLES BARROIS. Sur la faune de Hont-de-Ver (Haute-Garonne). *Annales Soc. Géol. du Nord*, XII, p. 124-144, pl. II, III, 1886.

55. — DE VERNEUIL. Note sur les fossiles dévoniens du district de Sabero (Léon), suivie d'une liste des fossiles du même terrain des montagnes de Léon et des Asturies. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 2<sup>e</sup> sér., VII, p. 155-186, pl. III-IV, 1850.

56. — D.-P. OEHLERT. Fossiles dévoniens de Santa Lucia (Espagne). *Ibid.*, 3<sup>e</sup> sér., XXIV, p. 814-875, 12 fig., pl. XXVI-XXVIII, 1897; 4<sup>e</sup> sér., I, p. 233-250, 12 fig., pl. VI, 1901.

57. — HENRI HERMITE. Études géologiques sur les îles Baléares. 1<sup>re</sup> partie : Majorque et Minorque. *Thèses Fac. Sc. Paris*. 1 vol. in-8°, 357 p., 60 fig., 4 pl. Paris, 1879.

58. — DOMENICO LOVISATO. Il Devoniano nel Gerrei (Sardegna). *Atti d. R. Accad. dei Lincei*, ser. 5<sup>a</sup>, *Rendiconti, Cl. di sc. fis., mat. e nat.*, III, p. 131-135. 1894.

59. — CHARLES DE STEFANI. Découverte d'une faune paléozoïque à l'île d'Elbe. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 3<sup>e</sup> sér., XXII, p. 30-33, 1894.

60. — FRITZ FRECH. Ueber das Devon der Ostalpen. *Zeitschr. d. D. geol. Ges.*, XXXIX, p. 659-738, fig., pl. XXVIII-XXIX, 1887; XLIII, p. 672-687, pl. XLIV-XLVII, 1891; XLVI, p. 446-479, 1894; LVII, p. 91-111, pl. V-VI, 3 fig. (SCUPIN), 1905; LVIII, p. 213-306, pl. XI-XVII, 16 fig. (ID.), 1906.

61. — KARL ALPHONS PENECKE. Das Grazer Devon. *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst.*, XLIII, p. 567-616, fig., pl. VII-XII, 1894.

62. — M. GORTANI. Contribuzione allo studio del Paleozoico Carnico. II. Fauna Devoniana. *Palaeontographia Italica*, XIII, p. 1-63, fig. 8, 9, pl. I-II, 1907.

63. — G. DE ANGELIS D'OSSAT. Seconda contribuzione allo studio della fauna fossile paleozoica delle Alpi Carniche. *Atti d. R. Accad. dei Lincei*, ser. 5<sup>a</sup>, *Mem. d. Cl. di sc. fis., matem. e nat.*, III, p. 4-32, 10 fig., 1899.

63 bis. — I. SIMIONESCU și C. CĂDERE. Nota preliminară asupra straturilor fossilifere devonice din Dobrogea. *Anuarul Institutului geologic al României*, I, p. 361-364, 1908.

64. — P. N. WENJUKOFF. Die Fauna des devonischen Systems im nordwestlichen und centralen Russland. *Geol. Cabinet d. Kais. Univers. St. Petersb.*, 1 vol. in-8°, 292 p. (russe) + XVI p. (allemand.), 11 pl., 1886.
65. — E. HOLZAPFEL. Die Cephalopoden des Domanik im nördlichen Timan. *Mém. Comité géol.*, XII, 3, 56 p., 15 fig., 10 pl., 1899.
66. — Th. TSCHERNYSCHEW. Materialien zur Kenntniss der devonischen Ablagerungen in Russland. *Mém. Comité géol.*, I, 3, 82 p., 3 pl., 1884.
67. — Id. Die Fauna des unteren Devon am West-Abhange des Urals. *Ibid.*, III, 1, 107 p., 2 fig., 9 pl., 1885.
68. — Id. Die Fauna des mittleren und oberen Devon am West-Abhange des Urals. *Ibid.*, III, 3, 209 p., 14 pl., 1887.
69. — Id. Die Fauna des unteren Devon am Ostabhange des Urals. *Ibid.*, IV, 3, 221 p., 6 fig., 14 pl., 1893.
70. — LÖWINSOHN-LESSING. Les Ammonées de la zone à *Sporadoceras Münsteri* dans les monts Gouberlinskya Gory (gouv. d'Orenbourg), Oural méridional. *Bull. Soc. Belge Géol.*, VI, p. 15-25, pl. II, 1893.
71. — N. LEBEDEV. Die Bedeutung der Korallen in den devonischen Ablagerungen Russlands. *Mém. Comité Géol.*, XVII, 2, 189 pl., 5 p., 1902.
72. — A. STUCKENBERG. Materialien zur Kenntniss der devonischen Ablagerungen Sibiriens. *Mém. Acad. Impér. d. Sc. de St-Petersb.*, 7<sup>e</sup> sér., XXXIV, 1, 19 p., 4 pl., 1886.
73. — Th. TSCHERNYSCHEW. Materialien zur Kenntniss der devonischen Fauna des Altai's. *Verh. d. Russ. Kais. Miner. Gesellsch.*, XXX, p. 1-40, pl. I-IV, 1893.
74. — E. SUSS. Beiträge zur Stratigraphie Central-Asiens. *Denkschr. d. math.-naturw. Cl. d. Kais. Akad. d. Wiss.*, LXI, p. 431-465, pl., 12 fig., 1894.
75. — EMANUEL KAYSER. Devon-Fossilien vom Bosphorus und von der Nordküste des Marmara-Meerres. *Beitr. z. Pal. u. Geol. Oesterr.-Ung. u. d. Orient.*, XII, p. 27-41, pl. I, 1900.
76. — KARL ALPHONS PENECKE. Das Sammelerggebnis Dr. Franz Schaffer's aus dem Oberdevon von Hadschin im Antitaurus. *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst.*, LIII, p. 141-152, pl. IV-VII, 1903.
77. — F. FRECH und G. VON ARTHABER. Ueber das Paläozoicum in Hocharmenien und Persien. *Beitr. z. Pal. Oesterr.-Ung.*, XII, p. 161-308, pl. XV-XXII, 1 carte, fig. 27-52. 1900.
78. — C. A. MAC MAHON and W. H. HUDLESTON. Fossils from the Hindu Khoosh. *Geol. Magaz.*, N. S., dec. 4, IX, p. 3-8, 49-58, 3 fig., pl. II-III, 1902.
79. — G. GÜRICH. Jura- und Devon-Fossilien von White-Cliffs, Australien. Ueber eine neue Lichas-Art aus dem Devon von Neu-Süd-Wales und über die Gattung Lichas überhaupt. *N. Jahrb. f. Miner.*, Beil. Bd. XIV, p. 484-539, pl. XVIII-XX, 1901.
80. — K. BOGDANOWITSCH und C. DIENER. Ein Beitrag zur Geologie der Westküste des Ochotskischen Meerres. *Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss. in Wien, math.-Naturw. Cl.*, CIX, 1, p. 349-369, 1 pl., 1900.
81. — J. S. DILLER and CHARLES SCHUCHERT. Discovery of Devonian Rocks in California. *Amer. Journ. of Science*, 3<sup>d</sup> ser., XLVII, p. 416-422, 1894.
82. — PERCY E. RAYMOND. On the Occurrence, in the Rocky Mountains, of an Upper Devonian Fauna with Clymenia. *Amer. Journ. of Science*, 4<sup>th</sup> ser., XXIII, p. 116-122, 1 fig., 1907.
83. — J. H. WHITEAVES. The Fossils of the Devonian Rocks of the Mackenzie River Basin. *Contrib. to Canadian Palaeont.*, 1, p. 197-253, pl. XXVII-XXXII, 1891.
84. — Id. The Devonian System in Canada. *The American Geologist*, XXIV, p. 210-240, 1899.
85. — JOHN M. CLARKE. The Oriskany Fauna of Becraft Mountain, Columbia County, N. Y. *Mem. of the New York State Museum*, n° 3, 128 p., 9 pl., 1900.
86. — Id. Early Devonian History of New York and Eastern North America, I. *New York State Museum Mem.*, n° 9, 366 p., 48 pl., fig., 1908.

87. — ID. Evidences of a Coblenzian invasion in the Devonian of Eastern America. *Festschr. zum 70<sup>ten</sup> Geburtsstage v. A. v. Kaenen*, p. 359-368, 1907.

88. — ID. Limestones of Central and Western New York interbedded with Bituminous Shales of the Marcellus Stage, with notes on the nature and origin of their faunas. *New York State Museum, Bull. 49, Paleontol. Papers*, 2, p. 115-138. pl. VIII, 1901.

89. — ID. The Indigen and Alien Faunas of the New York Devonian. *Ibid.*, *Bull. 52, Paleont.* 6, p. 664-672, 1902.

90. — ID. The Naples Fauna (Fauna with *Manticoceras intumescens*) in Western New-York. *New York State Museum, Mem.* 6, p. 31-163, 199-454, 9 + 20 + 6 pl., 106 + 16 fig., 1 carte géol., 1898, 1904.

91. — HENRY WILLIAMS. The Cuboides Zone and its Fauna; a discussion of Methods of Correlation. *Bull. of the Geol. Soc. of America*, I, p. 481-500, pl. XI-XIII, 1890.

92. — ID. The Correlation of Geological Faunas, a Contribution to Devonian Paleontology. *Bull. U. S. Geol. Surv.*, 210, 147 p., 1 pl., 1903.

93. — HERDMAN FITZGERALD CLELAND. A Study of the Fauna of the Hamilton Formation of the Cayuga Lake Section in Central New-York. *Ibid.*, 206, 112 p., 3 fig., 5 pl., 1903.

94. — GUSTAV STEINMANN. Beiträge zur Geologie und Palaeontologie von Südamerika. I. ARNOLD ULRICH. Paläozoische Versteinerungen aus Bolivien. *Neues Jahrb. f. Miner.*, Beil. Bd. VIII, p. 1-116, pl. I-IV, 1892.

95. — JOHN MORRIS and DANIEL SHARPE. Description of Eight Species of Brachiopodous Shells from the Palaeozoic Rocks of the Falkland Islands. *Quart. Journ. Geol. Soc.*, II, p. 274-278, pl. X-XI, 1846.

96. — W. BODENBENDER. Beobachtungen über Devon- und Gondwana-Schichten in der Argentinischen Republik. *Zeitschr. d. D. geol. Ges.*, XLVIII, p. 743-772, 1896.

96 bis. — IVOR THOMAS. Neue Beiträge zur Kenntniss der devonischen Fauna Argentiniens. *Ibid.*, 1905, p. 233-290, pl. XI-XIV, 3 fig., 1905.

97. — LUDW. v. AMMON. Devonische Versteinerungen von Lagoinha in Matto Grosso (Brasilien). *Zeitschr. d. Ges. f. Erdk. zu Berlin*, XXVIII, p. 352-366, 5 fig., 1893.

98. — JOHN M. CLARKE. As Trilobitas do grez de Ereré e Maecurú. *Archivos do Museu Nacional de Rio de Janeiro*, IX, p. 1-58, pl. I-II, 1896.

99. — ID. The Paleozoic Faunas of Pará, Brazil. II. The Devonian Mollusca of the State of Pará. *Archivos do Museu Nac. Rio de Janeiro*, X. Édit. Angl., p. 25-100, pl. III-VIII, 1900.

100. — G. A. F. MOLENGRAAFF. Géologie de la République Sud-Africaine du Transvaal. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 4<sup>e</sup> sér., I, p. 13-92, 19 fig., pl. I-II, 1901.

101. — F. H. HATCH and G. S. CORSTORPHINE. The Geology of South Africa. 1 vol. in-8<sup>o</sup>, XIV + 348 p., 89 fig., 2 cartes. London, 1905.

102. — A. W. ROGERS. An Introduction to the Geology of Cape Colony. 1 vol. in-16, XVII + 463 p., 27 fig., 21 pl., 1 carte. London, 1905.

103. — DANIEL SHARPE and J. W. SALTER. Description of Palaeozoic Fossils from South Africa. *Trans. of the Geol. Soc. of London*, 2<sup>d</sup> ser., VII, p. 203-224, pl. XXIV-XXVII.

104. — A. C. SEWARD, R. BROOM, F. R. C. REED, PH. LAKE, FR. CHAPMAN, HENRY WOODS. Descriptions of the palaeontological material collected by the members of the Geological Survey of Cape Colony. *Annals of the South African Museum*, IV, p. 1-350, pl. I-XLIV, 1903-1906.

105. — E. H. L. SCHWARZ. South African Palaeozoic Fossils. *Records of the Albany Museum*, I, p. 347-404, pl. VI-X, 1906.

106. — E. BEYRICH. Bericht über die von Overweg auf der Reise von Tripoli nach Murzuk und von Murzuk nach Ghat gefundenen Versteinerungen. *Verh. d. Ges. f. Erdk. zu Berlin*, IX, p. 153-173, pl. I-III, 1852.

107. — G. B. M. FLAMAND. Sur la présence du Dévonien inférieur dans le Sahara occidental (Bas-Touat et Tidikelt, archipel touatien). *C. R. Ac. Sc.*, CXXXIV, p. 1322-1324, 1902.

108. — ÉMILE HAUG. Sur les fossiles dévoniens de l'Ahenet occidental recueillis par M. Noël Villatte. *C. R. Ac. Sc.*, CXLI, p. 970-972, 1905.

109. — Id. Nouvelles données paléontologiques sur le Dévonien de l'Ahenet occidental (Mission de MM. R. Chudeau et E.-F. Gautier). *Ibid.*, CXLII, p. 732-734, 1906.

110. — Id. Sur deux horizons à Céphalopodes du Dévonien supérieur dans le Sahara oranais. *Ibid.*, CXXXIII, p. 83-85, 1903.

111. — Id. Sur la structure géologique du Sahara central. *Ibid.*, CLXI, p. 374-376, 1905.

V. aussi : 0, 1, 4, 6, 9, 22; XIX, 2; XXXI, 8, 10, 11, 16, 18; XXXII, 19 bis, 27, 28, 30, 32, 33, 43; XXXIII, 5, 29, 38, 39, 43, 48, 49 bis, 55, 58-60, 63, 68, 72, 78, 80; XXXV, 9.

## CHAPITRE XXXV

### PÉRIODE ANTHRACOLITHIQUE

- 1° Caractères généraux : Caractères paléontologiques — Principaux faciès. — Délimitation et subdivisions.
- 2° Répartition géographique et principaux types du Carbonifère : Russie et Europe boréale. — Europe calédonienne. — Europe hercynienne. — Afrique septentrionale. — Asie centrale et orientale. — Amérique du Nord. — Amérique centrale et méridionale. — Australie.
- 3° Répartition géographique et principaux types du Permien : Europe boréale et orientale. — Europe septentrionale et centrale. — Régions alpines et méditerranéennes. — Asie. — Amérique du Nord. — Hémisphère sud et Inde péninsulaire.
- 4° Résultats généraux : Résultats paléogéographiques. — Provinces zoologiques. — Provinces botaniques. — Climat. — Mouvements orogéniques et épigéniques. — Phénomènes volcaniques et métamorphisme.

Nous réunissons ici, pour la commodité de l'étude, en un système unique les deux termes que, sous les noms de *Carbonifère* et de *Permien*, la plupart des géologues considèrent comme deux systèmes distincts.

Le terme de Carbonifère a été introduit, dès 1822, dans la nomenclature géologique par Conybeare [1] pour désigner les formations qui, en Angleterre, renferment le charbon de terre.

Le nom de Permien (de Perm, en Russie) fut proposé en 1841 par Murchison [2, 3] pour un ensemble faisant suite au Carbonifère, qui, dès 1822, avait reçu d'Omalius d'Halloy le nom de *Pénéen*, destiné à rappeler sa pauvreté en fossiles, d'ailleurs toute locale. En 1859, J. Marcou [4] appelait à son tour le même terrain *Dyas*, par opposition au Trias, qui se trouve au-dessus, et pour indiquer sa division en deux termes, le *Rothliegende* et le *Zechstein*, de l'ancienne classification lithologique de Werner. Dans la plupart des pays le nom de Permien est aujourd'hui d'un usage tout à fait général.

Le Carbonifère et le Permien présentent tant de caractères paléontologiques communs, que plusieurs auteurs ont proposé de réunir les

deux termes en un système unique, soit sous le nom de *Permo-Carbonifère*, qui prête à équivoque, puisqu'il a servi également à désigner des couches de passage entre le Carbonifère et le Permien, soit sous le nom d'*Anthracolithique*, proposé par W. Waagen en 1891 [124].

#### 1° CARACTÈRES GÉNÉRAUX

CARACTÈRES PALÉONTOLOGIQUES. — Aucune période de l'histoire du Globe ne peut être comparée à la période Anthracolithique pour la variété de sa flore et la richesse de ses dépôts en restes de Végétaux terrestres. Grâce à des conditions de fossilisation particulièrement favorables on a pu faire sur des Végétaux anthracolithiques certaines découvertes anatomiques d'une portée générale, avant même de faire des observations semblables sur des Végétaux actuels. La végétation de l'époque acquiert en outre une importance capitale par le rôle qu'elle joue dans la formation de la houille. Enfin, les flores successives sont caractérisées par des associations d'espèces suffisamment constantes pour que l'on ait pu en tirer un très grand parti dans l'établissement de niveaux paléontologiques dans le système Anthracolithique. A tous ces titres, la connaissance de la flore du Carbonifère et du Permien prend un intérêt au moins aussi considérable que celle de la faune.

La végétation marine de l'époque Anthracolithique est à peine connue, on a décrit cependant parmi les Algues calcaires quelques rares *Codiacées* (*Sphærocodium*) et *Dasycladées* (*Diplopora* du Permien).

La flore terrestre comprend des Cryptogames vasculaires et des Gymnospermes. Chacun des deux embranchements est représenté à la fois par des classes éteintes, qui en général ne survivent pas à la fin de l'ère Primaire, et par des classes vivant encore de nos jours. Renvoyant aux traités de Paléontologie végétale [XXX, 4, 6] pour tout ce qui concerne les particularités de leur organisation, nous ne pouvons donner ici qu'une énumération des principaux types, en nous basant sur la classification employée par R. Zeiller dans ses *Éléments*.

#### CRYPTOGAMES VASCULAIRES

##### FILICINÉES <sup>1</sup> :

a) Genres établis sur des frondes fertiles.

*Marattiacées* : *Dactylothea*, *Renaultia*, *Asterothea*, *Scolecopteris*, *Danaeites*, *Crossothea*, *Calymmatothea*, etc.

1. La classification des Fougères fossiles, si l'on fait abstraction des 4 premières familles mentionnées ci-dessus, est basée à peu près exclusivement sur les frondes stériles, elle est donc essentiellement artificielle et provisoire. De plus, il est à peu près impossible, dans l'état actuel de nos connaissances, de faire, parmi les genres décrits primitivement comme Fougères, le départ entre ceux qui sont de véritables Filicinées et ceux qui appartiennent au nouvel ordre des Ptéridospermées, qui sont des Gymnospermes à aspect extérieur des Fougères, ou, en d'autres termes, des Fougères à graines.

Osmundacées : *Kidstonia*, *Senftenbergia*.

Gleicheniacées : *Oligocarpia*.

Bothryoptéridées : *Bothryopteris*, *Zygopteris*, etc.

b) Genres établis sur des frondes stériles.

Sphénoptéridées : *Sphenopteris*, *Rhodea*, *Palmaopteris*, *Diplomema*.

Pécoptéridées : *Pecopteris*, *Callipteridium*, *Callipteris*, *Mariopteris*, *Alethopteris*.

Odontoptéridées : *Odontopteris*.

Névroptéridées : *Adiantites*, *Archæopteris*, *Rhacopteris*, *Nevropteris*, *Linopteris*.

Tenioptéridées : *Teniopteris*, *Megalopteris*, *Lesleya*.

Dietyoptéridées : *Glossopteris* (*Vertebraria*), *Gangamopteris*.

c) Genres basés sur des tiges et des pétioles.

*Psaronius*, *Cladoxylon*, *Heterangium*, *Lyginopteris*, *Calamopitys*, *Medullosa*, etc.

SPHÉNOPHYLLÉES. *Sphenophyllum*.

ÉQUISÉTINÉES. *Equisetum*, *Calamites*, *Arthropitys*, *Calamodendron*, *Asterocalamites*, *Asterophyllites*, *Annularia*.

LYCOPODINÉES.

LÉPIDODENDRÉES. *Lepidodendron* (*Bergeria*, *Aspidiaria*, *Knorria*, *Lyginodendron*, *Aspidopsis* <sup>1)</sup>), *Lepidophloios*, *Lepidophyllum*, *Ulodendron*, *Bothrodendron*, *Omphalophloios*.

SIGILLARIÉES. *Sigillaria* (*Sigillariostrobus*, *Stigmaria* <sup>2)</sup>).

## GYMNOSPERMES

CORDAÏTÉES. *Cordaites*, *Dorycordaites*, *Poacordaites*.

PTÉRIDOSPERMÉES (v. FILICINÉES, b, c).

CYCADINÉES. *Næggerathia*.

SALISBURIÉES. *Gingko*, *Whittlesya*, *Rhipidopsis*, *Gingkophyllum*, *Baieria*, *Dicranophyllum*.

CONIFÈRES. *Walchia* (pl. LXXXIX, 1), *Gomphostrobus*, *Illmannia*.

Passons maintenant à l'énumération des principaux représentants de la faune.

## PROTOZOAIRES

FORAMINIFÈRES : *Lagenidæ*, *Textularidæ*, *Rotalidæ*, *Fusulinidæ* (*Fusulinella*, *Fusulina*, *Schwagerina*, *Doliolina*, *Neoschwagerina*, *Sumatrina*) (pl. LXXXIII).

RADIOLAIRES.

SPONGIAIRES.

a) MONACTINELLIDÉS (*Renieria*, *Azinella*, *Haplition*);

b) TETRACTINELLIDÉS;

c) LITHISTIDÉS : *Megamorina* (*Doryderma*), *Rhizomorina* (*Cnemidiastrum*);

d) HEXACTINELLIDÉS : *Holasterella*, *Troliasterella*, *Asteractinella*, etc.

e) CALCISPONGIÉS : *Peronidella*.

## COÉLÉNTÉRÉS

a) ANTHOZOAIRES. TABULÉS : *Michelinia*, *Chætetes*.

TÉTACORALLIAIRES :

*Cyathaxonia*, *Zaphrentis*, *Amplexus*, *Menophyllum*, *Pentaphyllum*, *Lithostrotion*, *Lonsdaleia*

OCTOCORALLIAIRES :

*Cladochonus*, *Syringopora*.

b) HYDROZOAIRES. *Stromatoporoïdés* : *Carterina*, *Disjectopora*, etc.

## ÉCHINODERMES

a) PELMATOZOAIRES. CRINOÏDÉS :

*Allagecrinus*, *Symbathocrinus*, *Platycrinus*, *Dichocrinus*, *Actinocrinus*, *Physetocrinus*, *Bato-*  
*crinus*, *Cyathocrinus*, *Poteroicrinus*, *Scaphiocrinus*, *Stemmatocrinus*, *Mespilocrinus*.

1. États de décortication de plus en plus avancés de *Lepidodendron*.

2. Les *Stigmaria* sont des racines de *Sigillaria* et de *Lepidodendron*.

## CYSTOÏDES :

*Hypocrinus, Lepadocrinus.*

## BLASTOÏDES :

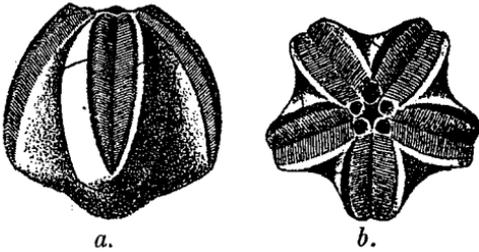
*Pentremites* (fig. 254), *Mesoblastus, Granatocrinus, Codaster, Orophocrinus.*

Fig. 254. — *Pentremites sulcatus*. Dinantien, Illinois (d'après FERD. ROEMER).

a, vue latérale; b, face supérieure.

b) ÉCHINOZOAIRES. ASTÉROÏDES.

*Ophiuridés : Onychaster.**Astéridés : Archasterias.*

ÉCHINOÏDES.

*Gnathostomes endocyles holostomes.**Polyplacidés : Palæechinus, Melonites, etc.**Tétraplacidés : Archæocidaris, Perischodomus.**Diplacidés : Cidaris.**Glyphostomes. Diadématidés : Hypodiadema.*

## VERS

ANNÉLIDES : *Spirorbis.*

## VERMIDIENS

a) BRYOZOAIRES. *Batostomellidæ* (*Batostomella, Stenopora*), *Rhabdomesodontidæ* (*Bactropora, Cæloconus*), *Fenestellidæ* (*Fenestella* [pl. LXXXIV, 1], *Archimedes, Lyropora*); *Acanthocladiidæ* (*Septopora, Acanthocladia*).

b) BRACHIOPODES. INARTICULÉS :

*Lingulidæ, Discinidæ, Craniidæ.*

ARTICULÉS :

*Strophomenidæ* (*Leptaena, Ortholhetes, Derbya, Streptorhynchus, Meekella*), *Thecideidæ* (*Lyttonia, Oldhamina*), *Productidæ* (*Chonetes, Chonetella, Chonopectus, Strophalosia, Autosteges, Productus* [fig. 254 bis], *Eltheridgina*), *Richthofenidæ* (*Richthofenia*), *Orthidæ* (*Rhipidomella, Schizophoria, Enteles*), *Pentameridæ* (*Camarophoria, Camarophorella*), *Rhynchonellidæ* (*Camarotoechia, Liorhynchus, Rhynchopora*), *Terebratulidæ* (*Cryptonella, Harttina, Dielasma, Beecheria, Hemiptychina*), *Terebratellidæ, Spiriferidæ* (*Cyrtina, Spiriferina, Spirifer, Syringothyris, Athyridæ* (*Hustedia, Eumetria, Athyris, Spirigerella*).

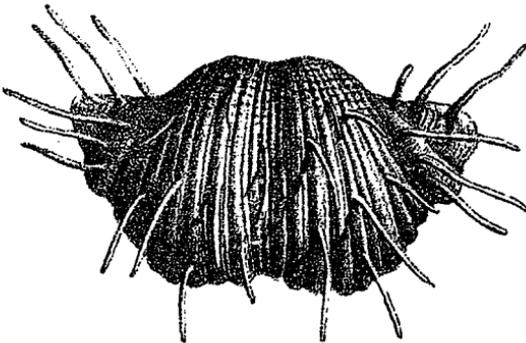


Fig. 254 bis. — *Productus costatus*. Dinantien, Écosse (d'après TH. DAVIDSON).

*Bakewellia, Pseudomonotis, Posidonomya* (fig. 255), *Aviculopecten, Crenipecten, Eospondylus.*

SCHIZODONTES :

*Schizodus.*

EULAMELLIBRANCHES :

*Anthracosia, Carbonicola, Pleurophorus, Protoschizodus.*b) SCAPHOPODES. *Entalis, Plagiogypta.*c) POLYPLACOPHORES. *Cryphochiton, Pterochiton, Cymatochiton, Chonechiton, Loricites.*d) Position douteuse. *Conularia.*e) GASTÉROPODES. *Pleurotomariidæ, Bellerophonidæ, Fissurellidæ, Euomphalidæ, Tur-*

## MOLLUSQUES

a) LAMELLIBRANCHES

[20]. PALÉOCONQUES :

*Clinopistha, Sanguinolites,**Edmondia, Conocardium.*

TAXODONTES :

*Nucula, Leda, Parallelodon,**Grammatodon, Carbonarca.*

ANISOMYAIRES :

*Pterinea, Aviculopinna,*

*binidæ, Trochidæ, Pyramidellidæ, Scalaridæ, Littorinidæ, Capulidæ, Vermetidæ, Helicidæ, Pupidæ, etc.*

f) CÉPHALOPODES. NAUTILOÏDÉS.

*Orthoceras, Cælonautilus, Subclymenia, Vestinautilus, Discitoceras, Temnochilus, Koninckoceras, Solenochilus, Pteronautilus, Acanthonautilus.*

AMMONOÏDÉS [9].

*Anarcesidæ (Aganides, Gonioloboceras), Glyphioceratidæ (Glyphioceras, Pericyclus, Münsteroceras, Goniatites, Gastrioceras, Paralegoceras, Schistoceras, Agathiceras, Adrianites), Arcesidæ (Shumardites, Stacheoceras, Waagenoceras, Cyclobolus, Hyatloceras, Popanoceras), Agoniatitidæ (Agoniatites), Dimorphoceratidæ (Dimorphoceras, Thalassoceras), Gephyroceratidæ (Nomismoceras, Prodromites, Neococeras), Prolecanitidæ (Prolecanites, Pronorites, Sicanites, Medicollia, Propinacoceras, Daraelites, Schuchertites).*

ARTHROPODES

a) CRUSTACÉS. PYLLOPODES : *Leaia, Estheria.*

OSTRACODES : *Cypridina, Cypridinella, Bairdia.*

GIGANTOSTRACÉS : *Eurypterus.*

XIPHOSURES : *Cyclus, Belinurus, Prestwichia.*

TRILOBITES : *Proetidæ : Proetus, Phillipsia* (s. g. *Griffithides, Pseudophillipsia, Brachymetopus*).

PHYLLOCARIDÉS : *Acanthocaris, Colpocaris, Macrocaris, Tropidocaris, Chænocaris.*

SCHIZOPODES : *Pygocephalus, Archæocaris, Anthracopalæmon, Palæopemphix, Paraprosopon, Oonocarcinus, Palæocaris, Uronecles, Nectolston.*

AMPHIPODES : *Diplostylus, Palæorchestias, Bostrichopus.*

ISOPODES : *Arthropleura.*

b) ARACHNIDES. ANTHRACOMARTI (nombreux genres).

SCORPIONES (*Eoscorpius, Cyclophthalmus*).

ARANEAE (*Hemiphrynus, Promygalæ, Arthrolycosa, Protolycosa*).

c) MYRIAPODES. *Palæocampa, Eupoberia, Acantherpestes, Pleurojulus, Glomeropsis.*

d) INSECTES. APTÈRES : *Dasypellus.*

ORTHOPÈRES (genres très nombreux).

NEUROPTÈRES (id.).

HÉMIPTÈRES : *Fulgorina, Dictyocicada, Mecynostoma, Phthanocoris, Eugereon.*

VERTÉBRÉS

POISSONS. SÉLAGIENS. *Pleuroptérygiens : Cladodus; Acanthodiens : Acanthodes, Acanthodopsis; Prosélagiens : Pleuracanthus (Diplodus); Plagiostomes : Orodus, Campodus, Edestes, Helicoplax, Tristychius, Sphenacanthus, Coehliodus, Streptodus, Sandalodus, Psephodus, Pleuroplax, Menaspis, Psammodus, Copodus, Petalodus, Janassa, Ctenoptychius, Callopristodus.*

DIPNEUSTES. *Uronemus, Conchopoma, Ctenodus, Lagenodus.*

GANOÏDES. *Crossoptérygiens : Rhizodus, Strepsodus, Rhizodopsis, Megalichthys, Cælacanthus; Hétérocerques : Amblypterus, Eurylepis, Palæoniscus, Elonichthys, Acrolepis, Eurynotus, Cheirodus, Platysomus.*

AMPHIBIENS. STÉGOCÉPHALES. *Phyllospondyles : Branchiosaurus (Protriton) (pl. LXXXIX, 2, 3), Melanerpelon;*

*Lépospondyles : Hypoplesion, Hylonomus, Seeleya, Urocordylus, Acanthostoma, Dolichosoma, Ophiderpeton.*

*Temnospondyles : Archegosaurus, Actinodon, Eryops, Cricotus, Bothriceps.*

*Stéréospondyles : Anthracosaurus, Loxomma.*

REPTILES. RHYNCHOCÉPHALES.

*Sauravus, Palæohatteria, Proterosaurus, Callibrachion.*

THÉROMORPHES.

*Pareiasaurus, Pariotichus, Empedias, Deuterosaurus, Rhopalodon.*

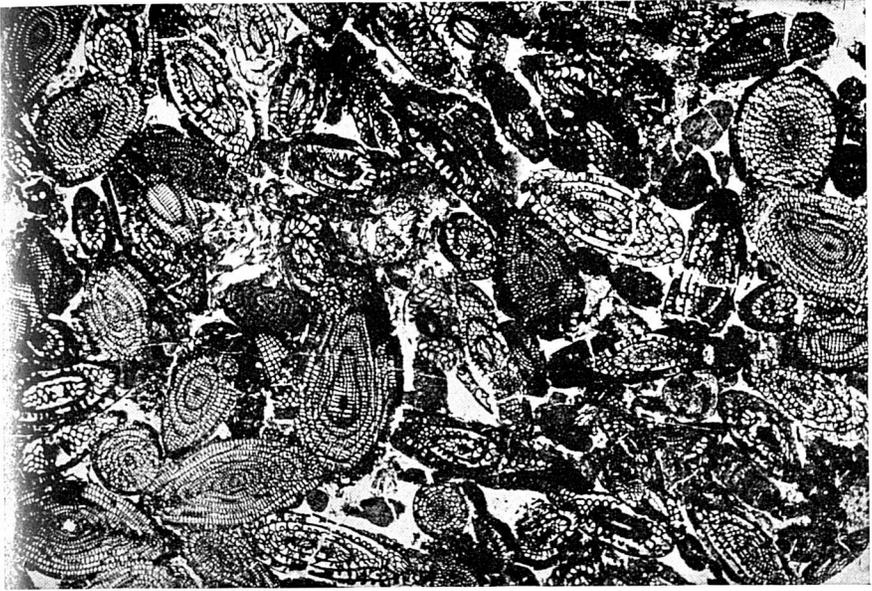


Fig. 255. — *Posidonomya Becheri*. Schistes viséens (Culm), Herbhorn, Nassau (d'après FERD. RÖEMER).

Si nous cherchons à résumer cette longue liste, qui met bien en évidence la grande richesse et l'extrême variété de la faune anthracolithique, nous constatons tout d'abord la présence d'un certain nombre de genres qui lui sont particuliers et dont voici quelques exemples : parmi les Zoanthaires, *Lithostrotion*, *Lonsdaleia*; parmi les Octocoralliaires, *Cladochonus*; parmi les Échinides, *Melonites*, *Archæocidaris*; parmi les Bryozoaires, *Archimedes*; parmi les Brachiopodes, *Productus*; parmi les Lamellibranches, *Anthracosia*; parmi les Nautiloïdés, *Subclymenia*, *Vestinautilus*, *Discitoceras*; parmi les Ammonoïdés, *Glyphioceras*, *Gastrioceras*, *Dimorphoceras*, *Nomismoceras*, *Pronorites*; parmi les Isopodes, *Arthropleura*; parmi les Poissons, *Pleuracanthus*, *Cœlacanthus*, *Platysomus*, etc. Il existe aussi quelques familles et un petit nombre d'ordres qui se rencontrent exclusivement dans les dépôts de la période Anthracolithique. Tels sont les *Fusulinidæ*, les *Richthofeniidæ*, les *Glyphioceratidæ*, les *Anthracomarti*, les Stégocéphales, à l'exception toutefois des Stéréospondyles, qui s'élèvent dans le Trias. En outre, plusieurs familles et quelques ordres atteignent leur apogée à la période Anthracolithique : les Crinoïdes de l'ordre des *Camerata*, les Blastoïdés, les Échinides Polyplacidés et Tétraplacidés, les *Fenestellidæ*, les *Productidæ*, les *Bellerophontidæ*, les *Euomphalidæ*, les Nautiloïdés à enroulement en spirale, les *Prolecanitidæ*, les Isopodes (maximum de taille chez *Arthropleura*), les Myriapodes (maximum de taille chez *Acantherpestes*), les *Cestraciontidæ*, les *Cœlacanthidæ*. Il faudrait ajouter encore à ces groupes du règne animal les diverses classes de Cryptogames vasculaires et, sauf peut-être de rares exceptions dans les terrains secondaires, celles des Cordaïtées et des Ptéridospermées, parmi les Gymnospermes.

Les apparitions de classes, d'ordres ou même de familles nouvelles, si l'on fait abstraction de celles qui sont cantonnées dans la période Anthracolithique, sont peu nombreuses. Citons les *Thecideidæ*, parmi les Brachiopodes; les *Parallelodontidæ*, les *Limidæ*, parmi les Lamellibranches; les *Fissurellidæ*, les *Vermetidæ*, les *Actæonidæ*, les Pulmonés, parmi les Gastéropodes; les *Arcestidæ*, parmi les Ammonoïdés; les Schizopodes, parmi les Crustacés. Mais le fait paléontologique incontestablement le plus important c'est l'apparition des premiers Vertébrés quadrupèdes, représentés non seulement par les Stégocéphales, mais encore par de véritables Reptiles, dont on connaît maintenant une espèce dans le Carbonifère supérieur de Blanzv (Saône-et-Loire), *Sauravus Costei*, que Thevenin a décrite.

Plusieurs classes, ordres ou familles sont en décroissance très accen-



D'après H. Douvillé.

PLAQUE MINCE DE CALCAIRE A FUSULINES PERMIENS de Pong-Oua, Laos (4 gr. nat.) avec *Fusulina* (cloisons plissées et plis contrariés), *Neoschwagerina globosa* (double système de cloisons, fausses cloisons et côtes orthogonales) et *Sumatrina Annæ* (grand réseau alvéolaire constituant la lame spirale).



SURFACE POLIE  
des mêmes calcaires  
légèrement grossie.



Clichés H. Ragot.

CALCAIRE A FUSULINES OURALIENS (gr. nat.)  
Tsarey Kourgan, gouvernement de Samara (Russie).



Cliché H. Ragot.

*Fenestella.*  
Schistes tournaisiens.  
Tournai (Hainaut).



Cliché H. Ragot.

*Orthothetes crenistria, Chonetes.*  
Schistes tournaisiens.  
Tournai (Hainaut).

tuée : les Tabulés, les Stromatoporoidés, les Cystoïdés (2 genres), les Gigantostacés, les Trilobitès, réduits à la seule famille des *Proetidæ* (2 genres, plusieurs sous-genres), les Phyllocaridés.

Les Placodermes ont entièrement disparu. Il en est de même des *Anarcestidæ*, des *Phacopidæ*, des *Atrypidæ*, des genres *Tentaculites*, *Receptaculites*, etc.

PRINCIPAUX FACIÈS. — Pour la première fois, dans l'histoire des périodes géologiques, les *formations continentales* proprement dites jouent un rôle tant soit peu important. Nous connaissons au Carbonifère et au Permien de véritables formations d'eau douce, lacustres ou fluviales, avec les premiers Gastéropodes Pulmonés terrestres et des Insectes en très grand nombre. Une partie tout au moins des formations houillères doivent leur origine soit au charriage de débris végétaux dans des lacs (*formations allochtones*), soit à la décomposition sur place d'une végétation de marais (*formations autochtones*, v. chap. X).

Les schistes et les grès qui renferment des squelettes de Stégocéphales ou de Reptiles, ou, par milliers, des carapaces d'Ostracodes et de Phyllopes d'eau douce, rentrent également dans la catégorie des formations lacustres.

L'existence de *formations glaciaires* datant de la période Anthracolithique n'est plus guère contestée.

Les *formations lagunaires* sont représentées par certains grès rouges, par des schistes à Poissons, par des argiles rouges et vertes, souvent accompagnées de couches de gypse et de sel gemme, ou, comme à Stassfurt, de sels déliquescents.

Les formations marines carbonifères et permienes qui sont actuellement accessibles à notre investigation correspondent presque toutes à une sédimentation dans des eaux peu profondes et appartiennent par conséquent aux *formations néritiques*. On peut citer comme exemple : les conglomérats, les grès grossiers d'origine marine, tels que le *Hillstone grit* d'Angleterre; les calcaires zoogènes constitués par des gros Foraminifères (*Fusulina*, *Schwagerina*, *Doliolina*) (pl. LXXXIII), par des Brachiopodes (calcaires à *Productus*) (pl. LXXXVII), par des Zoanthaires ou des Bryozoaires, par des Crinoïdes, enfin les calcaires oolithiques et des calcaires pulvérulents analogues à la craie.

Il convient, par contre, de classer dans les *formations bathyales* les schistes et les grès fins schisteux à Goniatites et à Posidonomyes, les ampélites avec nodules calcaires à Goniatites, les marnes à Céphalopodes, même lorsque celles-ci renferment en grand nombre des

Brachiopodes sans pédoncule, tels que les *Productus*, qui sont particulièrement bien organisés pour vivre dans la vase, grâce à leur valve ventrale fortement bombée.

Lorsque ces formations bathyales alternent régulièrement avec des couches de houille, il y a lieu d'attribuer une origine marine à cette houille, comme on l'a vu précédemment. Nous aurons, dans chaque cas particulier, à nous poser la question de l'origine autochtone ou allochtone, lacustre ou marine d'une série houillère déterminée. Dans tous les cas, la présence de houille et d'empreintes végétales dans un dépôt ne permet pas d'affirmer *a priori* l'origine continentale de ce dépôt.

Seuls de tous les sédiments carbonifères, les phanites à Radio-laires et à Spongiaires siliceux peuvent être classées avec une certaine vraisemblance dans les *formations abyssales*.

DÉLIMITATION ET SUBDIVISIONS. — Contrairement à ce qui a lieu pour la limite inférieure du Dévonien, celle du Carbonifère n'est pas marquée, dans les régions classiques de la Grande-Bretagne et de la Belgique, par une discordance. Il y a concordance complète entre le Dévonien et le Carbonifère et la limite des deux systèmes est purement conventionnelle, car le remplacement d'une faune par l'autre se fait d'une manière tout à fait insensible.

C'est ce qui a lieu par exemple dans l'Ardenne, où les couches d'Etrœungt constituent un terme de passage entre les deux systèmes. Elles font suite à une série de couches famenniennes, où l'on voit apparaître, à mesure que l'on s'élève, un nombre croissant d'espèces carbonifères. Elles sont elles-mêmes caractérisées par un singulier mélange d'espèces dévoniennes, telles que *Spirifer Verneuli*, *Athyris concentrica*, *Rhynchonella letiensis*, *Orthis arcuata*, *Phacops latifrons*, et d'espèces carbonifères, d'ailleurs prédominantes, comme *Spirifer tornacensis*, *Sp. distans*, *Athyris Roissyi*, *Terebratula hastata*, *Orthis striatula*, *Orthothetes crenistria*, *Leptaena rhomboidalis*, *Productus scabriculus* [XXXIV, 19].

Ce n'est que dans un petit nombre de régions que le Carbonifère inférieur est discordant sur le Dévonien ou tout au moins transgressif par rapport à lui. On peut citer les environs de Laval, quelques points de l'Allemagne centrale et l'Australie. D'ailleurs, lorsque cette transgressivité se produit, il est rare que la première zone du Carbonifère soit représentée.

Dans ces conditions, il est nécessaire d'avoir un critérium paléontologique pour déterminer la limite inférieure du Carbonifère. On

peut considérer comme tel l'apparition des véritables *Productus*, mais la distinction de ce genre et de *Productella* est souvent bien précaire. L'apparition brusque, exactement au début du Carbonifère, du phylum des *Glyphioceratidæ* et en particulier du genre *Pericyclus*, essentiellement cryptogène, fournit un point de repère beaucoup plus précis.

La délimitation du Carbonifère et du Permien est non moins difficile à réaliser d'une manière satisfaisante.

La concordance entre les deux systèmes ou sous-systèmes est en général parfaite, comme par exemple dans les Vosges, dans le Plateau Central, en Bohême, pour ne parler que de l'Europe occidentale. Sur le versant ouest de l'Oural on a observé une légère discordance du terme inférieur du Permien sur le Carbonifère supérieur. Ailleurs, lorsqu'il y a discordance entre le Permien et le Carbonifère, c'est que le Permien inférieur manque, comme en Angleterre.

Depuis que Thevenin a décrit un véritable Reptile du Carbonifère supérieur, le principal élément permettant de distinguer le Carbonifère du Permien fait défaut. On peut au besoin caractériser le Permien par la présence d'un Ammonoïdé, le genre *Medlicottia*, qui s'y rencontre exclusivement et que l'on retrouve du bas au haut de la série; mais ce genre dérive directement d'un genre carbonifère et, de plus, il est totalement inconnu dans les régions, classiques pour l'étude du Permien, de l'Europe centrale.

Dans ces conditions, la réunion du Carbonifère et du Permien en un système Anthracolithique paraît tout à fait légitime. On a même pu se demander s'il n'y avait pas lieu de renoncer entièrement à la division de ce grand système en deux sous-systèmes et s'il n'était pas préférable de le couper en trois groupes, comprenant chacun deux étages. Pour répondre à cette question, il est nécessaire de rechercher les relations stratigraphiques que présentent entre eux les étages que l'on a distingués dans le Carbonifère et dans le Permien.

Depuis longtemps on a mis à part, à la base du Carbonifère, un terme qui est marin en Angleterre et en Belgique, plus rarement continental et désigné alors sous le nom impropre de *Culm*. C'est le *Mountain Limestone* des anciennes classifications, que l'on opposait au terrain *Howiller* proprement dit, aux *Coal Measures* des Anglais, au *Productives Kohlengebirge* des Allemands. C'est l'*Anthracifère* ou le *Subcarbonifère* de certains auteurs. Dans la nomenclature qui fait usage de noms géographiques, c'est le *Bernicien* de Woodward, le *Mississipien* de Williams, le *Dinantien* d'A. de Lapparent. Ce dernier nom a prévalu, car le Bernicien n'a jamais été bien défini et le

nom de Mississipien, souvent en usage en Amérique, avait été employé antérieurement dans un sens tout différent (= Cambrien) par Marcou.

La nécessité de diviser le terrain Houiller des anciens auteurs en deux étages distincts s'est imposée aux géologues russes [8], qui s'étaient trouvés en présence de formations marines sans houille. Nikitin a proposé en 1890 le nom de *Moscovien* pour le terme inférieur, celui de *Gshélien* pour le terme supérieur. Toutefois le nom d'*Ouralien* de Lapparent doit être préféré à ce dernier, car les dolomies de Gshel ne représentent qu'une partie du Carbonifère supérieur. Les équivalents continentaux de ces deux termes ont reçu les noms de *Westphalien* (A. de Lapparent, 1893) et de *Stéphanien* (Mayer-Eymar, 1878), d'un usage assez courant aujourd'hui, au moins en France.

Le Permien a été divisé dès 1874 en trois termes, l'*Artinskien*, de Karpinsky, le *Lodévien* et le *Thuringien*, de Renevier. L'équivalent continental de l'Artinskien est l'*Autunien*, de Munier-Chalmas et de Lapparent. Le type du Lodévien est continental, de même que celui de son synonyme, le *Saxonien*. Mais le nom de *Penjabien*, proposé par Munier-Chalmas et de Lapparent pour désigner le type marin du Permien moyen, ne peut être conservé, étant donnée l'incertitude qui règne sur l'âge exact des couches qui ont servi de type pour la création de cet étage. L'introduction d'un nouveau nom s'imposera un jour, lorsque les parallélismes seront établis sur des bases plus sérieuses.

Ces six étages, dont l'ensemble constitue le système Anthracolithique, correspondent chacun à une distribution différente des terres et des mers et cette indépendance stratigraphique qu'ils présentent les uns par rapport aux autres permet de les délimiter. Le *Moscovien* est séparé du *Dinantien* par une discordance en Silésie, en d'autres endroits il est transgressif et le *Dinantien* fait défaut, comme par exemple au Timan, dans le Sahara central, dans le Nord de la Chine.

Le *Stéphanien* est discordant sur les terrains antérieurs en de nombreuses régions de l'Europe centrale. Son équivalent marin, l'*Ouralien*, est transgressif dans les Alpes orientales et dans une grande partie de l'Asie.

Nous avons vu déjà que l'*Artinskien* est transgressif dans l'Oural occidental et que le Permien moyen est discordant sur le Carbonifère en Angleterre. Le *Thuringien* est, lui aussi, transgressif en Thuringe, ainsi que dans le Harz occidental et méridional.

Enfin, le Thuringien ne supporte que rarement en discordance le Trias inférieur, comme par exemple dans les Vosges méridionales et dans l'Ouest du Plateau Central. Presque toujours le Permien et le Trias sont concordants, qu'il s'agisse de formations lagunaires, comme dans l'Allemagne du Nord, continentales, comme dans l'Afrique centrale et dans l'Inde péninsulaire, marines, comme dans l'Himalaya, dans la Salt Range et dans l'Ouest de l'Amérique du Nord.

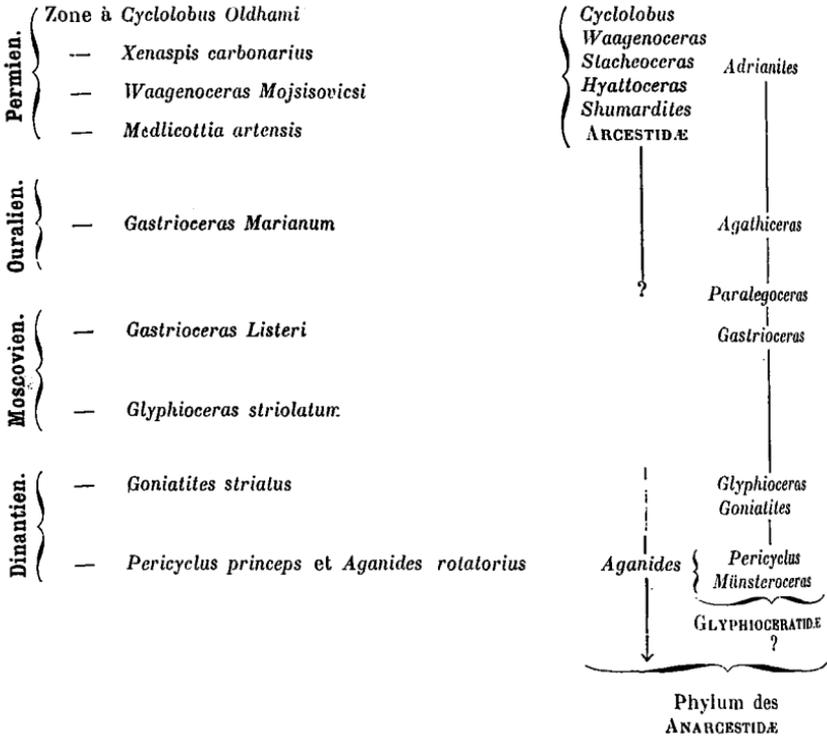
L'importance des deux transgressions ouralienne (ou stéphanienne) et saxonnienne et la fréquence d'une continuité parfaite entre l'Ouralien et l'Artinskien, le Stéphanien et l'Autunien, militeraient en faveur d'une division du système Anthracolithique en trois groupes; mais on verra que la transgression ouralienne est localisée dans les géosynclinaux, qu'elle est en relation avec des mouvements orogéniques et qu'il en est probablement de même de la transgression saxonnienne, d'ailleurs beaucoup moins importante. Dans ces conditions, puisque nous établissons nos coupures stratigraphiques sur les transgressions dans les aires continentales, nous conserverons de préférence la limite du Carbonifère et du Permien généralement en usage.

Le tableau ci-dessous permet de se rendre compte de la concordance entre les deux classifications auxquelles on est conduit suivant que l'on fait appel aux relations stratigraphiques des étages dans les aires continentales ou dans les régions géosynclinales.

Permien.	{ THURINGIEN. SAXONIEN.	{ Supérieur. }	} Système Anthracolithique.
	{ ARTINSKIEN (AUTUNIEN). OURALIEN (STÉPHANIEN).	{ Moyen. }	
Carbonifère.	{ MOSCOVIEN (WESTPHALIEN). DINANTIEN.	{ Inférieur. }	

Il n'est guère possible de caractériser chacun de ces étages par un ensemble d'espèces appartenant à divers groupes d'Invertébrés et constituant une faune distincte de celle des étages voisins. Il est rare, notamment en ce qui concerne les Brachiopodes, qui prédominent presque toujours comme nombre d'individus, qu'une espèce donnée soit cantonnée à un niveau précis et qu'elle ne passe pas d'un étage dans le suivant; quelques-unes traversent même toute la série Anthracolithique sans se modifier. Les Zoanthaires, les Lamellibranches, les Gastéropodes donnent des résultats encore moins satisfaisants. Les Trilobites sont en général trop rares pour être utilisés dans la classification et leur répartition verticale est encore mal connue. Quant aux Ammonoïdés, leur évolution est trop con-

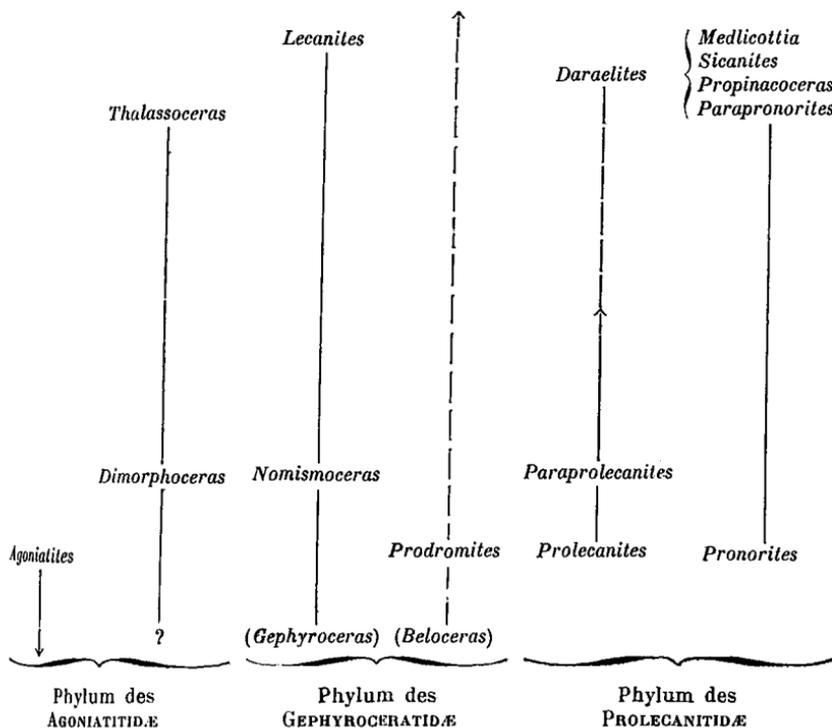
tinue à travers toute la période pour que leur distribution puisse fournir des limites tranchées entre les étages successifs. Contrairement à ce qui a lieu à deux reprises au Dévonien, à aucun moment la faune ne se renouvelle par apparition brusque d'un grand nombre de types cryptogènes, si ce n'est au milieu du Dinantien. Cet étage a vu apparaître successivement deux faunes assez différentes, ce qui



justifie sa division en deux sous-étages, le *Tournaisien* et le *Viséen*, basés d'ailleurs primitivement sur des types locaux du Carbonifère belge.

Les essais qui ont été tentés en vue d'établir des *zones paléontologiques* dans le système Anthracolithique et dans le Carbonifère en particulier, en se basant sur des Invertébrés autres que les Ammonites, n'offrent qu'un intérêt local. En revanche, il est possible dès à présent d'établir, au moins dans le Carbonifère, une succession de zones, caractérisées chacune par une ou plusieurs espèces d'Ammonites, dont la répartition géographique est suffisamment étendue pour permettre de synchroniser des couches à grande distance. C'est ainsi que la série des zones proposée par l'auteur pour le Carboni-

rière d'Europe [9] a pu être appliquée sans aucune modification par Perrin Smith [10] à celui des États-Unis. Pour le Permien, les zones dont nous ferons usage ici doivent encore être considérées comme provisoires. Le tableau ci-dessous donne à la fois la succession des zones pour l'ensemble de la période Anthracolithique et la filiation des genres d'Ammonoïdés, avec leur répartition verticale.



On voit que tous les phylums que nous avons pu distinguer parmi les Ammonoïdés du Dévonien se retrouvent au Carbonifère. Celui des *Anarcestidæ* n'est toutefois représenté que par l'unique genre *Aganides*, qui passe du Dévonien supérieur dans le Dinantien. Mais il est remplacé par une famille, celle des *Glyphioceratidæ* (fig. 256), dont l'origine, comme le montre l'évolution individuelle de ses représentants, doit être certainement cherchée dans les *Anarcestidæ* dévoniens, quoique les formes de passage soient encore inconnues. Les premiers *Glyphioceratidæ* apparaissent brusquement, soit dans le Tournaisien, comme *Pericyclus* et *Münsteroceras*, soit dans le Viséen, comme *Glyphioceras* et *Goniatites*. Puis viennent successivement *Gastrioceras*, *Paralegoceras*, *Agathiceras* et *Adrianites*, qui forment une série continue, partant de *Glyphioceras*, pour aboutir aux *Arcestidæ*, caractérisés par l'augmentation graduelle du nombre des éléments de la cloison. Chez les *Arcestidæ* primitifs, *Stacheoceras* (fig. 257) et *Shumardites*, les lobes se divisent en trois branches et les selles restent entières; mais, dès le Permien infé-

rieur, il existe des formes où les selles aussi bien que les lobes sont fortement découpés.

Dans le phylum des *Agoniatitidæ*, *Agoniatites* est, dans le Dinantien inférieur, le seul survivant des genres dévoniens. *Dimorphoceras*, qui apparaît au Dinantien supérieur, se rattache probablement au même phylum et donne naissance à *Thalassoceras*, dont les lobes et les selles sont divisés (fig. 238).

Le phylum des *Gephyroceralidæ* est représenté seulement par *Nomismoceras*,

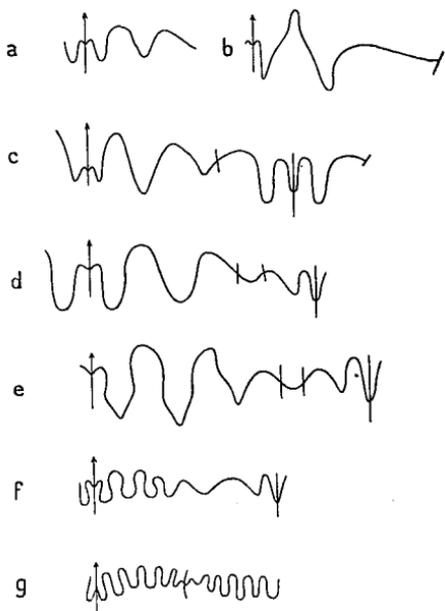


Fig. 236. — Cloisons de *Glyphioceratidæ*.

a, *Glyphioceras striolatum*; b, *Goniatites Cumminsi*; c, *Pericyclus Kochi*; d, *Gastrioceras Fedorowi*; e, *Paralegoceras iowense*; f, *Agathiceras Suessi*; g, *Adrianites Distefano*.



Fig. 257. — Cloison de *Stacheoceras Krasnopolskyi* (d'après KARPINSKY).

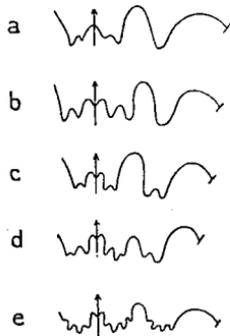


Fig. 258. — Cloisons d'*Agoniatitidæ* anthracolithiques.

a, b, *Dimorphoceras Gilbertsoni*; c, *Dimorphoceras discrepans*; d, *Dimorphoceras Looneyi*; e, *Thalassoceras Gemmellaroi*.

qui descend directement de *Gephyroceras*, et *Prodromites*, le plus ancien Ammonoïdé à cloison de Cératite, qui descend de *Beloceras*.

Enfin, au phylum des *Prolecanitidæ* appartiennent les genres *Prolecanites*, qui a déjà des représentants dans le Dévonien, et *Pronorites*, aux lobes fourchus, qui au Permien évolue rapidement, donnant naissance, par toute une série d'intermédiaires connus, au remarquable genre *Medlicollia* (fig. 259).

La zone à *Pericyclus princeps* et *Aganides rotatorius*, ou Tournaisien, est caractérisée par la présence exclusive des genres *Pericyclus*, *Münsteroceras*, *Prodromites*, qui sont cryptogènes, et par la persistance des genres *Aganides*, *Agoniatites* et *Prolecanites*, qui ont des représentants dans le Dévonien supérieur.

La zone à *Goniatites striatus* est marquée par l'apparition des genres cryptogènes *Glyphioceras*, *Goniatites*<sup>1</sup>, *Dimorphoceras*, *Pronorites*, qui continuent

1. Les genres *Glyphioceras* et *Goniatites* sont représentés à ce niveau par de nombreuses espèces; *Goniatites* y est presque exclusivement cantonné.

ensuite leur évolution dans toute la série Anthracolithique; aussi les zones suivantes, jusqu'à l'Ouralien, ne renferment-elles que des représentants de ces divers genres, associés à des *Gastrioceras* et à des *Paralegoceras* nombreux.

Au début du Permien, nous assistons à un extraordinaire et rapide épanouissement des *Arcestidæ* et des *Prolecanitidæ*, auxquels viennent

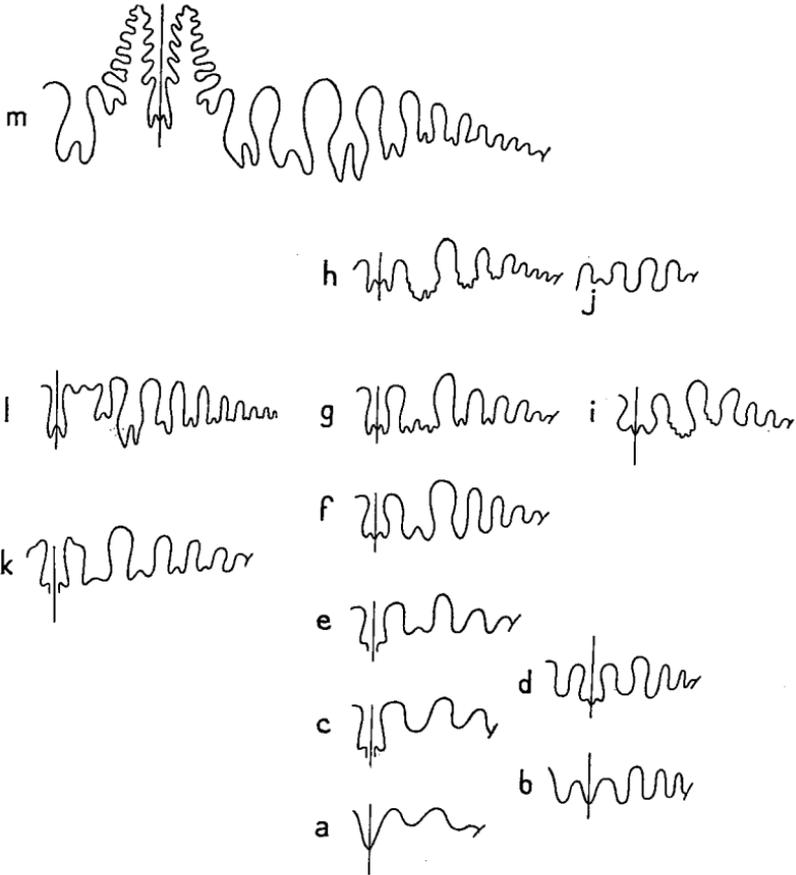


Fig. 250. — Cloisons de *Prolecanitidæ* (d'après KARPINSKY).

a, forme primitive hypothétique; b, *Prolecanites*; c, d, *Paraprolecanites*; e, f, *Pronorites*; g, *Parapronorites*; h, *Norites*; i, *Daraelites*; j, *Lecanites*; k, *Sicanites*; l, *Propinacoceras*; m, *Medlicottia*.

s'adjoindre, dans le Permien supérieur, les genres *Otoceras*, *Lecanites*, etc., qui annoncent déjà les formes triasiques.

*Divisions basées sur la flore.* — Il est évident que les Céphalopodes ne fournissent un moyen d'établir le synchronisme des couches que dans un nombre restreint de cas, aussi est-il indispensable de pouvoir fonder la classification paléontologique des dépôts anthracolithiques et en particulier celle des formations continentales sur d'autres

organismes. Les Végétaux terrestres sont d'autant mieux qualifiés pour nous venir en aide que leurs restes se rencontrent aussi bien dans certaines formations marines que dans les formations continentales, de sorte qu'ils nous permettront de paralléliser les deux catégories de dépôts. Leur distribution verticale a fait l'objet de travaux déjà anciens de H. B. Geinitz, de Stur, de Weiss [45], de Grand'Eury [51], de Sterzel, auxquels sont venus s'ajouter plus récemment ceux de R. Zeiller [XXX, 4; 30], en France, de Potonié [11], en Allemagne, de R. Kidston, en Angleterre; aussi est-il possible aujourd'hui de diviser la période Anthracolithique en un certain nombre de *phases* successives, qui se retrouvent avec les mêmes caractères au moins dans tout l'hémisphère Nord, et de distinguer ensuite dans ces phases plusieurs *zones*, qui permettent d'établir un parallélisme rigoureux entre tous les bassins de l'Europe occidentale.

Nous ne donnerons pour le moment que les caractères paléontologiques des phases, réservant les zones pour l'étude détaillée de quelques bassins.

Dans la classification proposée par Grand'Eury chacun des trois étages du Carbonifère correspond à une phase, tandis que le Permien ne comprend qu'une phase unique. Pour Potonié, par contre, l'ensemble de la période Anthracolithique peut se diviser en 10 phases ou flores distinctes : 1 pour le Carbonifère inférieur, 4 pour le moyen, 1 pour le supérieur, 4 pour le Permien. Sans pousser aussi loin les subdivisions, il y a lieu tout de même d'introduire entre la 1<sup>re</sup> et la 2<sup>e</sup> phase de Grand'Eury une flore spéciale, qui caractérise les formations houillères de Silésie. C'est la 2<sup>e</sup> et la 3<sup>e</sup> flore de Potonié, dont nous n'avons pas l'équivalent dans les régions classiques françaises, puisqu'elles occupent un niveau stérile à la base du Westphalien. Frech en a fait un étage qu'il a appelé *Sudétien*, c'est l'équivalent de la zone à *Glyphioceras striolatum*, du Moscovien inférieur, de l'étage *Namurien* de Stainier.

Voici, sous une forme très résumée, les caractères botaniques des 5 phases que nous sommes amenés à distinguer :

I. — PHASE DINANTIENNE. Fougères (?) : *Sphenopteridium*, *Archæopteris*, *Adiantites*, *Rhacopteris*, *Cardiopteris*, *Rhodesia*; Equisétinées : *Asterocalamites*, *Lepidodendron Volkmannianum*, *Velltheimianum*.

II. — PHASE SUDÉTIENNE. Fougères (?) : *Sphenopteris*, *Adiantites*; *Sphenophyllum* (apparition); Sigillaires à côtes; mêmes Lépidodendrées.

III. — PHASE WESTPHALIENNE. Fougères (?) : *Pecopteris* (apparition), *Alethopteris*, *Mariopteris*, *Sphenopteris*, *Neuropteris*; *Sphenophyllum*; Lquisétinées : *Calamites*, *Annularia*; *Lepidodendron obovatum*.

IV. — PHASE STÉPHANIENNE. Fougères (?) : *Pecopteris (maximum)*, *Odontopteris*, *Callipteridium*; Equisétinées : *Calamites*, *Annularia*, *Calamodendron*, *Sigillaria (Subsigillaria)*; Cordaïtes.

V. — PHASE PERMIENNE. A la base nombreux genres stéphaniens et apparition de *Calopteris* et *Walchia*, qui prédominent au milieu de l'étage. Au sommet : *Ullmannia*, *Baeria*, apparition de *Voltzia*.

La division du terrain houiller des anciens auteurs en *trois* phases est conforme à la classification qui est en usage en Allemagne et aux États-Unis; mais l'étude des Invertébrés marins conduit à ne distinguer que deux termes dans cette même série.

## 2<sup>e</sup> RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET PRINCIPAUX TYPES DU CARBONIFÈRE

RUSSIE ET EUROPE BORÉALE. — Il y a deux raisons pour commencer par la Russie l'étude du Carbonifère d'Europe : la première est que la plate-forme Russe, dépendance du bouclier Baltique, fait partie du pays où les phénomènes de plissement ont pris fin à l'époque la plus reculée, puisque, depuis la fin de l'Algonkien, seuls des mouvements posthumes s'y sont manifestés. C'est par les zones tectoniques les plus vieilles que nous abordons toujours notre aperçu géographique. D'autre part, c'est en Russie que nous trouvons les séries carbonifères les plus complètes, les trois étages étant fréquemment représentés, dans une succession, par des formations marines.

*Russie centrale.* — Dans les environs de Moscou les dépôts carbonifères forment actuellement une vaste cuvette, où les affleurements des trois étages sont disposés suivant des demi-cercles concentriques ouverts à l'est. La base même de l'étage inférieur n'affleure pas et ce n'est que par des puits d'extraction et par des sondages qu'elle est connue. Le passage du Dévonien au Carbonifère se fait d'une manière tout à fait insensible, des espèces carbonifères, telles que *Spiriferina octopticala*, *Martinia glabra*, *Schizophoria resupinata* faisant déjà leur apparition dans les calcaires à *Cythere tulensis* de Malowka, où les espèces dévoniennes sont encore prédominantes.

Le DINANTIEN INFÉRIEUR est constitué par des sables et des argiles avec intercalations de couches de houille ligniteuse. Les fossiles marins sont cependant très abondants dans les couches inférieures, qui renferment *Phillipsia pustulata*, des Nautiloïdés, des Gastéropodes, *Conocardium alæforme*, *Spirifer glaber*, *Syringothyris cuspidata*, *Schizophoria resupinata*, *Orthothes crenistria*, tandis que dans les couches supérieures on rencontre surtout *Lepidodendron Veltheimianum* et des *Stigmaria*.

Le DINANTIEN SUPÉRIEUR est calcaire, mais présente encore à la base des couches de houille. On y trouve notamment *Phillipsia mucronata*, des Nautiloïdés, des Gastéropodes, des *Aviculopecten*, *Spirifer Kleini*, *Productus giganteus*, *striatus*, *Chonetes papilionaceus*, *Fusulinella Struvei* et d'autres Foraminifères de plus petite taille.

Le MOSCOVIEN est particulièrement fossilifère à Miatchkowo [12], où l'on exploite un calcaire crayeux, alternant avec des marnes verdâtres et violacées. On y trouve surtout, en exemplaires d'une très belle conservation, des dents de Poissons, des Nautiloïdés, *Spirifer mosquensis*, *Productus lineatus*, *Enteles Lamarcki*, des Bryozoaires, des Échinodermes (*Archæocidaris rossica*, *Stemmatocrinus*, *Poteriocrinus*, *Cromyocrinus*), des Zoanthaires (*Petalaxis*, *Chætetes*), des Foraminifères (*Fusulina cylindrica*, *Fusulinella*, *Bradyina*). C'est par excellence une formation néritique.

L'OURALIEN n'est représenté aux environs de Moscou que par sa partie inférieure, les dolomies de Gshel à *Spirifer supramosquensis*, *Sp. fascifer*, *Chonetes uralicus*, *Productus cora*, *Fusulina longissima*. Ces couches sont directement recouvertes par le Callovien moyen [13].

Plus à l'est, dans le gouvernement de Wladimir, le Dinantien n'affleure plus, le Moscovien est encore représenté par des calcaires à *Spirifer mosquensis* et l'Ouralien est particulièrement bien développé. Il comprend :

- 1° Des dolomies à *Productus cora*, *Chonetes uralicus*, Coralliaires, etc. ;  
 2° Des dolomies siliceuses à *Schwagerina princeps*, riches en Foraminifères, en Brachiopodes et surtout en Lamellibranches, dont beaucoup se retrouvent dans l'étage suivant, c'est-à-dire dans l'Artinskien ou Permien inférieur, ici parfaitement concordant avec l'Ouralien.

*Bassin du Donetz.* — Dans la concavité de la grande boucle formée par le Donetz et le cours inférieur du Don, se trouve un bassin-carbonifère tout à fait remarquable, car les trois étages y sont représentés par des couches marines, qui présentent d'innombrables intercalations de couches à empreintes végétales et de couches de houille. L'ensemble est fortement

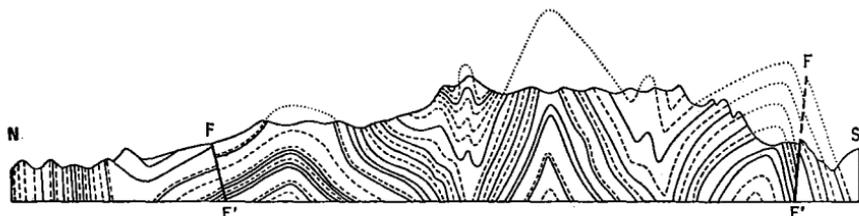


Fig. 260. — Coupe prise dans les errains carbonifères du bassin du Donetz, à l'E. d'Almaznaïa (d'après Tschernyschew et Loutouguin).

Les traits pleins représentent es couches de houille; les traits interrompus, les couches calcaires; les parties en blanc dans les intervalles sont des grès et des schistes. — FF', failles.

plissé (fig. 260), tandis que dans le Centre de la Russie les couches sont à peine ondulées [14].

Le Carbonifère repose en concordance sur du Dévonien supérieur, constitué par des grès et des schistes à empreintes végétales (*Archæopteris*, *Sphenopteris*, *Lepidodendron*, etc.) et par des calcaires à *Productus fallax*, correspondant à l'horizon de Malowka.

Le Dinantien est caractérisé par des Brachiopodes (*Productus giganteus*, *corrugatus*, *latissimus*, *Chonetes papilionaceus*, *Spirifer trigonalis*) et ne renferme que peu de houille. Dans le Moscovien à *Spirifer mosquensis*, par contre, les intercalations de couches de houille sont très nombreuses et les plantes westphaliennes se rencontrent dans toute la hauteur de l'étage. Dans l'Ouralien à *Griffithides scitula*, *Spirifer supramosquensis*, *Productus cora*, *Schwagerina*, les plantes stéphaniennes s'observent du bas au haut de la série, mais les couches de houille deviennent de plus en plus rares vers le sommet.

*Oural.* — Tout le long du versant occidental de l'Oural s'étend une bande presque continue de dépôts carbonifères, dans laquelle les trois étages sont représentés, concordants entre eux et avec le Dévonien, mais séparés du Permien par une légère discordance.

Le DINANTIEN débute d'ordinaire par un calcaire à *Productus mesolobus*, *Chonetes papilionaceus* et Coralliaires, que surmontent des grès et des argiles avec couches de houille et débris végétaux (*Stigmaria ficoides*, *Næggerathia tenuistriata*). Au-dessus viennent des calcaires à *Productus giganteus*, *striatus*, *corrugatus*, *Athyris variabilis*.

Le MOSCOVIEN est constitué dans l'Oural, comme dans le Centre de la Russie, par des calcaires à *Spirifer mosquensis*.

L'OURALIEN comprend, d'après Tschernyschew [15], sur le plateau d'Oufa, les termes suivants :

- 1° Calcaires à *Omphalotrochus Whitneyi*, riches en Zoanthaires (*Petalaxis timanicus*, *Columnaria solida*) et en Brachiopodes (*Spirifer Marconi*, *Productus inflatus*, *Pr. Gruenewaldti*);  
 2° Calcaires à *Productus cora*, argileux et oolithiques, avec *Griffithides scitula*, *Aviculo-*

*pecten Toulai*, *Chænocardia uralica*, *Fusulina Verneuili* et très nombreux Brachiopodes (*Dielasma Mølleri*, *Camarophoria crumena*, *Spirifer cameratus*, *Meekella striatocostata*, *Schizophoria juresanensis*, *Chonetes uralicus*, *Productus boliviensis*, *inflatus*, *lineatus*, *Marginifera uralica*);

5° Calcaires à *Schwagerina princeps*, blancs et gris clair, très fossilifères : *Griffithides Ræmeri*, *Gruenewaldti*, *Agathiceras uralicum*, *Conocardium uralicum*, très nombreux Brachiopodes (*Dielasma*, *Spirifer*, *Spiriferina*, *Camarophoria*, *Rhipidomella Pecosi*, *Productus Inca*, *uralicus*, *Proboscidella*, *Marginifera*), *Fusulina Verneuili*, *longissima*.

Ces trois horizons de l'Ouralien peuvent être suivis sur toute la longueur de la chaîne et se retrouvent même, comme nous le verrons tout à l'heure, en dehors de l'Oural.

L'Ouralien de Russie est une des formations anthracolithiques les plus riches en organismes que l'on connaisse. Rien que dans l'Oural et au Timan il a fourni à Tschernyschew 213 espèces de Brachiopodes. Il y en a dans le nombre beaucoup qui ont une grande extension géographique et quelques-unes semblent occuper toujours à peu près le même niveau.

*Pinega et Timan.* — Dans le nord de la plate-forme Russe, le Carbonifère forme une large bande qui suit le Dévonien et qui se poursuit jusque vers la mer Blanche. On y trouve tout d'abord les trois étages; mais, à partir du fleuve Onega et jusqu'à la Pinega, le Moscovien à *Spirifer mosquensis* est transgressif et repose directement sur le Dévonien. Il en est de même plus au nord, dans la chaîne du Timan, qui se détache de l'Oural avec une direction N.W.-S.E.

La faune des calcaires du MOSCOVIEN à *Spirifer mosquensis* est, dans le Timan, la même que celle des environs de Moscou. L'OURALIEN, dont l'épaisseur ne dépasse pas 200 m peut être divisé, tout comme dans l'Oural, en trois horizons, caractérisés par les mêmes espèces.

L'horizon inférieur présente, à la base, des calcaires dolomitiques, caractérisés par *Spirifer Marcoui*, *Camarophoria sella*, *Derbya regularis*, *Productus inflatus*, *timanicus*, *Edmondia aspinvallensis*, *Pseudomonotis pseudoradialis*, où les polypiers des nombreux Zoanthaires (*Caninia*, *Campophyllum*, *Petalaxis*) forment des bancs continus; au sommet, des calcaires oolithiques à silex, où abondent *Omphalotrochus Whitneyi*, *Aviculopecten timanicus*, des Brachiopodes, des Bryozoaires, des Zoanthaires, des Fusulines.

L'horizon moyen comprend des calcaires oolithiques, ou glauconieux, ou bitumineux, riches en Brachiopodes et en Zoanthaires. *Productus cora* se trouve en grandes quantités.

Dans les calcaires et dolomies de l'horizon supérieur, on a rencontré, à côté des Brachiopodes qui occupent le même niveau dans l'Oural, des Lamellibranches (*Pecten*, *Lima*, *Aviculopecten*, *Macrodon*), des Zoanthaires, des Lithistidés nombreux. Certains bancs sont remplis de *Schwagerina princeps* et de *Fusulina Verneuili*.

*Ile aux Ours.* — Dans l'île aux Ours [XXXIII, 48], on retrouve la même transgressivité du Moscovien. Cet étage, représenté par des grès à bancs calcaires, avec *Athyris ambigua* et *Spirifer supramosquensis*, et par des grès sans fossiles, repose, sans discordance apparente, sur les grès néodévonieniens à plantes (fig. 236). Il supporte des calcaires ouraliens, qui renferment des Fusulines et *Camarophoria plicata*, à la base, *Productus cora*, *boliviensis*, *Camarophoria Purdoni*, dans la partie moyenne, et *Productus uralicus*, *timanicus*, *Spirifer Keilhavi*, etc., au sommet. Les Zoanthaires sont beaucoup plus rares qu'au Timan.

*Spitzberg.* — La lacune signalée, à la base du Carbonifère, sur la Pinega, au Timan et dans l'île aux Ours ne semble pas exister au Spitzberg, où Nathorst attribue au Dinantien des grès et des schistes à *Lepidodendron Vellheimianum*, *Bornia radialis*, *Bothrodendron tenerrimum*, *Sphenopteris flexibilis*.

La présence du Moscovien n'y est pas absolument démontrée, mais elle est fort probable. Quant à l'Ouralien, il est constitué par une succession de calcaires à *Fusulines*, à *Cyalhophyllum* (avec *Productus lineatus*) et à *Spirifer* (*Spirifer Keilhavi*, *cameratus*, *Dielasma Mølleri*, *Productus timanicus*, *boliwensis*, etc.), qui est encore insuffisamment connue [16, 17].

EUROPE CALÉDONIENNE. — Nous réunissons sous le nom d'Europe calédonienne l'ensemble des régions d'Europe qui ont été le théâtre de mouvements

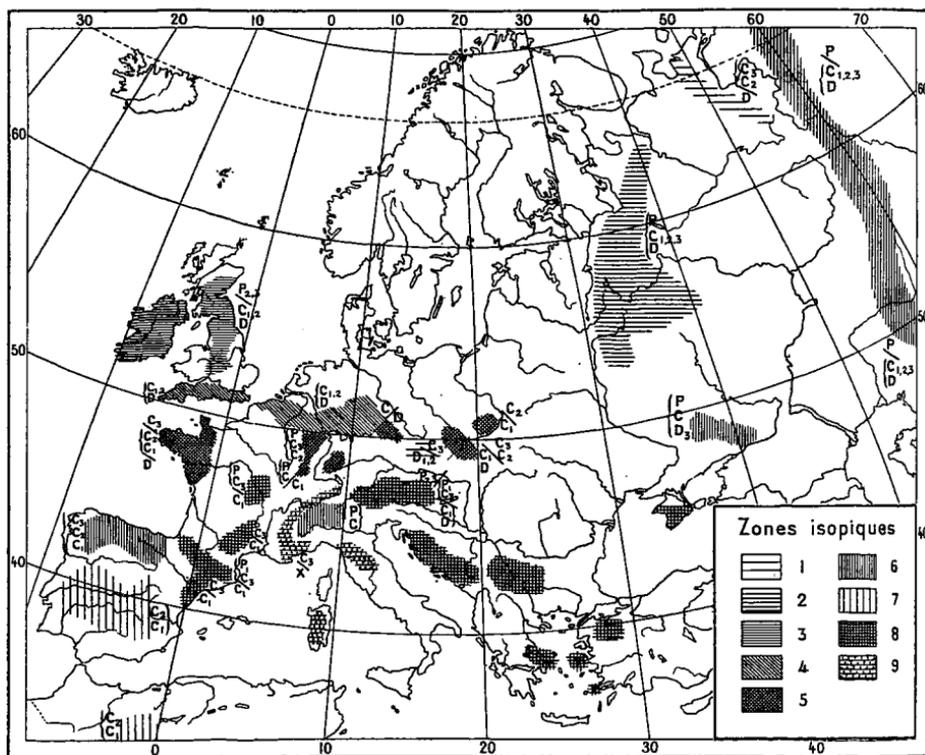


Fig. 261. — Carte des zones tectoniques et isopiques de l'Europe à l'époque Anthracolithique.

1, Timan : Moscovien transgressif ; 2, Plate-forme Russe ; 3, zone Calédonienne ; Dévonien, Carbonifère inférieur et moyen concordants ; 4, zone Ardenno-Rhénane : *id.* ; 5, zone Armoricaïne : Carbonifère supérieur discordant ; 6, géosynclinaux : Carbonifère marin complet ; 7, *id.* : Carbonifère inférieur et moyen marins ; 8, *id.* : zone méridionale de l'Europe hercynienne : Dévonien et Carbonifère inférieur concordants, Carbonifère moyen généralement absent, Carbonifère supérieur discordant, concordant avec le Permien inférieur ; 9, zone externe des Alpes occidentales : Stéphanien discordant sur les terrains métamorphiques.

D, Dinantien ; C<sub>1</sub>, Carbonifère inférieur ; C<sub>2</sub>, Carbonifère moyen ; C<sub>3</sub>, Carbonifère supérieur ; P, Permien ; P<sub>1</sub>, Permien inférieur ; P<sub>2</sub>, Permien moyen ; P<sub>3</sub>, Permien supérieur.

orogéniques au début du Dévonien ou à une époque un peu antérieure. Dans cette zone des plissements calédoniens (fig. 261), le Carbonifère repose, presque toujours en concordance, sur le Dévonien.

Grande-Bretagne. — La Grande-Bretagne a pu, à bon droit, être considérée comme le pays classique pour l'étude du terrain Carbonifère. Mais les travaux paléontologiques relatifs à sa faune et à sa flore avaient été délaissés

sés pendant de longues années et ce n'est que depuis peu que nos voisins d'outre-Manche se sont préoccupés de déterminer d'une manière précise la succession des espèces dans les assises qui constituent le système <sup>1</sup>.

En Irlande, le Carbonifère est, de tous les terrains, celui qui occupe la plus grande superficie.

Le *Mountain limestone* y est particulièrement bien développé; on a pu y reconnaître l'existence des deux zones du Dinantien, représentées toutes deux par leurs Ammonoïdés les plus caractéristiques, ce qui n'est le cas en Angleterre que pour la zone supérieure.

Le Vieux Grès Rouge supporte en concordance des schistes d'une épaisseur très variable, remplacés parfois par des calcaires. On y a trouvé notamment *Aganides ornatissimus*, *Prolecanites compressus* et surtout de nombreuses espèces de *Pericyclus*, parmi lesquelles *Pericyclus princeps*. Ce sont les formes caractéristiques du Tournaisien.

Dans les calcaires à silex qui font suite à cet horizon on a rencontré dès la base *Goniatites striatus* et d'autres espèces du Viséen, avec une grande abondance de Nautiloïdés, des *Bellerophon*, *Conocardium hibernicum*, *Phillipsia derbyensis*, *Ph. pustulata*, etc. Les calcaires à *Fenestella* et les calcaires supérieurs sont moins fossilifères. On y observe à plusieurs niveaux des zones de phanites.

En Écosse, le Vieux Grès Rouge supérieur passe insensiblement, au sommet, à des grès calcarifères d'une grande épaisseur, qui représentent tout le Dinantien et renferment surtout des Végétaux nombreux de la première phase, de nombreux Poissons, des Lingules et quelques Mollusques marins, qui deviennent plus fréquents dans l'est du comté de Fife. C'est en quelque sorte la continuation du faciès lagunaire du Dévonien. La partie supérieure des grès calcarifères contient des couches de houille, puis viennent des calcaires qui représentent la base du Moscovien. Les couches houillères par lesquelles se termine la série alternent avec des couches à fossiles marins.

En Angleterre, le Dinantien inférieur manque complètement ou est représenté par des grès calcarifères, analogues à ceux d'Écosse. Le Dinantien supérieur est, par contre, bien développé et renferme une faune très riche, où abondent en particulier tous les Céphalopodes caractéristiques du Viséen : *Goniatites striatus*, *sphaericus*, *obtusus*, *Glyphioceras mutabile*, *Dimorphoceras Gilbertsoni*, *Nomismoceras vittigerum*, *spirorbis*, *Prolecanites serpentinus*, *Prororites cyclolobus*. Ces espèces se trouvent d'ailleurs à la fois dans le *Scar limestone* et dans la série de *Yoredale*, schisteuse, avec bancs de calcaire bitumineux, qui, notamment à Bolland, dans le Yorkshire, est incontestablement une formation bathyale, tandis que le *Scar limestone* contient surtout des Brachiopodes (*Spirifer striatus*, *Productus giganteus*, *Chonetes papilionaceus*), des Gastéropodes, des Coralliaires et doit être envisagé comme une formation néritique.

Le *Millstone grit* est un grès grossier, presque sans fossiles, formé au détriment de deux terres émergées, dont l'une, d'après Wheelton Hind et J. A. Howe [24], se trouvait dans le Sud de l'Écosse, tandis que l'autre occu-

1. Un comité de géologues cherche depuis une dizaine d'années, sous les auspices de la *British Association*, à établir une échelle des zones paléontologiques (*life-zones*) du Carbonifère anglais, mais les Céphalopodes et les comparaisons avec les séries du Continent n'ont tenu jusqu'ici qu'une place insignifiante dans ces travaux.

paît une grande partie du Pays de Galles et des comtés du Centre. Il est toujours surmonté par les *Coal Measures*, c'est-à-dire par le terrain houiller productif, qui en Angleterre est, comme chacun sait, extrêmement riche en gisements de charbon. On y observe des intercalations multiples de couches à fossiles marins, qui deviennent de plus en plus rares à mesure que l'on s'élève dans la série.

Dans leur ensemble, les formations houillères d'Angleterre présentent des alternances de grès, de schistes, de minerais de fer et de couches de houille. Le tout atteint de 1 500 à 2 500 m environ. Les auteurs anglais y distinguent trois termes :

La *série inférieure*, ou *gannister coal* (grès siliceux à pavés), est remarquable par l'abondance des couches à fossiles marins. C'est le niveau à *Gastrioceras Listeri*, *carbonarium*, *coronatum*, *Glyphioceras reticulatum*, *Aviculopecten papyraceus*, *Posidoniella lævis*, *P. minor*. Les nodules calcaires à *Gonia-tites*, imprégnés de matière charbonneuse, dont il a été question dans un chapitre antérieur (ch. X, p. 141, pl. III), appartiennent à la même série. On leur donne le nom de *coal balls*. Les débris végétaux y sont abondants et leur accumulation donne lieu à la formation de lits de houille.

La *série moyenne* est beaucoup plus riche en débris végétaux que la précédente. On y observe des intercalations de lits à *Naiadites modiolaris* et *Anthracosia modiolaris*, où abondent aussi diverses espèces de Poissons.

La *série supérieure* est caractérisée par des intercalations de lits à *Anthracomya Phillipsi* et *Carbonicola Vinti*, Lamellibranches généralement envisagés comme des formes d'eau douce; mais tout près du sommet se trouvent encore des bancs calcaires à *Spirorbis*, Serpulidé qui n'habite que les eaux marines.

Il résulte de la comparaison, faite par R. Zeiller [30], des flores successives de ces trois séries avec celles du bassin de Valenciennes, que la série inférieure correspond exactement à la zone inférieure de ce bassin, la série moyenne à la zone moyenne, tandis que la zone supérieure de Valenciennes est représentée par des couches de passage entre la série moyenne et la série supérieure d'Angleterre. La série supérieure renferme, par contre, des types qui n'existent pas dans le Houiller franco-belge, c'est-à-dire dans le Westphalien, elle vient donc sans doute se placer à l'extrême base du Stéphanien.

Il est infiniment probable que la série inférieure, avec ses *coal balls* et ses calcaires à fossiles marins, est exclusivement marine et que les débris végétaux y sont charriés. Les séries moyenne et supérieure correspondent à des phases de comblement du bassin, au cours desquelles s'établissaient des marais, comme l'attestent les *undergrounds* ou *murs* argileux, qui portent des sols de végétation à la base des couches de houille. Périodiquement la mer reprenait possession du bassin, qui, vers la fin, devait se trouver à l'état de lagune plus ou moins dessalée. Les discordances signalées à la limite de la série moyenne et de la série supérieure, par exemple dans le Shropshire, fournissent d'ailleurs des preuves directes d'oscillations et d'émersions du fond du bassin.

*Belgique et Nord de la France.* — Dans le Nord de la France et en Belgique, les terrains carbonifères occupent des surfaces très étendues, soit qu'ils affleurent réellement, soit qu'ils existent à une plus ou moins grande profondeur, recouverts par des dépôts plus récents d'âge crétacé, tertiaire ou quaternaire, auquel cas ils ont été atteints par des puits de mines ou par des sondages. Comme les terrains dévoniens moyens et supérieurs, ils

forment deux synclinaux, correspondant sans doute à deux géosynclinaux, que sépare le géanticlinal du Condroz. On les appelle communément, celui du sud, bassin de Dinant, celui du nord, bassin de Namur [XXXIV, 19]. C'est d'ailleurs seulement dans le plus septentrional que le terrain houiller acquiert quelque importance et fait l'objet d'une exploitation active. Dans aucun des deux le Stéphanien ne s'est déposé. Rien ne permet de fixer avec précision la situation du bord méridional du géosynclinal correspondant au bassin de Dinant; le bassin de Namur était, par contre, délimité au nord par une île, située sur l'emplacement actuel des Flandres et du Brabant, au nord de laquelle des sondages ont révélé l'existence d'un bassin houiller en Campine et dans le Limbourg. Le bassin de Namur est le prolongement des bassins houillers du Sud de l'Angleterre, qui se retrouvent en profondeur jusqu'à Douvres; le bassin de la Campine est vraisemblablement le pendant de ceux du Centre et l'un et l'autre ont leur continuation à l'est dans le bassin de la Ruhr, en Westphalie.

Le Dinantien présente son plus beau développement dans la vallée de la Meuse. Il y est concordant avec le Dévonien et débute par le calcaire d'Etrœungt, dont il a déjà été question. Il a été divisé en trois sous-étages, le Tournaisien, le Waulsortien et le Viséen; mais des travaux récents ont établi que le Waulsortien n'est qu'un faciès coralligène du Tournaisien supérieur. Du reste, les variations de faciès, aussi bien dans le sens vertical que dans le sens horizontal, sont très fréquentes, de sorte que les géologues belges ont créé de nombreuses subdivisions qui n'offrent qu'un intérêt local.

Les calcaires zoogènes, exploités comme marbres, prédominent en général, mais ils font place souvent à des dolomies (pl. LXXXV, 1), à des calcschistes ou à des schistes. Les Ammonoïdés sont assez localisés, mais les deux faunes du Tournaisien et du Viséen sont nettement tranchées [23-25].

Les calcaires compacts et les calcschistes de Visé ont fourni *Agnanides rotatorius*, *A. Belvalianus*, *Pericyclus princeps*, *Münsteroceras complanatum*, *Prolecanites clymeniaeformis*, etc.

Dans le calcaire de Visé on trouve notamment *Gonialites striatus*, *sphaericus*, *obtusus*, *Glyphioceras mutabile*, *complicatum*, *Dimorphoceras vesiculiferum*, *Nomismoceras vittigerum*, *rotiforme*, *spirorbis*, *Prolecanites serpentinus*, *Pronorites cyclobolus*, *mixolobus* [9].

Ce sont exactement les mêmes faunes que celles que nous avons déjà apprises à connaître en Grande-Bretagne.

Les deux étages sont en outre très riches en Zoanthaires, en Crinoïdes, en Bryozoaires (pl. LXXXIV, 1), en Brachiopodes, en Lamellibranches, en Gastéropodes, en Nautiloïdés, en Trilobites. La faune des calcschistes de Tournai est particulièrement remarquable par la belle conservation de ses fossiles à test silicifié. Les espèces les plus abondantes sont les suivantes : *Cladochonus Michelini*, *Michelinia favosa*, *Lithostrotion basaltiforme*, *Rhipidomella Michelini*, *Spirifer tornacensis*, *Conocardium herculeum*, *Edmondia Lacordaireana*, *Bellerophon sublævis*, *Baylea Iwani*, *Entalis prisca*, *Glyptochiton cordiferum*, *Vestinautilus Konincki*, etc.

*Spirifer tornacensis* est une espèce que l'on retrouve fréquemment au même niveau dans d'autres régions. Dans le sous-étage supérieur on rencontre surtout *Productus giganteus*, *Pr. corrugatus*, *Chonetes papilionaceus*, etc.

A Visé les calcaires du Viséen reposent directement, sans discordance angulaire, sur des calcaires zoogènes du Frasnien [27]. De même, dans le Boulonnais, le Famennien supporte immédiatement le Viséen, représenté

par la dolomie de Huré, le calcaire du Haut-Banc à *Productus corrugatus*, le marbre Napoléon et le calcaire supérieur à *Productus giganteus*.

Le Westphalien débute, dans le bassin houiller franco-belge, par des couches entièrement marines et stériles.

Le calcaire de Visé supporte des *phlanites* à *Productus* (*Pr. Griffithanus*, *punctatus*, *scabriculus*), qui renferment des spicules de Spongiaires. Puis viennent les *ampélites* de Chokier, dans lesquelles on trouve en abondance dans des nodules calcaires : *Glyphioceras Beyrichianum*, avec ses nombreuses variations individuelles [9], *Gl. striolatum*, *Dimorphoceras atratum*, *Mytilus ampeliticola*, *carbonarius*. Ces schistes sont d'ordinaire recouverts par des grès, désignés sous le nom de grès d'Andenne ou, dans le Boulonnais, grès des plaines d'Hardinghen, qui constituent l'équivalent du Millstone grit d'Angleterre et contiennent encore *Productus carbonarius* [28]. Toute cette série inférieure, comprise entre le Dinantien et le Houiller productif, forme l'étage Namurien de Purves et Stainier.

C'est au-dessus de ces grès que débute la série houillère, qui atteint près de 3 000 m d'épaisseur. La houille, maigre et anthraciteuse dans la partie inférieure, devient de plus en plus riche en carbures d'hydrogène au fur et à mesure que l'on s'élève dans la série.

L'abbé Boulay [29] et surtout R. Zeiller [30, 31] ont pu pousser très loin l'étude de la distribution des Végétaux dans les assises successives. R. Zeiller y distingue les divisions suivantes :

A. Zone à *Nevropteris Schlehani*.

1) horizon d'Annœullin (charbon anthraciteux), dont la flore se relie à celle du Dinantien par la persistance de *Pecopteris aspera* et de *Lepidodendron Veltheimianum*, associés à *Mariopteris muricata* et *Pecopteris dentata*;

2) horizon de Vicoigne (charbon maigre), avec *Sphenopteris Hæninghausi*, *Alethopteris lonchitica*, *Nevropteris Schlehani*, *Bothrodendron punctatum*, *Sigillaria elejans*.

B. Zone d'Anzin-Meurchin à *Lonchopteris Bricei*.

1) horizon des charbons demi-gras d'Anzin et d'Aniche, avec *Sphenopteris trifoliata*, *Diplomena furcatum*, *Alethopteris Davreuzi*, *Sphenophyllum myriophyllum*, *Sigillaria rugosa*;

2) horizon des charbons gras de Douai, avec *Sphenopteris Hæninghausi*, *Alethopteris lonchitica*, *valida*, *Serli*, *Bothrodendron punctatum*, *Sigillaria camptotænia*;

3) horizon des charbons gras de Denain, caractérisé par l'abondance de *Pecopteris abbreviata* et renfermant déjà, dans le Pas-de-Calais, quelques espèces du niveau suivant avec les derniers *Nevropteris Schlehani* et *Lonchopteris Bricei*.

C. Zone de Bully-Grenay à *Diclyopteris sub-Brongiarti*, constituée par la bande des charbons gras ou flénus du Pas-de-Calais et caractérisée par l'abondance des *Sphenopteris obtusiloba*, *Alethopteris Serli*, *Nevropteris rarinervis*, *tenuifolia*, *Asterophyllites equisetiformis*, *Sphenophyllum emarginatum*, *Sigillaria tessellata*, *camptotænia*, *Cordaites borassifolius*. On y trouve déjà quelques espèces stéphanienues, telles que *Sphenopteris chærophyllodes*, *Alethopteris Grandini*, *Annularia sphenophylloides*, *stellata*. Les espèces de la zone inférieure manquent ici complètement.

Cette succession, basée sur des observations très précises dans les mines et sur une étude très minutieuse de la flore, ne paraissait pas pouvoir être contestée; cependant Charles Barrois [32] a été conduit, par l'étude des intercalations marines qui existent dans le Houiller inférieur, à des conclusions sensiblement différentes. Considérés jusqu'ici comme étant des récurrences successives d'une même faune, ces niveaux calcaires sont envisagés par Charles Barrois, en raison de leurs caractères paléontologiques identiques, comme appartenant à un seul et même niveau, reparaisant trois fois, par suite d'accidents tectoniques (fig. 262), et il en résulterait que les couches de houille qui supportent ce niveau unique à fossiles marins

seraient partout de même âge, que les charbons gras du Midi seraient synchroniques des charbons maigres du Nord.

Quoi qu'il en soit, voici les principales espèces qui constituent la faune de ces intercalations marines : *Glyphioceras reticulatum*, *Gl. Beyrichianum* var. *tenuistriatum*, *Spirifer bisulcatus*, *Productus semireticulatus*, *carbonarius*, *longispinus*, *Rhipidomella Michelini*, *Orthotheses crenistria*, *Athyris Roissyi*, *Lingula mytiloides*, *Aviculopecten*, *Pterinopecten*, *Solenomya*, *Parallelodon*, *Nuculana*, etc. Ce n'est pas là une faune moscovienne, à proprement parler, quoique plusieurs des espèces citées s'élèvent jusque dans le Carbonifère moyen et même supérieur; mais on est en droit de se demander si la différence de

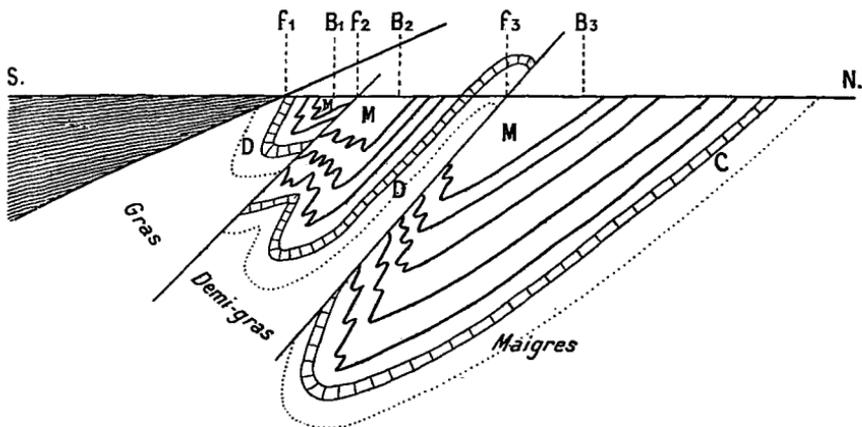


Fig. 262. — Coupe schématique du bassin houiller du Nord (d'après CHARLES BARROIS).

C, groupe des calcaires houillers de Carvin = D, groupe des calcaires houillers de Dorigny; M, Houiller moyen. — B<sub>1</sub>, bassin de Denain, Azincourt; B<sub>2</sub>, bassin de Dorignies, Aniche et Anzin; B<sub>3</sub>, bassin de l'Escarpelle à Vicoigne. —  $f_1$ , grande faille;  $f_2$ , faille du Mariage et cran de Rotour;  $f_3$ , prolongement de la faille Reumaux.

faciès — faciès vaseux de la faune en question, faciès zoogène à Moscou — n'explique pas suffisamment ces différences. D'ailleurs J. Cornet a signalé récemment [33], à Ghlin, dans le bassin de Mons, à un niveau beaucoup plus élevé, dans le Houiller supérieur, deux lits à fossiles marins, renfermant notamment *Spirifer bisulcatus*, *Schizophoria resupinata*, *Productus carbonarius*, *Chonetes Laguessianus*, *Aviculopecten papyraceus*, espèces qui en grande partie caractérisent les niveaux marins inférieurs et en particulier ceux du grès d'Andenne. On admettait jusqu'ici que le Westphalien supérieur du bassin franco-belge ne présentait que des intercalations de lits à *Carbonicola*, *Anthracomya*, *Naiadites*, Lamellibranches envisagés d'ordinaire comme saumâtres ou même d'eau douce. D'après Ch. Barrois et Malaquin [34], les *Spirorbis*, Annélides tubicoles marins, qui se trouvent fixés soit sur les coquilles de ces Mollusques, soit sur des frondes de *Neuropteris*, se seraient adaptés graduellement à des eaux de plus en plus dessalées.

Si partisan que l'on soit de l'origine marine et allochtone d'un grand nombre de formations houillères, on est obligé de reconnaître que le Houiller du bassin franco-belge s'est formé dans des conditions très particulières. Les couches houillères ne peuvent pas être envisagées *exclusivement* comme résultant de l'accumulation de débris végétaux apportés par des cours d'eau dans une cuvette marine puis lagunaire, car on a observé

maintes fois, sous certaines de ces couches, des *murs* (*undergrounds*) avec racines du type *Stigmaria*, incontestablement en place [35]. On doit donc supposer que ces couches ont pris naissance dans des marais, analogues au Dismal Swamp de la Virginie, situés au niveau de la mer, que venaient envahir périodiquement les eaux marines, de sorte que la formation allochtone de la houille alternait avec la formation autochtone.

Dans tous les cas, la présence, en très petit nombre il est vrai, de galets dans la veine du Nord du bassin d'Aniche indique le voisinage d'une terre émergée, où affleuraient les roches cristallophylliennes, cambriennes, siluriennes et même houillères qui constituent ces galets, dans la proportion de 14 ‰, 2 ‰, 84 ‰ [36].

*Rive droite du Rhin.* — Le bassin houiller franco-belge se prolonge à l'est jusqu'au delà d'Aix-la-Chapelle. Son raccordement en profondeur avec celui de la Ruhr est caché sous une couverture de Permien, de Trias, de Tertiaire et de Quaternaire, comme le montrent les sondages d'Erkelenz, qui ont atteint la houille à environ 750 m de profondeur.

Le Carbonifère moyen n'est représenté, sur la rive droite du Rhin, que dans le bassin de la Ruhr, en Westphalie, mais le Carbonifère inférieur est non moins bien développé dans le Nassau.

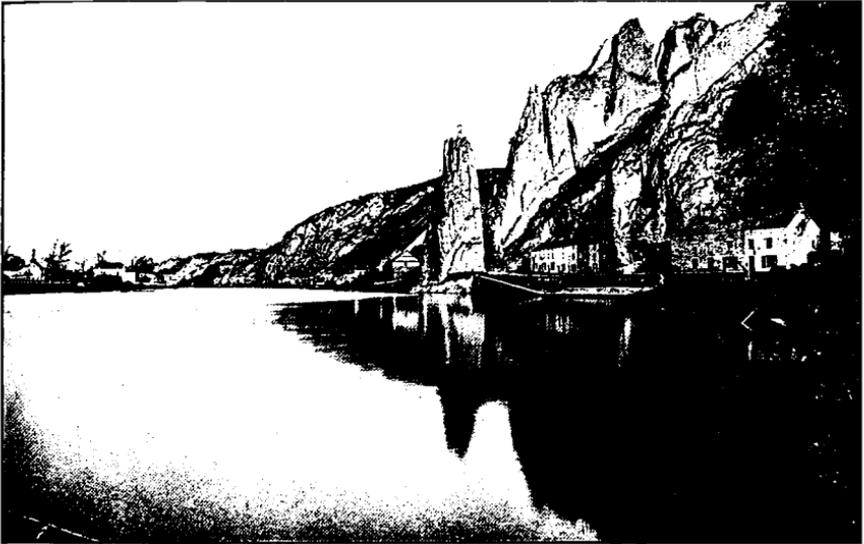
Les calcaires zoogènes du Dinantien diminuent d'importance à mesure que l'on s'éloigne de la Belgique pour se diriger vers l'est et ils font place à un faciès schisteux, improprement appelé *Culm*, dont la nature bathyale est incontestable, quoique l'on y signale des Végétaux charriés. Tout comme pour les terrains dévoniens, il se produit donc vers l'est, dans une direction transversale par rapport à celle des plis, un approfondissement général du géosynclinal. Les deux zones du Dinantien sont représentées dans cette série, l'inférieure, à Erdbach et Breitscheid près Herborn [37], par des couches à *Pericyclus virgatus*, *Kochi*, *furcatus*, *Münsteroceras mutabile*, *Aganides ornaticissimus*, *Dimorphoceras*, *Nomismoceras*, *Prolecanites applanatus*; la supérieure [38], en un grand nombre de localités, par des schistes à *Gonialites striatus*, *Paraprolecanites mixolobus*, *Posidonomya Becheri*, *Phillipsia* et Crinoïdes. Ces derniers vivaient souvent fixés sur des bois flottants. La zone inférieure est constituée soit par des calcaires spathiques, soit par des phtanites à Radiolaires, mais elle fait défaut dans le sud et dans l'est de la région, où les schistes à Posidonomyes sont transgressifs.

Le Westphalien offre les plus grandes analogies avec celui du bassin franco-belge. Sa partie inférieure comprend des grès stériles très puissants, puis vient une succession de couches de houille, dans laquelle on observe le même enrichissement en carbures d'hydrogène à mesure que l'on s'élève dans la série.

Les travaux de Cremer et de Zeiller montrent que la distribution verticale des Végétaux est exactement la même dans les deux bassins. On trouve dans celui de la Ruhr des récurrences de couches marines au nombre de 12, les premières et les dernières étant caractérisées par *Gastrioceras Listeri*, *Glyphioceras suberenatum*, *Aviculopecten papyraceus*, *Lingula mytiloides*, tandis que dans le milieu règnent les formes saumâtres.

*Allemagne centrale et Silésie.* — Comme au Dévonien, la zone du Devonshire, de l'Ardenne et du Rhin se continue à l'est dans le Centre de l'Allemagne, puis, passant au nord de la Bohême, jusqu'en Silésie, par où elle allait rejoindre probablement la Russie méridionale.

Dans le Harz, le Dinantien repose en concordance sur les calcaires à Clyménies néodévoniens et comprend des phtanites à Radiolaires à la base,



Cliché communiqué par M. Ch. Vélain.

**CALCAIRES DINANTIENS.**  
**Bords de la Meuse, Dinant (Belgique)**



Cliché communiqué par M. Ch. Vélain.

**COUCHES DE HOUILLE STÉPHANIENNES EXPLOITÉES A CIEL OUVERT.**  
**Commentry (Allier).**

des schistes à *Posidonomya Becheri* et *Gonialites striatus*, avec lentilles calcaires, au sommet.

En Thuringe et en Saxe, par contre, le Dinantien est représenté par des schistes et des grauwackes à Plantes, qui débutent par un conglomérat et sont discordants sur le Dévonien. Dans le Fichtelgebirge, c'est-à-dire sur le bord du massif de Bohême, qui était émergé, on observe aussi des calcaires viséens à *Paraprolecaniles mixolobus*, *Phillipsia*, *Dechenella*, *Productus sublævis*, *Martini*, etc.

Dans ces diverses régions, le Carbonifère moyen manque fréquemment; en Saxe, cependant, le bassin houiller de Chemnitz correspond à un niveau très bas du Westphalien, tandis que les bassins de Zwickau et de Potschappel appartiennent au Westphalien supérieur.

Il existe également en Saxe un petit bassin *stéphanien*, c'est celui de Wettin, où toute la partie inférieure est constituée par des conglomérats (*couches de Grillenberg*), qu'une puissante série de grès rouges sans houille

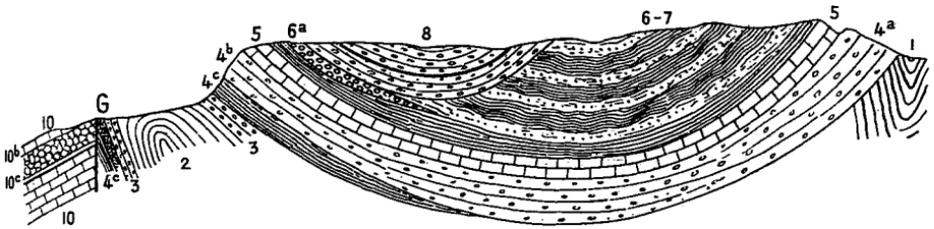


Fig. 263. — Coupe de la cuvette carbonifère de Silberberg et Ebersdorf, Silésie (d'après E. DATHE).

1, gneiss; 2, calcaire frasnien; 3, calcaire à Clyménies; 4a, brèche dinantienne à éléments gneissiques; 4b, conglomérat gneissique du Dinantien; 4c, grès de la base du Dinantien; 5, calcaire dinantien; 6-7, schistes et grauwackes du Dinantien supérieur; 6a, conglomérat à éléments de gabbro; 8, Westphalien avec couches de houille; 9, grès et schistes autuniens; 10b, tuf porphyrique; 10c, banc calcaire dans l'Autunien; G, gabbro.

(*couches du Mansfeld*) sépare de la partie supérieure (*couches de Wettin*), qui renferme quelques couches de houille et des Végétaux du Stéphanien supérieur [39].

Dans la Basse-Silésie nous nous trouvons pour la première fois en présence d'un bassin houiller où le Westphalien et le Stéphanien peuvent être observés en superposition. Le Dinantien [40, 41] y est également représenté; il repose en concordance sur les calcaires à Clyménies, mais débute par un conglomérat à blocs de gneiss, qui indique sa transgressivité, en même temps qu'une sensible diminution dans la profondeur de la mer (fig. 263).

Des calcaires à *Productus sublævis* appartiennent sans doute au Tournaisien, des schistes et grauwackes à Végétaux, avec intercalations calcaires à *Productus gigantes*, au Viséen.

Le Westphalien, fait très remarquable, est ici discordant avec le Dinantien [42]. Il renferme de la houille dès la base, à un niveau qui ailleurs est stérile, ce sont les *couches de Waldenburg*, sans intercalations marines, mais riches en Végétaux [43]. Puis vient un niveau stérile, auquel font suite les *couches de Schatzlar* et de *Schwadowitz*, riches en houille, qui renferment les flores du houiller franco-belge et représentent donc le Westphalien supérieur. Elles supportent enfin les *couches de Radowenz*, à flore stéphanienne.

Dans la Haute-Silésie se trouve un des bassins houillers les plus riches d'Europe; il est situé partie en Silésie, partie en Moravie et se prolonge vers l'est, sous les terrains secondaires, jusqu'à Cracovie. Le Stéphanien n'y est pas représenté.

La base du Dinantien n'affleure pas, mais le Viséen est représenté par des grauwackes à *Archæocalamites*, par des schistes à *Posidonomyes* et *Goniatites sphæricus*, *Nomismoceras rotiforme*, *Prolecanites ceratitoides*, *Pronorites mixolobus*, ou encore par des calcaires à *Productus giganteus*, *corrugatus*, *Spirifer striatus*, *trigonalis*.

Ici aussi le Carbonifère moyen est discordant sur le Carbonifère inférieur. Il débute par les *couches d'Ostrau* à plantes, bien connues par les fossiles marins que Ferd. Roemer y a observés [44]. Ce sont notamment *Glyphioceras subcrenatum*, *reticulatum*, *Nomismoceras discus*, *Phillipsia*, *Productus scabriculus*, *longispinus*, *punctatus*, etc. Au-dessus vient le *Sattelflötz*, dont la flore a encore un cachet très ancien, tandis que les *couches de Karwin*, qui lui font suite, renferment la succession des flores du bassin houiller franco-belge. Des intercalations de couches à Lamellibranches d'eau saumâtre (*Anthracomya*, *Anthracosia*), associés à des Lingules, se rencontrent principalement dans le haut de la série et indiqueraient une dessalure progressive des eaux.

EUROPE HERCYNIENNE. — Pour la commodité du langage, on peut réunir sous le nom d'Europe hercynienne les régions qui ont été le théâtre de mouvements orogéniques au cours de l'époque Anthracolithique. La chaîne Armoricaire-Varisque n'en constitue qu'une partie, car on retrouve la trace de ces mêmes mouvements dans la chaîne des Alpes et dans les régions circumméditerranéennes.

Nous étudierons d'abord une bande qui confine au nord au bord méridional de la zone des plissements calédoniens et qui comprend le massif Armoricain, le bassin de Saarbrück, les Vosges, la Forêt-Noire (fig. 261).

Elle est caractérisée par l'existence d'une lacune correspondant soit à la base du Dinantien, soit à cet étage tout entier et par la présence simultanée du Westphalien et du Stéphanien, tandis que, dans la bande adjacente au nord, le Westphalien est presque toujours seul représenté et que dans les régions plus méridionales, les dépôts houillers sont exclusivement d'âge stéphanien.

*Massif Armoricain.* — Le Carbonifère occupe, dans le massif Armoricain, les mêmes synclinaux ou groupes de synclinaux que le Dévonien, il forme en outre un synclinal très resserré en Vendée, où il est réduit à son terme moyen, tandis que le Dévonien n'y est pas conservé.

Dans le sud du département de la Manche, il existe un affleurement assez étendu de Dinantien, entouré de toutes parts par des accidents tectoniques qui ont détruit ses relations primitives avec les terrains avoisinants. C'est le *calcaire de Régneville*, à *Productus giganteus*, *Chonetes papilionaceus*, qui représente le Viséen.

Au Plessis, dans le même département, et à Littry, dans le Calvados, se trouvent deux petits bassins houillers autrefois exploités, où le Stéphanien peu fossilifère supporte en concordance le Permien [XXXIV, 41].

Dans la zone synclinale axiale du massif Armoricain, le Carbonifère est conservé aux deux extrémités et forme les deux bassins de Châteaulin, à l'ouest, et de Laval, à l'est.

Dans le bassin de Châteaulin, le Dinantien est constitué par la puissante

masse des *schistes de Châteaulin*, avec conglomérats à la base et intercalations de tufs porphyritiques, de lentilles calcaires à *Phillipsia*, etc. Il est recouvert directement par du Stéphanien transgressif.

Dans le *synclinal de Laval* (fig. 264), le Dinantien débute par des poudingues, des schistes et des grès à anthracite, qui sont essentiellement transgressifs, puisqu'ils reposent soit sur le Dévonien moyen, soit sur le Dévonien inférieur, soit même sur le Silurien ou sur l'Algonkien. On y trouve des Végétaux, tels que *Cardiopteris polymorpha*, *Sphenopteris elegans*, *Rhodea gigantea*. Ils supportent des calcaires en bancs noirs viséens, avec *Phillipsia Derbyensis*, *Griffithides globiceps*, Gastéropodes, *Conocardium hibernicum*, *Productus giganteus*, *semireticulatus*, *Rhipidomella Michelini*, *Schizophoria resupinata*, *Rhynchonella pugnus*, *Martinia glabra*, *Spirifer bisulcatus*, *striatus*, etc. Des schistes et des grauweekes à Échinides séparent ces calcaires viséens du *calcaire de Laval*, amygdaloïde, qui n'a pas fourni de fossiles, mais que sa position stratigraphique au-dessus du Viséen permet de classer peut-être dans le

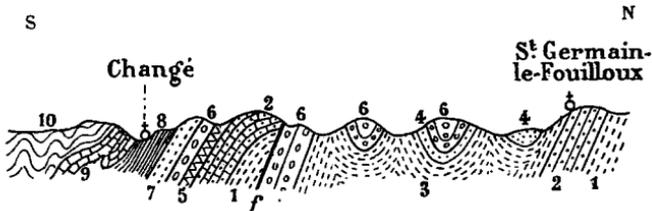


Fig. 264. — Coupe du flanc nord du synclinal de Laval (d'après D.-P. OEHLERT).  
Echelle : 1 : 80000.

- 1, schistes et quartzites de la base du Dévonien; 2, grès à *Orthis Monnieri*; 3, schistes et calcaires du Dévonien inférieur; 4, schistes et calcaires du Dévonien moyen; 5, blaviérite; 6, schistes et poudingues tournaisiens; 7, calcaire à *Productus giganteus* viséen; 8, schistes et grauweekes à Échinides; 9, calcaire de Laval; 10, schistes de Laval.

Moscovien, de même que les *schistes de Laval* à tiges de Crinoïdes, qui terminent la série. Par-dessus s'étend en discordance angulaire le Stéphanien, qui forme le bassin houiller de Saint-Pierre-la-Cour.

Dans le *synclinal d'Ancenis ou de la Basse-Loire*, les trois étages du Carbonifère se rencontrent en superposition et renferment tous trois des couches à Végétaux, indiquant une remarquable succession de flores. C'est ainsi qu'Éd. et Louis Bureau ont pu montrer [XXXIV, 49] que la grauweeke à plantes d'Ingrandes, dont la flore est très riche, vient se placer au niveau des couches de Waldenburg, dans la Basse-Silésie, et d'Ostrau, dans la Haute-Silésie, c'est-à-dire dans le Sudétien de Frech, à un niveau plus ancien que les flores westphaliennes du bassin franco-belge, mais aussi plus récent que celles du Dinantien du Plateau Central et des Vosges. Les petits bassins houillers de la Vendée sont du même âge.

*Bassin de Saarbrück.* — Le terme de *bassin*, appliqué à la région houillère de Saarbrück, rappelle plutôt les conditions primitives de sédimentation du Carbonifère que l'état actuel des choses, car, en réalité, on est aujourd'hui en présence d'une voûte de terrains houillers et permien, encadrée de trois côtés par de grandes fractures. Sur le bord sud-est, les couches les plus anciennes, d'âge westphalien, butent par faille contre le Trias inférieur. Leur substratum n'a jamais été atteint ni par des puits ni par des sondages, mais le Permien, qui est transgressif par rapport au Carbonifère, s'étend au nord sur des quartzites éodévonien. Le Westphalien et

le Stéphanien, dont l'ensemble atteint 5 000 m d'épaisseur, se trouvent en superposition et en concordance; c'est dans l'étage inférieur, connu sous le nom de *couches de Saarbrück*, que se trouvent les principales veines exploitées de charbons gras et de charbons flambants, tandis que l'étage supérieur, constitué par les *couches d'Ottweiler*, est pauvre en houille et comprend une masse de schistes noirs avec des houilles maigres, intercalée entre deux masses puissantes de grès rouges feldspathiques et de schistes rouges et verts.

Les couches de Saarbrück sont très riches en empreintes végétales [45] et ont fourni en outre des Insectes, des Arachnides et *Anthracosia Weissiana*. Dans les couches d'Ottweiler on ne rencontre guère que des Crustacés (*Leaia Bentschiana*, *Estheria limbata*, *tenella*), des Insectes, des Poissons.

On ne connaît, dans toute la série houillère de Saarbrück, aucune intercalation de couches marines.

Récemment, des sondages entrepris en Meurthe-et-Moselle, sur les indications de R. Nicklès, ont rencontré, à une grande profondeur, des couches de houille, que R. Zeiller attribue, d'après les plantes qui les accompagnent, au Westphalien supérieur et à l'extrême base du Stéphanien [46]. C'est le prolongement du bassin de Saarbrück.

*Vosges et Forêt-Noire.* — Les trois termes du Carbonifère ont été signalés dans les Hautes-Vosges.

Le Dinantien est représenté dans la vallée de la Bruche par des conglomérats, des grauwackes à plantes et des schistes, mais ses caractères paléontologiques et ses relations avec les autres terrains sont encore mal définis. Par contre, le même étage est connu depuis longtemps dans les Vosges méridionales sous la forme d'une grauwacke, qui, dans les environs de Thann, a fourni de fort belles empreintes végétales, appartenant aux espèces suivantes [47] : *Sphenopteris Schimperii*, *Cardiopteris polymorpha*, *Asterocalamites scrobiculatus*, *Lepidodendron Veltheimianum*, *Knorria imbricata*.

Plus récemment, une faune marine assez riche a été découverte dans des calcaires, par Mathieu Mieg, et étudiée par Tornquist [48]. Elle se compose d'Échinides (*Palechinus*, *Archæocidaris*), de Brachiopodes (*Chonetes papilionaceus*, *Productus giganteus*, *corrugatus*, *pustulosus*, *Spirifer bisulcatus*), de très nombreux Lamellibranches, de Gastéropodes (*Gonialites sphaericus*), de *Phillipsia*. Son âge viséen ne peut faire de doute, mais ses relations avec les terrains anciens de la région sont mal connues. Dans le sud de la Forêt-Noire, par contre, on voit des grauwackes de même âge reposer sur le granite, en débutant par un conglomérat de base.

Le Westphalien n'est représenté dans les Vosges qu'à Saint-Hippolyte et à Roderen par ses niveaux les plus bas, tandis que les petits bassins ou lambeaux houillers de Lalaye, d'Erlenbach, de Villé sont stéphanien, de même que celui de Ronchamp (Haute-Saône) et ceux de la Forêt-Noire. Les plissements des deux massifs ont dû prendre naissance entre le Carbonifère inférieur et moyen, car le Dinantien est fortement plissé et les terrains houillers, y compris le Westphalien, se sont déposés en couches horizontales dans des dépressions peu étendues de la chaîne nouvellement formée. Les plus récents sont transgressifs par rapport aux plus anciens et les dépôts permien, concordants avec ceux du Stéphanien, accentuent encore cette transgressivité.

Par tous ces caractères, les terrains carbonifères des Vosges rappellent tout à fait ceux de la Basse et de la Haute-Silésie, où le Westphalien est également discordant sur le Dinantien. Dans ces conditions, on est peut-

être en droit de rattacher ces deux importants bassins à la même zone tectonique que le massif Armoricaïn, le bassin de Saarbrück, les Vosges et la Forêt-Noire (fig. 261).

Dans les bassins houillers de la Bohême, par contre, le Stéphanien est seul représenté. Il repose en discordance sur le Dévonien et sur les terrains antérieurs et supporte en concordance le Permien. La Bohême appartient donc à une zone plus méridionale de l'Europe, qui comprend le Plateau Central, les Pyrénées, presque toute la chaîne des Alpes, les Balkans et qui est caractérisée par l'absence du Carbonifère moyen et la transgressivité du Carbonifère supérieur. Dans l'Europe méridionale nous voyons toutefois reparaitre le Moscovien ou le Westphalien.

*Plateau Central.* — Contrairement à ce qui a lieu dans le massif Armoricain et dans les Vosges, dans le Nord du Plateau Central le Dinantien se relie intimement au Dévonien, avec lequel il est concordant. Il est représenté dans le synclinal de l'Autunois et dans celui du Beaujolais. Il débute par des niveaux de grès à plantes et de poudingues, surmontés par des schistes gréseux, qui renferment près de Luzy, *Spirifer tornacensis*, *Porcellia puso*, *Brachymetopus Duponti*, *Phillipsia derbyensis*. C'est du Tournaisien assez élevé. Des épanchements d'andésites (orthophyres), accompagnés de tufs, y sont intercalés [50].

Le Viséen, qui débute souvent par un conglomérat, se trouve sous la forme de bancs calcaires en lentilles intercalées dans des schistes ou dans des grès. Julien y a trouvé *Productus giganteus*, *corrugatus*, *Phillipsia Eichwaldi*. Albert Michel-Lévy y a recueilli, dans la Loire, de nombreux Foraminifères (*Endothyris*, *Valvulina*, *Trochammina*). La partie supérieure du Viséen est composée de tufs et de coulées microgranulitiques.

Tout le Plateau Central a été le théâtre de mouvements orogéniques d'une grande intensité au Carbonifère moyen. Le Stéphanien s'est déposé en discordance sur les terrains métamorphiques et ses dépôts remplissent des dépressions synclinales souvent parallèles aux plissements préexistants, mais disloquées à leur tour à une époque ultérieure. C'est pourquoi certains petits bassins jalonnent de grandes failles, qui coupent les plis à angle droit et peuvent être suivies sur de très grandes longueurs.

Nous ne saurions nous livrer ici à une étude détaillée des divers bassins houillers, nous nous contenterons de donner, d'après les travaux de Grand'Eury [51], la succession des couches stéphanienues dans l'ensemble de la région, en indiquant, pour chaque zone, les principaux bassins où elle est représentée. Voici cette succession :

I. Zone de Rive-de-Gier, avec *Sigillaria tessellata*, *Lepidodendron elegans*, *Sphenopteris*, *Neuropteris*, *Dictyopteris*, etc. ;

II. Zone des Cévennes, comprenant les bassins de Graissessac, d'Épinac, de Carmaux et caractérisée par de nombreux *Pecopteris*, *Calamites canæformis*, *Asterophyllites hippuroides*, etc. ;

III. Zone des Cordaïtes, correspondant au groupe inférieur de Saint-Étienne, aux bassins de Saint-Chamond, Langeac, la Grand'Combe, avec prédominance des *Cordaïtes*, *Pecopteris cyathea*, *Dicranophyllum gallicum* ;

IV. Zone des Filicacées : Saint-Étienne moyen, Decazeville inférieur, Grand'Combe supérieur, avec *Odontopteris Reichiana*, *Alethopteris Grandini*, *Poacordaites* ;

V. Zone de passage, comprenant les bassins de Decize, Ahun ;

VI. Zone des Calamodendrées : Saint-Étienne supérieur, Decazeville supérieur, Commeny, avec prédominance de *Calamodendron psaroniocalon*, *Asterophyllites equisetiformis*, *Odontopteris Schlotheimi*, *Cordaïtes* (pl. LXXXVI), *Dorycordaites*, *Poacordaites acicularis*.

Comme on le voit, aucun bassin ne fournit la succession complète des niveaux. Mais fréquemment il ne s'agit que d'une simple lacune paléontologique, car les termes manquants sont remplacés par des couches stériles, où les empreintes végétales font également défaut. Ainsi, dans le bassin de la Loire, la zone des Cévennes est constituée par une masse puissante de conglomérats. D'autre part, on peut établir que la série houillère du Plateau Central fait suite immédiatement dans le temps au Westphalien franco-belge, car la zone inférieure présente de grandes affinités paléontologiques avec la zone de Bully-Grenay, par quoi se termine le Westphalien du Pas-de-Calais.

La zone supérieure supporte en concordance l'Autunien, c'est-à-dire le Permien inférieur lacustre. Plusieurs auteurs, en particulier Potonié, ont voulu en faire la base du Permien, parce qu'elle renferme déjà le genre *Walchia*. Zeiller a fait remarquer avec raison [52] qu'un équivalent exact des couches par lesquelles on fait débiter en Allemagne le Permien se trouve dans le Plateau Central immédiatement au-dessus de la zone des Calamodendrées, qui ne renferme pas encore les *Callipteris* si caractéristiques du Permien inférieur.

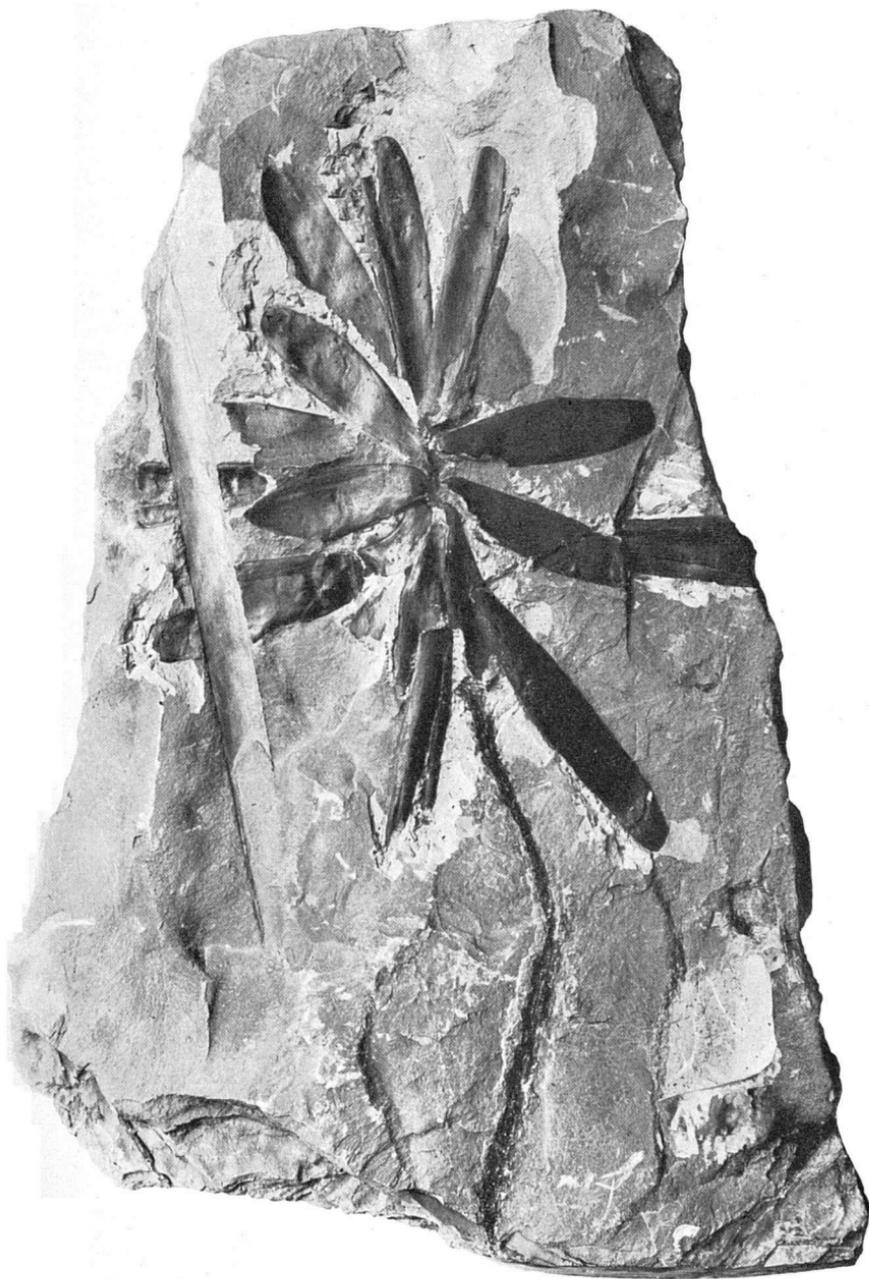
En général, les restes organiques autres que les empreintes végétales sont rares dans le Stéphanien du Plateau Central. On trouve de temps en temps des débris de Poissons ou des valves d'*Estheria*, comme par exemple dans le bassin du Gard, mais ce ne sont pas là de véritables faunes. La localité de Commentry, toutefois, fait exception. Grâce aux recherches de H. Fayol, elle a fourni, non seulement une flore très riche [53], localisée principalement dans le *banc à roseaux* (pl. LXXXVI), mais encore des restes animaux assez nombreux, des Poissons (*Pleuracanthus*, *Amblypterus*, *Commentrya*, *Cosmopoma*), des Crustacés (*Arthropleura*) et surtout des Insectes, qui ont fait de la part de Charles Brongniart l'objet d'une très importante monographie [55].

L'absence totale d'Animaux marins montre bien que le Houiller du Plateau Central est une formation continentale. La nature allochtone de la houille du bassin de Commentry (pl. LXXXV, 2) a été démontrée d'une manière irréfutable par H. Fayol [X, 19]. De même, dans la plupart des autres bassins, la houille a pris naissance par charriage de débris végétaux dans des dépressions lacustres. Cependant Grand'Eury a décrit dans le bassin de Saint-Étienne des sols de végétation avec rhizomes de *Calamodendron* en place (v. p. 137 et fig. 31), qui ne laissent aucun doute sur l'origine autochtone de certaines couches.

*Montagne Noire, Pyrénées, Basse-Provence.* — Dans le massif de la Montagne Noire, le Dévonien et le Carbonifère sont concordants. Le Dinantien débute par des lydienes et des schistes à bancs calcaires. Les lydienes renferment des nodules siliceux et phosphatés riches en Radiolaires. La partie supérieure des schistes contient quelques fossiles (*Spirifer tornacensis*, *Productus semireticulatus*, *Posidonomya Becheri*) et doit être attribuée au Tournaisien. On y observe des intercalations gréseuses à *Lepidodendron Veltheimianum*. Des calcaires qui leur font suite sont plus fossilifères (*Productus striatus*, *Spirifer bisulcatus*, *Martinia glabra*, Lamellibranches, Gastéropodes, etc.) et appartiennent au Viséen [XXXII, 28].

On ne connaît pas de formations paléozoïques plus récentes dans la Montagne Noire proprement dite, mais le Stéphanien se présente dans les mêmes conditions que dans le Plateau Central à Neffiez et à Graissessac.

Le Dinantien affleure dans les Corbières sous la forme de grès et de conglomérats à *Calamites*. Dans les Pyrénées, par contre, il présente de nouveau



Cliché H. Ragot.

*Cordaites lingulatus* (1/2 gr. nat.)

Banc des Roseaux.

Stéphanien supérieur, Commentry (Allier).

des analogies très grandes avec la Montagne Noire. On y retrouve, en concordance sur les griottes du Dévonien, les lydiennes de la base et les calcaires viséens. Ceux-ci ont fourni, en divers endroits, à J. Seunes et à Bresson, des *Goniatites* : *Goniatites crenistria*, *Prolecanites Henslowi*, *Pronorites cyclolobus*, *Dimorphoceras* n. sp. Quelquefois des grès à *Nereites* ou à empreintes végétales s'intercalent dans la série.

Le Westphalien n'est connu que dans le massif de la Maladetta, où il renfermait des Végétaux caractéristiques; mais, d'après J. Caralp, le Dinantien serait relié, dans l'Ariège, au Permien inférieur par des schistes noirs gréseux, le tout en succession concordante. Le Stéphanien, qui, en plusieurs endroits, comme dans le petit bassin houiller de la Rhune, contient les Végétaux caractéristiques de l'étage, présenterait, d'après le même auteur, des intercalations à Crinoïdes, à Bryozoaires, à Gastéropodes.

*Péninsule Ibérique.* — Les Asturies, grâce aux belles recherches de Charles Barrois [XXXII, 32], fournissent à l'étude un type tout à fait remarquable du Carbonifère, car les trois étages s'y trouvent en concordance. Voici les termes qui constituent cette succession :

1. Marbre griotte à *Goniatites crenistria*, *Glyphioceras Malladæ*, *Pronorites cyclolobus*, *Prolecanites Henslowi*, d'âge probablement viséen, le Tournaisien faisant défaut.
2. Calcaire des cañons, épais de plus de 200 m, métallifère, à cristaux de quartz et intercalations dolomitiques, presque sans fossiles;
3. Couches de Leña, constituées par des alternances de schistes à Végétaux, de poudingues et grès, et de calcaires à fossiles marins, ces derniers renfermant une faune très riche, représentant le Moscovien inférieur et comprenant des Gastéropodes, des Lamellibranches, des Brachiopodes (*Spirifer mosquensis*, *bisulcatus*, *trigonalis*, *Aulacorhynchus Davidsoni*, *Productus punctatus*, *longispinus*), des Zoanthaires (*Axophyllum expansum*, *Lonsdaleia rugosa*, *Amplexus coralloides*), des Pharétrones (*Sollasia*, *Amblysiphonella*, *Sebargasia*), des Foraminifères (*Fusulina cylindrica*, *Fusulinella sphæroidea*);
4. Schistes de Sama de Langreo, à *Dictyopteris sub-Brongniarti*, avec couches de houille et faune saumâtre (*Entomis Grand'Euryi*, *Orthonema*, *Naiadites*, *Anthracosia*, *Schizodus*, *Myalina*), correspondant à la zone terminale du Westphalien;
5. Conglomérat de Tineo, à *Pecopteris Pluckeneti*, d'âge stéphanien.

Le Stéphanien est généralement transgressif et il repose en discordance sur les termes inférieurs dans la plupart des bassins houillers des Asturies. Il se retrouve avec son caractère continental au Portugal et dans le sud de la Nouvelle-Castille.

Dans la province de Huelva, le Dinantien est constitué par des schistes et des grauwackes à *Goniatites sphæricus* et *osidonomya Becheri*, le Moscovien, par des couches à *Spirifer mosquensis*.

Dans le bassin de Belmez, dans la Sierra Morena, des couches à Végétaux s'intercalent dans le Dinantien, et le Moscovien est constitué, d'après Mallada [56], par des alternances de couches de houille avec grès et schistes à empreintes végétales et de calcaires à Brachiopodes.

Dans les environs de Barcelone, le Carbonifère a de grandes affinités avec celui de la Montagne Noire.

*Corse, Italie, Basse-Provence.* — Les terrains carbonifères de Corse et de Sardaigne sont encore très mal connus. On a signalé des calcaires dinantiens et des schistes à anthracite avec lentilles calcaires d'âge westphalien dans l'ouest de la Corse. Par contre, les affleurements houillers de Sardaigne ne renferment que des végétaux stéphanien. Il en est de même d'un petit bassin houiller situé dans le massif de l'Estérel, dans le Var, et des gisements plus importants de la Toscane. Ceux-ci ont fourni, à Jano et

dans le Monte Pisano, des flores assez riches, dont l'étude a été faite par Carlo de Stefani [57].

La présence du Carbonifère dans l'île d'Elbe et dans les monts Péloritains, en Sicile, est tout à fait douteuse.

*Alpes occidentales.* — Dans toute la branche occidentale de l'arc Alpin, il importe de séparer nettement les dépôts carbonifères de la zone externe de ceux de la zone axiale, aussi appelée zone du Briançonnais.

Dans les chaînes extérieures, aussi bien en France qu'en Suisse, le Stéphanien est seul représenté et il forme de petits bassins isolés, comme celui de Barles, dans les Basses-Alpes, celui de la Mure, dans l'Isère, ceux des Grandes-Rousses, de Belledonne, du Prarion et des Aiguilles-Rouges, en Savoie, puis, en Suisse, celui du Tædi. Ils sont constitués par des schistes et des grès avec bancs de houille maigre ou d'antracite et présentent souvent, surtout à la base, des conglomérats, dont les éléments sont empruntés aux terrains métamorphiques sous-jacents, qu'ils recouvrent toujours en discordance.

Il en est tout autrement dans la zone axiale, où les terrains carbonifères forment une bande de largeur très variable, d'abord discontinue, depuis Savone jusqu'à Briançon, puis parfaitement continue, depuis cette place jusqu'à Sierre, dans le Valais, en passant par la Maurienne, la Tarantaise et en arrière du Mont-Blanc [58]. Ils sont concordants aussi bien avec les terrains métamorphiques sous-jacents qu'avec le Permien, qui lui-même est concordant avec le Trias. Ils atteignent une très grande épaisseur et sont souvent fortement métamorphisés. On est ici dans la zone axiale du géosynclinal alpin. Plus à l'est, sur le bord de la plaine du Pô, on rencontre un type encore plus métamorphique.

La houille, ou plutôt l'antracite, y est irrégulièrement distribuée et n'est jamais très abondante. Les empreintes végétales indiquent, en quelques points, la présence du Westphalien et plus fréquemment celle du Stéphanien. On n'a jamais observé, dans toute cette zone, aucune trace de fossiles marins.

*Alpes orientales.* — Le Carbonifère inférieur n'est connu sur le bord méridional des Alpes calcaires septentrionales qu'en un point, dans la vallée de Veitsch, en Styrie; il est mieux développé sur le bord septentrional des Alpes calcaires méridionales, c'est-à-dire dans la zone du Gailthal, où on lui donne le nom de *couches de Nætsch*. Ce sont des conglomérats et des grauwackes très fossilifères, dont la faune a été décrite il y a longtemps par L. de Koninck [59]. A côté de très nombreux Lamellibranches, on y trouve les Brachiopodes les plus caractéristiques du Viséen, notamment *Productus giganteus*, *corrugatus*, *scabriculus*, *punctatus*, *Spirifer bisulcatus*, et des Coralliaires, tels que *Zaphrentis intermedia*, *Lonsdaleia rugosa*. Les schistes de Veitsch sont certainement du même âge.

Le Carbonifère moyen est totalement inconnu dans les Alpes orientales. Par contre, le Carbonifère supérieur y est représenté sous la forme stéphanienne, à la Stang Alpe, dans la chaîne cristalline des Tauern, et sous la forme mixte d'alternances de calcaires à faune ouralienne avec des couches à plantes de la flore stéphanienne, dans les Alpes Carniques [61]. Dans le premier cas, le Carbonifère supérieur est discordant sur les terrains cristallophylliens; dans le deuxième, il repose, également en discordance, sur la série Paléozoïque ancienne, fossilifère, qui se termine par le Dinantien (fig. 265). La faune a les plus grandes affinités avec celle de l'Ouralien de Russie, elle se trouve dans des bancs calcaires, souvent presque entièrement

formés de Fusulines, tandis que les Végétaux se rencontrent dans les schistes et les grauwackes. Fr. Frech [XXXIII, 68; 6] distingue les deux divisions suivantes :

1° Les couches d'*Auernigg*, à *Spirifer supramosquensis*, avec Fusulines (espèces spéciales à la région) à tous les niveaux, *Griffithides scitula*, nombreux Gastéropodes (*Conocardium araticum*), Brachiopodes (*Productus lineatus*, *Martinia Frechi*, *carinthiaca*), Coralliaires, etc. ;  
2° un calcaire à *Schwagerina princeps* et Fusulines [60].

Au-dessus viennent en concordance des calcaires qui appartiennent au Permien inférieur.

Ces couches ouraliennes ne se rencontrent pas exclusivement dans les Alpes Carniques, on les a suivies assez loin vers l'est, dans la chaîne des Karawanken.

*Karpates, Alpes Dinariques, péninsule Balkanique.* — Sur le versant méridional des Karpates, il existe à Kornyaréva et à Dobsina, en Hongrie, deux

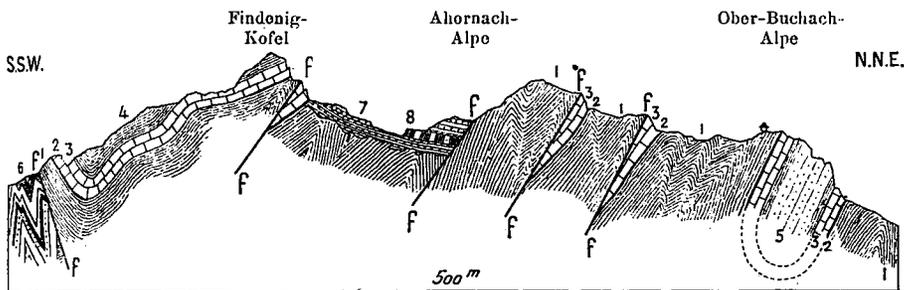


Fig. 265. — Coupe transversale des Alpes Carniques (d'après GEORG GEYER).

1, grauwackes et schistes ordoviciens; 2, schistes siliceux noirs à Graptolithes; 3, calcaires gothlandiens; 4, schistes argileux gothlandiens; 5, calcaires dévoniens; 6, grauwackes et schistes dinantiens; 7, schistes, grès et conglomérats ouraliens; 8, calcaires à Fusulines. ff, chevauchements.

affleurements du Dinantien supérieur qui ont de grandes analogies avec les dépôts viséens de la Silésie et ceux des Alpes orientales [62]. Ce sont des calcaires, des schistes, des grès et des conglomérats, qui renferment principalement des Brachiopodes (*Spirifer striatus*, *trigonalis*, *bisulcatus*, *Productus scabriculus*, *Orthothetes crenistria*), des Lamellibranches (*Myalina*, *Aviculopeecten*, *Edmondia*), des Gastéropodes, des Coralliaires, etc.

E. Kittl a fait connaître de Prača, près Serajewo, en Bosnie, une série composée de calcaires et de schistes surmontés de lydiennes, dont quelques bancs sont fossilifères [63]. Il s'y trouve surtout des Lamellibranches, une *Phillipsia* et des Goniatites (*Goniatites sphæricus*, *Glyphioceras*, *Nomismoceras spirorbis*, *Pronorites*, *Prolecanites*), qui indiquent l'âge viséen de ces couches.

Dans les gorges de l'Isker, en Bulgarie, Toula a signalé des grès à *Lepidodendron Veltheimianum* et *Archæocalamites radiatus*, qui représentent également le Dinantien.

Le Moscovien n'est connu ni dans les Karpates ni dans la péninsule Balkanique. Mais on a décrit du Stéphanien à plantes en plusieurs points de la Hongrie et en Serbie. Le faciès marin de l'Ouralien existe à Budua, dans le Sud de la Dalmatie, où G. Bukowski a trouvé, dans une série de schistes, de grès et de calcaires, des *Schwagerina*, de nombreux Brachiopodes (*Productus lineatus*, *Camarophoria alpina*, *Spirifer carnicus*, *Fritschi*, etc.)

et des Gastéropodes. Deprat a découvert dans les monts Galtzades, en Eubée, des calcaires ouraliens, avec *Fusulina*, *Schwagerina*, *Bellerophon*, etc., discordants sur des schistes et des grès paléozoïques d'âge indéterminé. Enfin, des calcaires à Fusulines, également d'âge ouralien, existent encore dans les îles de Chio et de Kos, dans l'Archipel.

*Asie Mineure, Perse et Crimée.* — L'Ouralien de ces deux îles forme le trait d'union avec celui de l'Asie Mineure.

G. Bukowski a découvert à Balia Maaden, en Mysie, des calcaires à *Fusulina* et *Schwagerina* très fossilifères, dont la faune a été étudiée par Enderle [64]. Les Brachiopodes, qui sont particulièrement abondants, ont de grandes affinités avec ceux de l'Oural, en même temps qu'avec ceux de l'Inde (*Spirifer supramosquensis*, *Martiniopsis subpentagonalis*, *Spirigerella grandis*, *Productus Gruenewaldti*, *Derbya Waageni*, etc.).

Des calcaires à *Fusulina cylindrica* ont été également rencontrés en Cilicie.

Les termes inférieurs du Carbonifère paraissent manquer dans une grande partie de l'Asie Mineure. Toutefois, à Héraclée, sur la côte méridionale de la mer Noire, le Dinantien est représenté par des calcaires à *Productus semireticulatus* et *Martinia glabra*, qui supportent un Westphalien riche en houille. En étudiant les Végétaux recueillis dans ce bassin houiller par Ralli, R. Zeiller [65] a pu montrer l'existence de trois flores successives : l'une qui correspond aux flores des couches d'Ostrau et de Waldenburg, c'est-à-dire à la base de l'étage, et qui renferme notamment *Sphenopteris dicksonioides*, *Larichi*, *Diplotmema dissectum*, *Sphenophyllum tenerrimum*, *Calamites ostraviensis*; la seconde, qui contient les espèces les plus caractéristiques de la zone à *Neuropteris Schlehani*; la supérieure, enfin, qui vient se placer au niveau des couches-limite du Westphalien et du Stéphanien et qui comprend des espèces spéciales au niveau de Radstock, en Angleterre, et de Gaislautern, dans le bassin de Saarbrück. Il y a donc, dans le bassin d'Héraclée, une grande lacune paléontologique, correspondant à tout le Westphalien moyen et à une grande partie du Westphalien supérieur. De plus, rien n'indique la présence de l'Ouralien, si bien développé plus au sud.

En Arménie et en Perse, on ne retrouve plus que des représentants exclusivement marins du Carbonifère. Les trois termes ont été signalés, mais leurs relations stratigraphiques sont encore mal connues.

Le DINANTIEN a été observé par Frech et Arthaber [XXXIV, 77], en concordance absolue avec le Dévonien supérieur à *Spirifer Verneuli*, à l'embouchure de l'Arpachai dans l'Araxe. Il débute par des marnes et des schistes, incontestablement lournaisiens, à *Spirifer tornacensis*, *tenticulum*, *Rhipidomella Michelini*, *Plectambonites analogus*, *Orthotheses crenistria*, *Rhynchonella pleurodon*, *Cyathaxonia cornu*. Puis viennent des calcaires à *Productus semireticulatus*, *Keyserlingianus*, *Lonsdaleia Araxis*, qui représentent le Viséen, et des calcaires à *Fusulinella sphaerica*, d'âge moscovien. Le Carbonifère supérieur et le Permien inférieur manquent dans la région de l'Araxe.

Le VISÉEN est encore connu en plusieurs points dans le Nord de la Perse : entre Djoulfa et le lac d'Ourmia, dans le massif du Demavend, sur la rive sud de la Caspienne, etc.

Les espèces suivantes ont été recueillies par divers auteurs [XXXIV, 77; 66] : *Spirifer striatus*, *Syringothyris cuspidata*, *Martinia glabra*, *Orthotheses crenistria*, *Chonetes papilionaceus*, *Productus semireticulatus*, *pustulosus*, *corrugatus*, etc.

Le MOSCOVIEN n'est pas connu avec certitude dans le Nord de la Perse, mais il semble que l'on doive lui attribuer les calcaires à *Fusulinella sphaerica*.

*rica* et *lenticularis* de Kalian Kouh, dans le pays des Baktyaris, observés par J. de Morgan et étudiés par H. Douvillé [66].

Des cailloux de calcaire à *Fusulina Verneuli* et *Schwagerina princeps*, trouvés à Charoud dans un conglomérat tertiaire, indiquent peut-être la présence de l'OURALIEN. D'autres calcaires, rencontrés dans les mêmes régions, semblent appartenir au Permien inférieur.

Les calcaires ouraliens à *Schwagerina princeps* de Simféropol, en Crimée, découverts par C. de Vogdt, forment le lien entre les formations de même âge de l'Asie Mineure et de la Perse et celles du Donetz et de l'Oural.

AFRIQUE SEPTENTRIONALE. — Les régions dont nous abordons maintenant l'étude vont nous fournir, de l'autre côté de la dépression méditerranéenne, le pendant des deux zones principales de l'Europe, zone calédonienne et zone hercynienne. Nous commençons notre aperçu par l'est, par l'extrémité du *Plateau désertique* la plus rapprochée de l'Asie Mineure.

*Sinaï et Égypte.* — Les terrains métamorphiques, dans lesquels s'est formée, à une époque d'ailleurs récente, la dépression de la mer Rouge, supportent, sur les deux rives de cette mer, des grès restés à peu près horizontaux, connus sous le nom de *grès de Nubie*. On n'y a trouvé jusqu'ici qu'une Sigillaire, dans l'Arabie Pétrée, et un *Lepidodendron*, dans la péninsule du Sinaï. Mais un niveau calcaire s'y trouve intercalé et il a fourni des fossiles carbonifères dans la vallée de Nasb, en Arabie Pétrée (*Rhipidomella Michelini*, *Orthohetes crenistria*, Gastéropodes, Crinoïdes) et surtout sur les bords de l'Ouadi-El-Arabah, à l'ouest du golfe de Suez. Schellwien a montré [67] que les fossiles recueillis en ce point par Schweinfurth et par Joh. Walther sont d'âge moscovien. Ce sont notamment *Productus semireticulatus*, *Spirifer convolutus*, *mosquensis*, *Enteles ægyptiacus*, etc.

On retrouve le Carbonifère bien plus à l'ouest et aussi sensiblement plus au sud, dans le Sahara central, où il forme plusieurs affleurements assez étendus, isolés les uns des autres par de vastes surfaces de Dévonien ou de terrains métamorphiques. Si l'on fait abstraction d'un point où Overweg a recueilli, entre Mourzouk et Ghât, une Sigillaire, avec des articles de tiges de Crinoïdes et autres fossiles indéterminables, l'affleurement le plus oriental est celui de l'erg d'Issaouan, découvert par F. Foureau [XXXIII, 79]. Les fossiles recueillis par cet explorateur ont été étudiés par l'auteur de ce Traité et reconnus comme exclusivement moscoviens et ouraliens.

En effet, les grès éodévoniens non plissés du Tassili supportent directement des grès avec troncs de *Lepidodendron*, à tous les états de décortication, et *Omphalophloios*, transformés en limonite. L'un des troncs se rapporte à une espèce au moins très voisine de *Lepidodendron lycopodioides*, forme westphalienne. Puis viennent des calcaires renfermant des espèces peu caractéristiques de Brachiopodes (*Productus semireticulatus*, *Spirifer rectangularis*, etc.), qui sont fréquentes dans le Moscovien. Mais la masse principale des calcaires renferme de nombreux Brachiopodes très caractéristiques de l'Ouralien, tels que *Productus cora*, *lineatus*, *gallatinensis*, *inflatus*, *Camarophoria Purdoni*, associés à des Gastéropodes, des Crinoïdes, des Tétracoralliaires indéterminables.

Dans l'extrême Sud Marocain, des calcaires à *Productus*, découverts par O. Lenz dans la région de l'oued Draa, renferment des Crinoïdes, des Zoanthaires et plusieurs espèces nouvelles de *Productus*, décrites par Stache [68]. Il est probable que ces couches sont d'âge moscovien.

Tout récemment, enfin, G.-B.-M. Flamand a reconnu, parmi des échan-

tilions recueillis par le lieutenant Mussel à Taoudeni, l'une des espèces du Draa, *Productus africanus*, associée à d'autres formes (*Productus semireticulatus*, *Syringothyris*, *Lithostroton*), qui ne permettent aucune détermination d'âge précise [69].

Plus au nord, au Tidikelt, le Dinantien commence à apparaître, mais ses relations stratigraphiques sont encore mal connues.

Près d'Akabli affleurent des marnes assez fossilifères, qui ont fourni notamment *Pleurotomaria Yvani*, *Plectambonites analoga*, *Schizophoria resupinata*, *Athyris lamellosa*, *Michelinia favosa*, *Zaphrentis*, *Lophophyllum*. C'est vraisemblablement du Tournaisien, d'autant plus que le Dévonien supérieur est connu dans le voisinage. Le Viséen semble être également représenté dans la région, notamment à Hacı Taïbin et dans les environs de Timimouñ, ainsi qu'il résulte des récoltes faites par E.-F. Gautier.

Mais le district du Nord de l'Afrique qui a fourni jusqu'ici le plus grand nombre de fossiles carbonifères, est la région du Guir et de la Zousfana, dans le Sud Oranais, qui s'étend de Ben-Zireg, au nord, à Igli, au sud. Plusieurs espèces très caractéristiques du Viséen y ont été signalées par divers auteurs, notamment : *Goniatites striatus*, *Prolecanites serpentinus*, *Paraprolecanites mixolobus*, *Spirifer striatus*, *Productus giganteus*, *Syringothyris cuspidatus*, associés à d'autres Brachiopodes, à des Bryozoaires (*Archimedes*, *Fenestella*), des Crinoïdes, des Tétracoralliaires nombreux. Les calcaires bleuâtres qui renferment cette faune sont plissés, de même que le Dinantien du Tidikelt. Le Carbonifère moyen et supérieur du Sahara central est, par contre, resté horizontal.

L'existence d'une lacune entre le Dévonien et le Carbonifère du Sud rappelle ce qui se passe dans l'extrême Nord de l'Europe, au Timan et dans l'île aux Ours. La discordance du Dévonien inférieur sur le Silurien dans la même région, permet d'y voir l'équivalent de la chaîne Calédonienne. Par contre, la concordance du Dévonien et du Carbonifère dans le Tidikelt et dans le Sud Oranais et l'existence de plissements postcarbonifères conduit à envisager ces pays comme un pendant de la chaîne Hercynienne. E.-F. Gauthier y a retrouvé les directions armoricaine et varisque [XXXIII, 49 bis].

Cette conclusion est confirmée par la découverte récente du Carbonifère moyen dans la région de Colomb-Béchar [69 ter, 70]. Des schistes à Végétaux westphaliens (*Sphenopteris Boulayi*, *Neuropteris gigantea*, *Linopteris Münsteri*, *Calamites Suckowi*, Cordaïtes) et petits lits de houille y alternent avec des couches à fossiles marins (*Gastrioceras*, *Paralegoceras*, *Aviculopecten*, *Allorisma*, *Productus*, Crinoïdes).

Dans le Grand Atlas marocain, le Viséen a été reconnu en deux points par L. Gentil : dans l'est, sur le versant méridional, exactement au sud de Demnat, sous la forme de calcaires tout à fait semblables à ceux du Sud Oranais ; plus à l'ouest, dans la région au sud de Marrakech, sous la forme de grauwackes et de schistes. Les fossiles les plus communs sont : *Productus pustulosus*, *Chonetes papilionaceus*, *Orthotheses crinistria*, *Spirifer striatus*, associés à des *Fenestella*, des Tétracoralliaires et des Crinoïdes très nombreux.

Enfin, tout récemment, le même explorateur [70 bis] a fait dans le Nord-Est du Maroc, sur la frontière algérienne, l'importante découverte d'une puissante série, qui représente peut-être le Carbonifère tout entier. La base, constituée par des argiles schisteuses à bancs de calcaires à Crinoïdes, est viséenne. Elle est très fossilifère et renferme notamment : *Glyphioceras truncatum*, *Goniatites striatus*, *Posidoniella vetusta*, *Spirifer trigonalis*,

*striatus*, *Athyris Roissyi*, *Productus costatus*, *pustulosus*, *corrugatus*, de nombreux Crinoïdes et Tétracoralliaires. Les couches supérieures, composées en partie de phanites, n'ont pas encore fourni de fossiles bien caractéristiques.

ASIE CENTRALE ET ORIENTALE. — Nous revenons maintenant à l'Asie et nous nous occuperons pour le moment seulement du Carbonifère de l'Asie centrale et orientale, nous réservant de revenir sur celui de l'Inde péninsulaire lorsque nous parlerons du Permien de cette région. Quant à l'Asie septentrionale, le Carbonifère n'y est connu que dans l'extrême Nord de la Sibérie et sur le versant oriental de l'Oural. Il est entièrement inconnu dans la Sibérie centrale, entre l'Ienisseï et la Lena.

Les seuls témoins de l'extension de la mer carbonifère actuellement connus sur le bord asiatique de l'Océan Arctique, ont été découverts par Toll dans le delta de la Lena et dans les îles de la Nouvelle-Sibérie. Ce sont des calcaires renfermant des Brachiopodes moscoviens [71].

*Sibérie occidentale.* — Sur le versant est de l'Oural, le Carbonifère inférieur fait suite en concordance au Dévonien supérieur. Il débute par des schistes et des grès avec intercalations de houille et empreintes végétales (*Lepidodendron Glinkanum*, *Stigmaria ficoides*), auxquels font suite des calcaires à *Productus giganteus* et *Spirifer striatus*, qui représentent le Dinantien supérieur.

Le Moscovien comprend notamment les calcaires de la Chartymka, d'où proviennent plusieurs Goniatites décrites par de Verneuil [XXXII, 19 bis], telles que *Glyphioceras striolatum*, *Gastrioceras Marianum*, *Pronorites cyclolobus* [98]. Ces espèces sont associées à des Gastéropodes, des Lamellibranches, des Brachiopodes extrêmement nombreux [72].

L'Ouralien est remarquable par son caractère détritique et surtout par la présence d'un conglomérat à éléments imparfaitement arrondis, dans lequel on rencontre, à l'état remanié, des fossiles des niveaux sous-jacents. Il se termine par des calcaires à Zoanthaires et par des argiles à gypse, qui indiquent un régime lagunaire, précurseur d'une émergence très prolongée, car on ne trouve dans la région ni Permien, ni Trias, et le Jurassique y est constitué en grande partie par des couches continentales à plantes [15].

Dans la steppe des Kirghises, dans l'Altaï et dans le bassin de Kousnezsk, le Dévonien est recouvert en concordance par des calcaires à *Spirifer tornacensis* et *Syringothyris cuspidata* d'âge tournaisien. La faune viséenne n'a pas encore été signalée dans la région, mais, en revanche, on y a trouvé des grès à *Lepidodendron Veltheimianum* et le Carbonifère supérieur y est représenté par des couches houillères, renfermant, à côté de plantes probablement stéphanienues, des Lamellibranches lagunaires (*Anthracomya*, *Carbonicola*, *Posidonomya*).

*Turkestan.* — Les trois termes du Carbonifère ont été reconnus dans le Turkestan oriental et en particulier dans le Tian-chan et dans le Kouen-lun occidental.

La présence du Dinantien a été établie tout d'abord sur quelques échantillons recueillis par Stoliczka à Bash-shogon, au nord de Kachgar (*Chonetes comoides*, *Cyathophyllum concinnum*), et à Sanju, dans le Kouen-lun occidental (*Orthothetes crenistria*) [XXXIV, 74]. Depuis, H. Keidel a reconnu la grande extension des calcaires à *Productus giganteus* dans le Tian-chan méridional [73].

Dans les mêmes régions, des calcaires à *Spirifer mosquensis*, *Productus semireticulatus*, *Chonetes variolaris*, indiquent l'existence du Moscovien.

Les calcaires ouraliens à *Schwagerina princeps* sont très fossilifères dans le Tian-chan méridional, par exemple au fort Tongitar (*Productus cora*, *indicus*, *Chonetes dalmanoides*, *Reticularia lineata*, *Spirifer okensis*, *poststriatus*) [XXXIV, 74] et dans le Kukurtuk (*Notothyris nucleolus*, *Productus uralicus*, *inflatus*, *cora*, *lineatus*, *Marginiifera Clarkei*, *Schizophoria supracarbonica*, *Enteles Kayseri*, *Tschernysheffi*, *Spirifer lyra*, *supramosquensis*, etc.). La plupart des espèces sont identiques à des formes de l'Ouralien de l'Oural ou des Alpes Carniques, quelques-unes se retrouvent dans les couches à *Productus* de l'Himalaya ou de la Salt Range.

L'Ouralien est transgressif en un certain nombre de points du Tian-chan et il repose alors en discordance sur des terrains antécarbonifères plissés.

Chine. — Dans le Nord de la Chine, où le Dévonien fait entièrement défaut, le Dinantien ne s'est pas davantage déposé. La série carbonifère débute par le Moscovien, dans le Chan-toung par exemple, qui, d'après Blackwelder [XXXI, 18], repose directement sur la surface ravinée des calcaires ordoviéens.

L'étage est constitué par une remarquable alternance de schistes, de grès à plantes, de couches de houille et de calcaires à fossiles marins. Sur le versant nord du Nan-chan, Loczy [XXXI, 17] a observé une succession analogue de couches houillères à plantes westphaliennes et de calcaires, dans lesquels il a recueilli *Spirifer mosquensis*, *Enteles Lamarcki*, *Chonetes variolaris*, *Fusulina cylindrica* et d'autres espèces rappelant la faune des environs de Moscou.

Dans le Chan-toung, le caractère moscovien des intercalations marines est moins net et il est possible que l'on soit ici en présence de faunes viséennes (*Productus semireticulatus*, *longispinus*, *Spirifer duplicicosta*, etc.).

Le Moscovien du Nord de la Chine paraît être souvent recouvert par l'Ouralien. Des calcaires à Fusulines, avec *Schwagerina princeps*, *Productus lineatus*, *Chonetes uralicus*, ont été rencontrés dans le Nan-shan et au Chan-si. Dans la presqu'île de Liao-toung, une flore stéphanienne a été reconnue par R. Zeiller.

Plus au sud, à Lo-ping, dans le Kiang-si, se trouve un bassin houiller où les intercalations calcaires sont particulièrement riches en fossiles marins. A côté d'espèces spéciales (*Phillipsia*, *Pleuronutilus*, *Myalina*, *Pinna*, *Strophalosia*, *Productus*) se trouvent quelques formes ouraliennes et deux Brachiopodes très différenciés, *Richthofenia sinensis* et *Lyttonia Richthofeni*, dont la présence a été considérée récemment comme une preuve de l'âge permien des couches de Lo-ping [7].

Le type houiller du Carbonifère moyen et supérieur de la Chine septentrionale s'étend jusqu'au Tsin-ling-chan et à l'embouchure du Yang-tse [74, 75]. Au sud de cette ligne, le Dinantien reparait, en même temps que le Dévonien, avec lequel il est concordant, et le Carbonifère supérieur ne renferme plus qu'exceptionnellement des couches de houille et des empreintes végétales.

L'Ouralien est souvent transgressif, comme par exemple dans la région traversée par le cours moyen du Yang-tse, où il est constitué par le calcaire de Wu-chan, qui, d'après Bailey Willis et Blackwelder [XXXI, 18], atteint 1 000 à 1 200 m d'épaisseur et renferme des Mollusques, des Brachiopodes, des Zoanthaires, des Foraminifères (*Schwagerina*) assez nombreux, mais mal conservés.

Des calcaires à *Shwagerina princeps* ont été rencontrés en outre dans le Kouang-si par Leclère.

*Yunnan et Tonkin.* — Des trois étages du Carbonifère, l'Ouralien seul est connu au Yunnan et au Tonkin. Il est vrai qu'on y a trouvé, dans les deux pays, *Spirifer mosquensis*, mais ce fossile y est associé à une faune ouralienne dans des calcaires noirs, bien développés dans la baie d'Along et dans la région de Cao-Bang, ainsi que dans le Yunnan. On retrouve ces calcaires même dans le Laos septentrional. Leur étude paléontologique reste encore à faire. Probablement dans toute l'Indo-Chine, mais particulièrement dans le Haut-Tonkin, où le fait a été bien établi par le capitaine Zeil [76], le Carbonifère supérieur et le Permien inférieur, qui lui fait suite en concordance, sont discordants sur les terrains siluriens et dévoniens fortement plissés, tandis qu'eux-mêmes s'étendent comme un manteau peu disloqué sur ce substratum.

*Himalaya.* — Les étages inférieur et moyen du Carbonifère sont encore mal connus dans l'Himalaya. Il n'en est pas de même du Carbonifère supérieur, dont l'existence au Kachmir et dans les districts de Spiti et de Koumaon peut être considérée comme certaine.

L'Ouralien du Kachmir, connu sous les dénominations locales de *Zewan beds* ou *Barus beds*, est constitué par des schistes et des calcaires, dont l'épaisseur varie de 10 à 80 m et qui reposent en concordance sur des quartzites blancs d'âge indéterminé. La faune, étudiée par Th. Davidson et par C. Diener [77-78], est très riche en Brachiopodes et en Bryozoaires, mais les autres groupes d'Invertébrés y font à peu près défaut. Plusieurs espèces de Brachiopodes, comme *Productus cora*, *Spirifer fasciger* (= *musakheylensis*), *Camarophoria Purdoni*, sont parmi les plus caractéristiques de l'Ouralien de diverses régions.

Dans le district de Spiti, le Carbonifère est représenté, d'après H. H. Hayden [XXXIII, 39], par une série continue de schistes, de calcaires et de quartzites, qui atteint un millier de mètres d'épaisseur et qui renferme, à la base, une faune marine du Carbonifère inférieur non encore étudiée et des Végétaux du même âge (*Rhacopteris inæquilatera*, *Sphenopteridium*, *Sphenopteris*), tandis qu'au sommet se trouvent deux horizons calcaires, dont l'inférieur a fourni des Brachiopodes peu caractéristiques (*Syringothyris Curzoni*, *Athyris Roissyi*), mais aussi quelques espèces ouraliennes (*Spirifer lineatus*, *Rhynchonella confinensis*), et dont le supérieur est surtout riche en *Fenestella*.

Enfin, dans le district de Koumaon, le Carbonifère est constitué par des calcaires à Crinoïdes et par des quartzites blancs, qui n'ont fourni que des fossiles indéterminables et sont recouverts en transgressivité par les schistes à *Productus* permien.

*Indes orientales et Japon.* — Nous savons fort peu de chose sur les dépôts carbonifères inférieurs et moyens de l'Indo-Chine et de la Malaisie, qui semblent faire partie de la série plissée antérieurement à la transgression ouralienne, très générale dans ces régions.

A Tennasserim, dans la presqu'île de Malacca, le Carbonifère supérieur est représenté, d'après Fr. Noetling [79], par des calcaires noirs à *Schwagerina Oldhami*, *Lonsdaleia salinaria*, *Productus sumatrensis*, *Pleurotomaria*.

Une faune très riche a été recueillie dans des calcaires noirs du même âge à Padang, sur la côte sud-ouest de Sumatra. Elle renferme notamment, d'après F. Roemer [80] et G. Fliegel [74] : *Phillipsia sumatrensis*, des Nautiloïdes (*Temnochilus*, *Pleuronautilus*, *Orthoceras*), de nombreux Gastéropodes (*Bellerophon*, *Euomphalus*, *Pleurotomaria*, *Naticopsis*), des Lamellibranches,

*Productus lineatus*, *semireticulatus*, *sumatrensis* et d'autres Brachiopodes, des Zoanthaires, enfin, deux Foraminifères très abondants, *Fusulina granum avenæ* et *Möllerina Verbeeki*. Cette dernière espèce a été trouvée également à Bornéo.

Des calcaires à Fusulines s'étendent, au Japon, sur 8 degrés de latitude. Ils renferment des *Schwagerina* et peuvent être considérés comme ouraliens. Ils supportent des schistes à *Phillipsia* et *Lytonia* vraisemblablement permien.

AMÉRIQUE DU NORD. — Il est probable que les mers carbonifères de l'Asie orientale communiquaient avec celles de l'Amérique du Nord par l'Alaska et par un large détroit qui correspondait à l'emplacement actuel des cordillères de l'Ouest et qui longeait le bord ouest du bouclier Canadien. En même temps, un bras de mer s'étendait de l'Alaska septentrional vers l'est, en suivant le bord nord du bouclier, mais en empiétant sur l'archipel de l'Amérique arctique. C'est sans doute par le Texas et l'Arkansas que le détroit de l'Ouest communiquait avec un bassin qui occupait le Centre des États-Unis et atteignait au nord la région des Grands Lacs, formant en outre un golfe sur l'emplacement des Appalaches. Enfin, dans l'ancienne Acadie et dans l'île de Terre-Neuve, se trouvait également un golfe, ouvert à l'est et sans communication avec le précédent, dont les dépôts présentent avec ceux d'Europe les plus étroites affinités. Nous allons exposer successivement et le plus sommairement possible les données aujourd'hui acquises sur les dépôts carbonifères de ces diverses régions.

*Amérique arctique.* — Les renseignements que nous possédons sur le Carbonifère inférieur de l'Amérique arctique sont très précaires. On sait cependant, depuis l'expédition M' Clintock, que, dans la terre de Banks et dans les îles Parry, affleurent des grès avec couches de houille et nodules de sidérose, qui ne seraient pas plus récents que le Carbonifère moyen. La présence du Moscovien inférieur à l'île Berg, sur les côtes de la terre de Grinnell, est attestée par un exemplaire de *Glyphioceras Beyrichianum* recueilli par Nares. Mais c'est le Carbonifère supérieur qui semble avoir la plus grande extension. On a signalé, en particulier à la terre de Grinnell et dans les îles Parry, des calcaires à Coralliaires, avec *Productus cora*, *Spirifer fasciger*, *arcticus*, *Fenestella arctica*, *Fusulina hyperborea* [15].

*Alaska et Colombie Britannique.* — Dans le Nord de l'Alaska on connaît des grès et des schistes, avec *Spirifer striatus*, *Productus semireticulatus*, *scabriculus*, etc. Plus au sud, dans l'île Kouyou, il existe des grès avec *Productus pustulosus*, *longispinus*, *Spirifer duplicicosta*, *Orthothetes crenistria*. Des calcaires à Fusulines représentent probablement l'Ouralien.

Dans la Colombie Britannique, le Carbonifère comprend une série calcaire, concordante avec le Dévonien, d'une grande épaisseur, où la succession des niveaux paléontologiques n'a pu encore être établie d'une manière satisfaisante.

*Ouest des États-Unis.* — Le Carbonifère existe probablement dans les Coast Ranges, depuis l'île de Vancouver, jusqu'en Californie, mais il est encore insuffisamment connu dans ces régions littorales. Par contre, dans la Sierra Nevada, il prend un grand développement, aussi bien en Californie que dans le Nevada. La partie inférieure est constituée par les schistes de Baird, qui renferment *Productus giganteus* et *latissimus*, espèces européennes, entièrement inconnues dans le Centre des États-Unis et dans la région des Appalaches. La partie inférieure du calcaire de *Mc Cloud*, qui renferme surtout des Coralliaires, appartient sans doute au Moscovien. C'est de la

partie supérieure de ce calcaire que provient *Omphalotrochus Whitneyi*, qui, on s'en souvient, est un des fossiles les plus caractéristiques de l'Ouralien inférieur de l'Oural et du Timan. Les *schistes de Pitt* et la puissante série détritique de Robinson, près Taylorville, représentent, d'après Tschernyschew [15], les termes supérieurs de l'Ouralien. Perrin Smith a reconnu dans la série de Mc Cloud trois horizons superposés, caractérisés respectivement par *Fusulina cylindrica*, *Schwagerina robusta* et *Fusulina longissima* [40]. Dans le Nevada, les calcaires carbonifères, qui reposent souvent sans discordance apparente sur l'Ordovicien ou sur le Cambrien, renferment soit des fossiles dinantiens, appartenant à des espèces des états du Centre, soit une riche faune ouralienne, dont nous allons retrouver les éléments dans les Montagnes Rocheuses. Dans les Basin Ranges et dans les plateaux de l'Arizona (p. 19, fig. 4), le Carbonifère inférieur est constitué par une masse de calcaire épaisse de plus de 2000 m qui forme en particulier le *Red Wall*, dans le Grand Cañon du Colorado. Le grès et le calcaire d'Aubrey, qui lui font suite, correspondent au Carbonifère moyen et supérieur.

Dans les Montagnes Rocheuses, les calcaires carbonifères constituent en quelque sorte l'ossature de la région, ils apparaissent dans la plupart des anticlinaux à grand rayon de courbure, qui sont la caractéristique de la chaîne, depuis le Montana jusqu'au Nouveau-Mexique, en passant par le Wyoming et le Colorado. On les retrouve dans les Black Hills du Dakota méridional, où ils reposent en discordance sur l'Algonkien. Nous prendrons comme type de toutes les successions carbonifères dans les Montagnes Rocheuses celle du Colorado, que les travaux récents ont fait connaître et qui fait l'objet d'une importante monographie stratigraphique et paléontologique de George H. Girty [81].

Le CARBONIFÈRE INFÉRIEUR est représenté par les calcaires de *Leadville*, qui font suite en concordance aux calcaires d'Ouray d'âge dévonien et renferment encore à la base des éléments de la faune précédente. Ce sont des calcaires dolomitiques, dont l'épaisseur moyenne est de 70 m. Les fossiles les plus abondants sont des Zoanthaires (*Zaphrentis*, *Menophyllum*, *Syringopora*), des Bryozoaires, des Brachiopodes (*Rhipidomella Michelini*, *Orthothetes inæqualis*, *Chonetes illinoisensis*, *Productella concentrica*, *Productus semireticulatus*, *Spirifer centronotus*, *Syringothyris cuspidata*, *Seminula subquadrata*), des Lamellibranches, des Gastéropodes, un Trilobite, *Phillipsia peroccidens*.

D'après Girty toute la partie supérieure du Carbonifère inférieur ferait défaut et il est difficile de préciser à quel niveau du Carbonifère moyen ou supérieur correspond la base de la série qui repose en transgressivité sur les calcaires de *Leadville*. Il est permis de supposer que la région était exondée pendant l'époque du Moscovien, car nous n'avons aucune raison paléontologique d'admettre l'existence de cet étage dans les Montagnes Rocheuses. La série transgressive du CARBONIFÈRE SUPÉRIEUR est susceptible de variations lithologiques assez considérables, de sorte que la nomenclature locale est fort embrouillée. La partie inférieure est généralement gréseuse ou argileuse (*Weber grits*, *Weber shales*, *Molas formation*), la partie supérieure est constituée soit par des conglomérats (*Maroon*), soit par des alternances d'argiles, de calcaires et de conglomérats (*Hermosa formation*). Les couches inférieures sont peu fossilifères (*Rhipidomella Pecosi*, *Lingula*, *Orbiculoidea*, etc.), les supérieures sont souvent très riches en restes organiques et on y a distingué plusieurs niveaux qui ne présentent qu'un intérêt local. Toutefois on peut signaler le fait que les Lamellibranches sont à peu près exclusivement localisés dans les couches de *Hermosa* supérieures, qui accusent déjà quelques affinités permienues. En général ce sont les Brachiopodes qui prédominent. Les espèces les plus caractéristiques sont les suivantes : *Derbya crassa*, *Productus inflatus*, *gallatinensis*, *cora*, *nebraskensis*, *Spirifer Boonensis*, *cameratus*, *Seminula subtilita*.

Le caractère ouralien de cette faune est indiscutable.

Dans tout l'Ouest ce sont les formations néritiques qui prédominent et les Ammonoïdés sont à peu près totalement absents.

*États du Centre.* — Dans le Centre des États-Unis, c'est-à-dire dans le bassin du Mississippi, se trouve un vaste bassin carbonifère, qui s'étend depuis le Nebraska et le Kansas, à l'ouest, jusqu'au Kentucky et au Tennessee, à l'est; depuis la région des Grands Lacs, au nord-est, jusqu'au Texas, au sud-ouest.

Il n'existe pas de région au monde où le CARBONIFÈRE INFÉRIEUR soit aussi bien développé, de sorte que le nom de *Mississipien* qui lui est appliqué par les géologues américains serait fort bien choisi, s'il n'avait pas été antérieurement employé par Marcou pour désigner le Cambrien.

Partout où le Dévonien et le Dinantien peuvent être observés en superposition, ils sont parfaitement concordants et le remplacement d'une faune par l'autre a lieu d'une manière tout à fait insensible, si bien que H. S. Williams [82] a pu constater, dans l'Arkansas, une récurrence d'espèces dévoniennes, telles que *Liorhynchus quadricostatus* et *Productella lacrymosa*, au milieu du Carbonifère inférieur, et qu'il a conclu à la survivance de la faune dévotionienne dans une mer encore inconnue.

Les géologues américains distinguent dans le Dinantien du Centre quatre étages [83] : le *Kinderhook* (ou *Chouteau*), l'*Osage*, le *St-Louis* et le *Chester* (ou *Kaskaskia*), ces deux derniers réunis quelquefois sous le nom de *Ste-Genèveve*.

D'après Perrin Smith [10] le 1<sup>er</sup> et le 3<sup>e</sup> seraient à peu près seuls à renfermer des Ammonoïdés. Leurs faunes correspondent rigoureusement, celle du *Kinderhook*, à la zone à *Aganides rotatorius* (Tournaisien) d'Europe, celle du *St-Louis*, à la zone à *Goniatites striatus* (Viséen).

Les espèces les plus caractéristiques de la zone inférieure, dans l'Indiana, l'Ohio, le Michigan, le Missouri, sont *Aganides rotatorius*, *Muensteroceras Oweni*, *Pericyclus Blairi*, *Agoniatites opimus*, *Prolecanites Lyoni* et le curieux genre *Prodromites*, le plus ancien Ammonoïdé connu à cloisons de Cératite.

La zone supérieure a fourni, dans l'Indiana, le Kentucky, l'Arkansas, le Texas, *Glyphioceras calyx*, *Goniatites crenistria*, *striatus*, *sphaericus*, *Gastrioceras Branneri*, *Paraleyceras texanum*, etc.

Mais les Ammonoïdés sont plutôt l'élément accessoire de la faune, aussi bien dans les couches de *Kinderhook* que dans celles de *Chester*, et l'ensemble du Dinantien du Centre peut être envisagé comme une succession ininterrompue de formations néritiques, qui ne dépasse pas 500 m d'épaisseur dans le centre du bassin et va en s'amincissant vers le nord.

Les couches de *Kinderhook* [84], principalement calcaires et argileuses sont déjà assez riches en Crinoïdes, on y trouve surtout des Brachiopodes (*Productella pyxidata*, *Productus arcuatus*, *Syringothyris extenuatus*, *Spirifer marionensis*, *biplicatus*) et des Gastéropodes.

Les affinités dévoniennes de la faune sont encore très sensibles, mais, d'après Stuart Weller, elles sont plus grandes avec celle du Dévonien moyen (couches de Hamilton) qu'avec celle du Dévonien supérieur (couches de Chemung).

D'après le même auteur, deux faunes différentes coexisteraient au début de la période, l'une vivant dans le nord du bassin, l'autre dans le sud, et ce n'est qu'à la fin de l'époque de *Kinderhook* que l'uniformité de faune se serait établie définitivement dans toute la région du Centre [85].

Le groupe d'*Osage* comprend une partie inférieure calcaire, les couches de *Burlington*, et une partie supérieure marneuse, les couches de *Keokuk*. C'est surtout dans cette dernière formation que l'on a trouvé par milliers, principalement à Crawfordville, dans l'Indiana, des calices de Crinoïdes d'une conservation admirable. Le sous-ordre des *Camerata* est représenté par un très grand nombre de genres et atteint ici son maximum.

Les Brachiopodes d'*Osage* possèdent des affinités européennes assez remarquables, plusieurs espèces se rencontrent des deux côtés de l'Atlantique, comme par exemple *Athyris lamellosa*, *Dielasma hastata*, *sacculus*, *Productus punctatus*, *Rhynchonella pleurodon*; d'autres espèces européennes sont remplacées par des formes représentatives [83], comme *Rhipidomella Michelini*, par *Rh. burlingtonensis*, *Schizophoria resupinata*, par *Sch. Swallowi*, *Syringothyris cuspidatus*, par *S. Carteri*, etc.

Les autres Invertébrés jouent un rôle secondaire.

Les couches de *Saint-Louis* sont des calcaires, dont la faune est très différente de celle du niveau précédent. Elles correspondent au maximum d'extension de la mer, car elles sont transgressives sur les formations antérieures et se moulent sur leur surface, fréquemment ravinée. Il a dû s'établir des communications directes avec les régions de l'Ouest, dont jusqu'ici le bassin du Centre était séparé.

C'est ainsi que s'explique la présence d'espèces caractéristiques du Dinantien des Basin Ranges, telles que *Rhynchonella eurekensis* [82].

Les affinités européennes de la faune s'effacent, par contre, et les grands *Spirifer* du groupe du *striatus* disparaissent. Les Crinoïdes sont déjà en décroissance, en revanche l'ordre des Blastoidés atteint son maximum précisément dans ces dépôts. Un gros Échinide, *Melonites mullipora*, forme près de Saint-Louis de véritables bancs. Les Mollusques redeviennent abondants. Parmi les Bryozoaires on doit signaler le curieux genre *Archimedes*, qui se retrouve à peu près au même niveau dans l'Afrique du Nord.

Les couches de *Kashaskia* ou de *Chester* se sont déposées dans une phase de retrait de la mer, car on ne les connaît pas dans le nord du bassin. En même temps la sédimentation devient détritique.

Le CARBONIFÈRE MOYEN et SUPÉRIEUR, que les géologues américains réunissent sous le nom de *Pennsylvanien*, constituent, dans les états du Centre, une importante série houillère, dans laquelle toutefois les intercalations marines sont si fréquentes que l'on peut difficilement lui attribuer une origine lagunaire. Des conditions analogues à celles qui caractérisent les bassins houillers du Donetz, des Alpes Carniques, des Asturies semblent avoir présidé à sa formation.

Actuellement les dépôts forment quatre bassins distincts (fig. 266) : celui du Michigan, celui de l'Indiana et de l'Illinois, ou intérieur oriental, presque entièrement compris entre le Missouri et l'Ohio ; le bassin intérieur occidental, qui s'étend au travers de l'Iowa, du Missouri, du Kansas, qui empiète en outre sur le Nebraska, sur l'Oklahoma, sur le territoire Indien et sur l'Arkansas ; le bassin du Texas, enfin, qui peut être envisagé comme le prolongement du précédent.

Chacun de ces bassins présente actuellement la forme d'une vaste cuvette synclinale, où les couches plongent régulièrement de la périphérie vers le centre et où, au centre, elles sont presque horizontales. Mais cette disposition est postérieure au dépôt et l'on doit admettre que les bassins, aujourd'hui séparés par des affleurements de terrains plus anciens, formaient un bassin unique, dont les bords ont été détruits par des dénudations ultérieures.

Les auteurs américains ont divisé leur Pennsylvanien en *Lower, Middle* et *Upper Coal Measures* ou *Arkansan, Des Moines* et *Missourien*.

L'étage inférieur ne s'est déposé que dans l'Arkansas [86] et au Texas, où il est représenté par une puissante série de schistes et de grès. Le seul Ammonoïdé qu'on y ait trouvé jusqu'ici est *Paralegoeceras Newsomi*, mais les Brachiopodes et les Lamelli-branches se retrouvent à peu près tous dans l'étage moyen, que l'on doit placer au niveau du Moscovien supérieur.

Comme d'autre part les calcaires à *Pentremites*, par quoi se termine le Carbonifère inférieur de l'Arkansas, supportent, dans cet état, en parfaite concordance, les *Lower Coal Measures*, la succession doit être considérée comme continue [87] et l'on peut attribuer l'étage Arkansien au Moscovien inférieur.

Les *Middle Coal Measures* ou étage de *Des Moines* [88] sont transgressives au nord de l'Arkansas et reposent souvent en discordance sur le Dinantien. Elles débutent par un conglomérat ou par des grès sans fossiles. C'est le principal niveau à houille du Centre des États-Unis, mais les intercalations de couches à fossiles marins y sont très fréquentes. Perrin Smith [10] a décrit les Ammonoïdés de ces couches ; les espèces principales sont les suivantes : *Goniatites politus*, *lanatus*, *Gastrioceras Listeri*, *carbonarium*, *occidentale*, *Paralegoeceras iowense*, *Neioceras elkhornense*, *Pronorites Siebenthalii*.

Deux d'entre elles sont les formes les plus caractéristiques de la zone à *Gastrioceras Listeri*, c'est-à-dire du Moscovien supérieur. Cette attribution est confirmée par la flore accompagnant les intercalations houillères, qui est constituée par des espèces westphaliennes.

Les *Upper Coal Measures* ou étage *Missourien* [89] ont fourni un grand nombre d'Ammonoïdés [10], en particulier *Gastrioceras illinoisense*, *kansasense*, *planorbiforme*, *subcavum*, *Schistoceras Hildrethi*, *fullonense*, *missouriense*, auxquels viennent s'ajouter, dans les couches de *Cisco* du Texas, *Agathiceras ciscoense*, *Shumardites Simondsi*, *Schuchertites Grahami*, *Popanoceras Ganti*, *Dimorphoceras texanum*. C'est la faune ouralienne la plus riche en Goniatites qui soit actuellement connue'. Plusieurs espèces sont communes au Moscovien supérieur (*Gastrioceras globulosum*, *excelsum*). La série est d'ailleurs essentiellement marine, elle se compose d'une succession de 11 formations, alternativement calcaires et

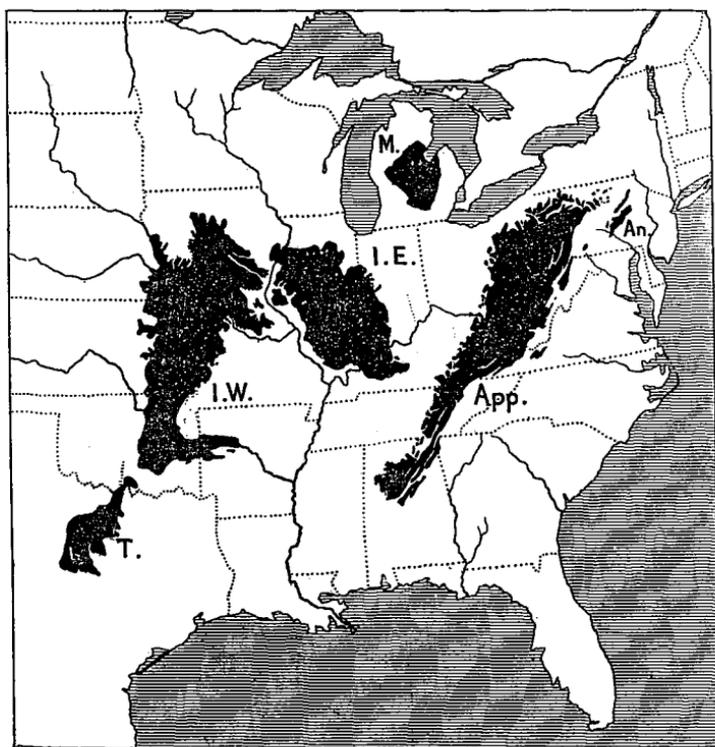


Fig. 266. — Carte montrant l'extension des bassins houillers dans le Centre et l'Est des États-Unis (d'après CHAMBERLIN et SALISBURY).

M, bassin du Michigan; I.E., bassin intérieur est (Indiana et Illinois); I.W., bassin intérieur ouest; T., bassin du Texas; App., bassin des Appalaches; An, bassin anthracitique.

schisteuses, que Keyes a désignées par des noms spéciaux empruntés à des localités des bords du Missouri, et qu'il a pu suivre sur toute l'étendue des bassins houillers du Centre. La distribution des espèces dans cette série est moins bien connue et l'on ne peut donner que les caractères de l'ensemble de la faune. Les Trilobites sont réduits à un petit nombre d'espèces, parmi lesquelles *Griffithides scitula*, qui se retrouve dans l'Oural, et *Gr. major*. Les Gastéropodes (*Bellerophon*, *Worthenia*, *Euphenus*, *Euomphalus*) et les Lamellibranches (*Astartella*, *Sedgwickia*, *Myalina*, *Pseudomonotus*, *Aviculopecten*) abondent. Les Brachiopodes, dont la plupart des espèces se retrouvent déjà dans l'étage de Des Moines, sont représentés notamment par *Pugnax Utah*, *Hustedia Mormoni*, *Dielsma bovidens*, *Semina subtilita*, *Spiriferina kentuckyensis*, *Spirifer cameratus*, *Marginifera wabashensis*, *Pro-*

1. Si le terme d'*Ouralien* (1892) n'avait pas été proposé un an avant celui de *Missourien* (1893), ce dernier nom s'imposerait dans une nomenclature générale, car il serait difficile de trouver un meilleur type du Carbonifère supérieur.

*ductus punctatus*, *nebraskensis*, *cora*, *semireticulatus*, *Chonetes Flemingi*, *Derbya crassa*, *Eteles hemiplicatus*, *Rhipidomella Pecosii*. Il s'y trouve aussi des Bryozoaires, des Crinoïdes, des Zoanthaires variés et une Fusuline extrêmement commune, *Fusulina secalica*. Plusieurs des espèces que nous venons de citer sont cosmopolites.

*Appalaches*. — Tandis que les formations calcaires jouent un rôle considérable dans le Carbonifère des états du Centre et qu'elles sont même tout à fait prépondérantes dans le Carbonifère inférieur, il n'en est plus de même dans la région Appalachienne, où les formations détritiques prédominent, tandis que les calcaires ne forment que des intercalations qui vont en s'amincissant de l'ouest à l'est. L'épaisseur des sédiments est immense et nous sommes en présence d'une série déposée dans un géosynclinal en voie de comblement [90].

Le DINANTIEN se compose d'une formation inférieure gréseuse, les grès de *Pocono*, et d'une formation supérieure argileuse, les *schistes de Mauch Chunk*.

Entre les deux s'intercale, en Pennsylvanie, sur le bord ouest seulement, le calcaire de *Greenbrier*, dont l'épaisseur va en augmentant vers le sud, dans les deux Virginie et dans le Tennessee, pour envahir presque tout l'étage dans l'Alabama.

Les grès de *Pocono* renferment un banc sableux qui est le gisement des célèbres pétroles de la Pennsylvanie, formation d'origine essentiellement organique. Ils reposent en concordance sur les grès néodévonien, qui eux aussi sont partiellement imprégnés de carbures d'hydrogène. Les empreintes végétales y sont fréquentes (*Sphenopteris*, *Lepidodendron*, *Sigillaria*), les fossiles marins y sont plus rares, ce sont surtout des Crinoïdes et des Brachiopodes (*Syringothyris typus*), à l'exclusion des Céphalopodes, qui ne font leur apparition qu'à partir de l'Ohio.

Le calcaire de *Greenbrier* est siliceux et renferme des Brachiopodes (*Derbya crassa*, *Productus fasciculatus*) et des *Phillipsia*.

Dans les calcaires coralligènes du Tennessee et de l'Alabama on trouve surtout *Lithostrotion canadense*, ainsi que des Bryozoaires (*Archimedes*) et des Blastoides (*Pentremites*).

Les *schistes de Mauch Chunk*, rouges, avec bancs de grès à Crinoïdes et Coralliaires (*Lithostrotion canadense*), sont célèbres par les empreintes de pas décrites sous le nom de *Pelcosaurus primævus*, attribuées avec beaucoup de vraisemblance à un Stégocéphale.

L'ensemble du Carbonifère inférieur atteint en Pennsylvanie près de 1 500 m d'épaisseur, tandis que, dans la région du Mississippi, il ne dépasse pas 500 m. Nous avons fait une constatation analogue pour le Dévonien, où les dépôts ont également une épaisseur bien plus grande dans le géosynclinal des Appalaches que dans les régions du Centre, qui doivent être envisagées comme une expansion méridionale du bouclier Canadien.

La série *Pennsylvanienne* débute dans toute la région appalachienne par le *conglomérat de Pottsville* [0,9, II], importante formation déritique, qui repose toujours en discordance sur le Dinantien.

C'est un conglomérat de base formé d'éléments en partie empruntés au substratum immédiat, en partie d'origine lointaine. Son épaisseur est très variable et peut atteindre 500 m, mais il est souvent remplacé par une masse de grès, où s'observent déjà quelques intercalations de houille.

Le bassin houiller des Appalaches est un des plus riches du monde. Le charbon y est à l'état d'anhracite dans l'est, de houille bitumineuse dans l'ouest, et cet appauvrissement en carbures d'hydrogène de l'W. à l'E. est en relation directe avec l'augmentation de l'intensité du plissement suivant la même direction, car les mouvements orogéniques ont été extrêmement intenses dans le bassin dit de l'Anhracite (fig. 266); dans l'est de la Pennsylvanie, ils se réduisent par contre à des ondulations insignifiantes sur le bord ouest de la chaîne des Appalaches.

Les flores successives dont les restes ont été recueillis dans la série *Pennsylvanienne* ne laissent aucun doute sur l'âge westphalien de la partie inférieure et sur l'âge stéphanien de la partie supérieure de cette série. Les intercalations à fossiles marins viennent confirmer cette assimilation.

Au début de la période, l'une d'elles, constituée par un calcaire à *Productus nebrascensis* et *Aviculopecten occidentalis*, s'étendait à toute la région, car on la rencontre jusque dans le bassin de l'Anthracite. Au-dessus viennent plusieurs couches calcaires successives, localisées dans l'ouest de la chaîne; on y trouve surtout *Athyris subtilita*, *Spirifer cameratus*, puis, plus haut, *Phillipsia sangamonensis*, *Productus cora*, *Spirifer lineatus* et d'autres espèces ouraliennes.

Les auteurs américains attribuent généralement les formations houillères des Appalaches à des marécages situés sur le littoral, que la mer envahissait périodiquement; mais le caractère allochtone des dépôts parle plutôt en faveur d'un apport de débris végétaux par des cours d'eau dans un bassin marin peu profond, communiquant périodiquement, d'une manière plus facile, avec la haute mer qui occupait la région du Centre. Il est probable, toutefois, qu'à la fin du Carbonifère, alors que le géosynclinal était comblé, le régime lagunaire a prévalu.

Les couches les plus élevées du Paléozoïque des Appalaches doivent être, d'après les résultats de l'étude de leur flore, placées à la base du Permien.

*Bord atlantique.* — Dans la Nouvelle-Écosse et dans l'île de Terre-Neuve les affinités avec l'Europe occidentale que nous avons constatées aux périodes précédentes se retrouvent au Carbonifère et elles sont telles qu'il est nécessaire de supposer que les formations des deux régions se sont déposées dans le voisinage d'une même côte, le bord méridional du continent Nordatlantique.

Le Dinantien est représenté, à la base, par des grès à Poissons et à Plantes (*Cyclopteris acadica*, *Lepidodendron corrugatum*), qui sont l'équivalent du *CalCIFERous sandstone* d'Écosse; à la partie supérieure, par des calcaires à *Productus giganteus* et *corrugatus*, correspondant au *Mountain Limestone*.

Le Carbonifère moyen est constitué par des grès stériles, tout à fait comparables au *Millstone grit*, et par des couches houillères, dont la flore est identique à celle du Westphalien d'Europe. Le Carbonifère supérieur est à l'état de grès rouges, qui ménagent le passage insensible au Permien.

En résumé, il existe aux États-Unis des aires caractérisées chacune par un type spécial du Carbonifère et chacune d'elles a son homologue en Europe. Ainsi le Carbonifère du Centre, déposé sur une expansion méridionale du bouclier Canadien, correspond assez bien à celui de la région de Moscou, dépendance du bouclier Baltique; celui du bord Atlantique est l'équivalent de celui de l'Angleterre et de l'Europe centrale; celui des Montagnes Rocheuses et des cordillères de l'Ouest peut être comparé en tous points à celui de l'Oural et des Alpes orientales. Ce parallélisme remarquable sera encore plus accentué au Permien.

AMÉRIQUE CENTRALE ET MÉRIDIONALE. — La présence du Carbonifère, signalée au Mexique, n'a pas été confirmée par les travaux récents. Par contre, les recherches de Sapper au Guatemala ont démontré l'existence, dans cette république, de grauwackes, de poudingues et de calcaires, dont les fossiles ne permettent pas de préciser l'âge exact et qui représentent peut-être l'Ouralien. Ce sont entre autres : *Fusulina granum avenæ*, *Lonsdaleia floriformis*, *Syncladia biserialis*, *Athyris sublamellosa*, *ambigua*, *Productus semireticulatus*, *Bellerophon costatus*. Les couches forment des plis dirigés E.-W., qui viennent aboutir au golfe du Honduras.

Il faut ensuite, pour retrouver plus au sud des affleurements du Carbonifère de quelque importance, aller jusqu'en Bolivie, où il apparaît sur les bords



*Productus cora* (gr. nat.)

Ouralien, Capinota, près Cochabamba, Bolivie (coll. A. Dereims).



Clichés H. Ragot.

*Spirifer condor* (1/2 gr. nat.)

du lac Titicaca, sous la forme de calcaires et de schistes, pour s'étendre de là sur le Haut Plateau et dans la Cordillère de Cochabamba. Les fossiles recueillis jusqu'ici par divers voyageurs semblent indiquer la présence exclusive de l'Ouralien, qui reposerait directement sur le Dévonien, sans discordance apparente. D'après A. Dereims, dont les observations, prolongées pendant plusieurs années, ne sont pas encore publiées, les plissements intenses des terrains paléozoïques, indiqués par Forbes, se réduiraient à des ondulations à grand rayon de courbure. Alcide d'Orbigny [91] a décrit de Bolivie, dès 1842, un certain nombre de Brachiopodes (*Productus Inca*, *bolivianus*, *Humboldti*, *cora* (pl. LXXXVII, 4), *Chonetes variolaris*, *Spirifer condor* (pl. LXXXVII, 2), *Pentlandi*, etc.), dont plusieurs, et en particulier *Productus cora*, comptent aujourd'hui parmi les espèces les plus caractéristiques de l'Ouralien et ont une extension géographique considérable.

On possède quelques indices de formations carbonifères tout à fait semblables à celles de Bolivie dans la cordillère orientale du Pérou, au Chili et au Paraguay, mais c'est surtout au Brésil, sur les deux rives de l'Amazone, que le Carbonifère est bien développé. Il affleure le long du Tapajós, affluent de droite du grand fleuve, et s'appuie au sud sur des porphyres qui le séparent du Dévonien. Il débute par des grès et des schistes, qui n'ont fourni jusqu'ici que des empreintes végétales indéterminables. Les calcaires siliceux qui leur font suite sont, par contre, très fossilifères et renferment une riche faune ouralienne étudiée par Orville A. Derby [93] et par Fr. Katzer [XXXIII, 78 bis] : *Griffithides tapajotensis*, *Euphemus carbonarius*, *Pleurotomaria speciosa*, *Platyceras nebraskense*, *Allorisma subcuneata*, *Myalina kansasensis*, *Aviculopecten occidentalis*, *Dielasma ilaitubense*, *Seminula argentea*, *Hustedia Mormoni*, *Spiriferina transversa*, *Spirifer cameratus*, *condor*, *rockymontanus*, *Productus cora*, *lineatus*, *Chandlessi*, *amazonicus*, *Orthotheses Hallianus*, *Rhipidomella penniana*, Bryozoaires, Crinoïdes, Zoanthaires, rares Fusulines. La plupart des espèces se retrouvent soit en Bolivie, soit aux États-Unis, ou même dans l'Oural. Leur âge ouralien ne peut faire aucun doute. Les mêmes calcaires, avec la même faune, affleurent également sur la rive gauche du fleuve des Amazones, sur les bords du Trombetas, du Curuá et du Maecurú. Les affleurements sont localisés, comme ceux du Dévonien, dans une dépression, dont l'axe est parallèle à la direction E.-W. des plissements des terrains métamorphiques. D'après Katzer, ils reposerait en discordance sur le Dévonien, mais, en l'absence de fossiles dans les grès de la base, on ne peut préciser le début de l'invasion marine, qui atteignait toutefois son maximum à l'Ouralien. Il est infiniment probable que ce chenal, qui séparait les massifs anciens des Guyanes et du Brésil, se prolongeait vers l'est et mettait en communication la mer ouralienne de l'Amérique du Sud avec celle qui, à la même époque, s'étendait, comme on l'a vu plus haut, sur une partie du Sahara actuel.

Le Permien ne paraît pas exister dans le Nord du Brésil, tandis qu'il est représenté par des formations continentales dans le Sud, où le Carbonifère lui-même, d'ailleurs encore très mal connu, est à l'état lagunaire, comme l'attestent par exemple les intercalations de calcaires à Lamelli-branches que l'on a observées au milieu de grès et de schistes à plantes, dans l'état de Sao-Paulo.

Le Dinantien est constitué, dans la République Argentine, par des grès et des schistes à Végétaux (*Asterocalamites radiatus*) concordants avec le Dévonien. Les formations anthracolithiques les plus élevées appartiennent au Permien.

AUSTRALIE. — Pour compléter nos connaissances des formations carbonifères circumpacifiques, il nous reste à indiquer sommairement leurs caractères en Australie. Nous reviendrons ainsi à notre point de départ, qui était l'archipel Malais.

Nous nous occuperons pour le moment exclusivement des formations dont l'âge carbonifère est indiscutable. Elles se réduisent en réalité à peu de chose et semblent localisées aux chaînes de l'Est, depuis le Queensland jusqu'en Tasmanie. Elles appartiennent au Dinantien et paraissent faire suite partout en concordance au Dévonien, avec lequel elles ont été plissées. Les formations anthracolithiques supérieures, par contre, dont nous nous occuperons à l'occasion du Permien, sont discordantes sur ce substratum plissé, ainsi que sur les terrains métamorphiques de l'Ouest, et sont restées presque horizontales.

Au Queensland, des grès à *Lepidodendron australe* et *Knorria imbricata* renferment des intercalations à fossiles marins. Dans la Nouvelle-Galles du Sud, la flore est beaucoup plus riche et l'on y rencontre *Asterocalamites scrobiculatus*, *Lepidodendron Veltheimianum* et *Volkmannianum*, du Dinantien d'Europe, avec des espèces de *Rhacopteris*, *Archæopteris*, *Cyclostigma*, spéciales à l'Australie. Les couches marines ont fourni, entre autres espèces européennes, *Plectambonites analogus*, *Schizophoria resupinata*, *Spirifer pinguis*.

Les couches à *Lepidodendron australe* existent également dans l'état de Victoria, mais on n'a pas encore signalé de Carbonifère inférieur en Tasmanie.

### 3° RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET PRINCIPAUX TYPES DU PERMIEN

EUROPE BORÉALE ET ORIENTALE. — La mer permienne n'occupait pas le centre de la plate-forme Russe, et l'on ne connaît pas, en particulier dans les environs de Moscou, de dépôts anthracolithiques plus récents que l'Ouralien, aussi est-ce plus au nord que nous devons chercher le type boréal du Permien. Nous commencerons notre étude de la répartition géographique de ce terrain par le Spitzberg, puis nous passerons à la Russie orientale et méridionale, pour gagner ensuite les régions classiques de l'Allemagne du Nord.

*Spitzberg.* — Sur les calcaires à *Spirifer Keilhavi* de l'Ouralien supérieur reposent en concordance, en particulier à l'Isfjord et au Bellsund, des phtanites à *Productus cancriniformis*, *postcarbonarius*, *granulifer*, *Spirifer alatus*, *Draschei*, qui renferment en abondance des spicules de Spongiaires (*Pemmatites*). Plusieurs espèces de cette faune du Permien inférieur peuvent être envisagées, d'après Fr. Frech [7], comme les ancêtres directs des Brachiopodes les plus caractéristiques du Permien supérieur d'Europe.

Le Permien moyen est représenté par des calcaires à *Retzia Nathorsti* et *Hustedia Mormoni*, qui sont séparés du Trias par des schistes à *Pseudomonotis* appartenant sans doute au Permien supérieur.

Le Permien n'est pas connu dans l'île aux Ours et, au Timan, il n'est que faiblement développé sur les deux flancs de la chaîne.

*Bassins de la Dvina et de la Volga.* — On a pu, par contre, le suivre sans interruption depuis le bord méridional du Timan jusque dans le bassin de la Volga.

Aux environs de Nijni-Nowgorod, le passage de l'Ouralien au Permien

inférieur se fait d'une manière tout à fait insensible par des dolomies, où les deux faunes se trouvent mélangées. Les trois termes du Permien sont représentés de la manière suivante [94] :

1° Calcaires siliceux et dolomitiques à Fusulines, Zoanthaires, Brachiopodes (*Dielasma elongata*, *Strophalosia horrescens*), Lamellibranches (*Pseudomonotis speluncaria*, *Pecten sericeus*, *Bakewellia ceratophaga*, *Allorisma elegans*).

2° Calcaires à Brachiopodes (*Productus Cancrini*, *Dielasma elongata*, *Strophalosia horrescens*), Lamellibranches (*Pseudomonotis speluncaria*, *Bakewellia ceratophaga*, *Edmondia Murchisoni*, *Schizodus obscurus*), Gastéropodes (*Turbo*, *Pleurotomaria*, *Loxonema*), *Fenestella reniformis*.

3° Calcaires à Lamellibranches (les mêmes, *Macrodon Kingianum*, *Leda speluncaria*, *Solemya*) et Gastéropodes, avec Brachiopodes plus rares, couches à *Modiolopsis* au sommet.

Les trois étages et surtout les deux supérieurs renferment, à côté d'espèces propres à chacun, de nombreuses espèces communes. L'étage supérieur correspond exactement au Thuringien de l'Allemagne du Nord, mais, dans le cas présent, la faune marine apparaît dès le Permien inférieur.

Les calcaires permien du bassin de la Volga font place graduellement vers l'ouest et vers le nord à des marnes bariolées, à faune saumâtre, qui sont surtout développées dans l'étage supérieur, mais peuvent envahir le Permien tout entier. Les fossiles marins sont alors remplacés par des *Anthracosia*, des *Carbonicola*, des *Naiadites*, etc. [95]. Il est probable que la partie supérieure de ces marnes et argiles bariolées appartient déjà au Trias.

Dans la région des sources de la Dvina, le Permien supérieur affleure seul et se présente sous la forme de marnes bariolées, intercalées entre deux couches à faune marine, à Mollusques saumâtres (*Palæomutela*, *Palæanodonta*). Amalitzky y a trouvé, dans des lentilles de grès, des squelettes entiers de *Pareiosaurus*, de *Dicynodon* et d'autres Reptiles, ainsi que des empreintes de *Callipteris*, de *Glossopteris* et de *Gangamopteris* [96]. Il y a là des analogies remarquables avec le Permien de l'hémisphère Sud, sur lesquelles nous reviendrons.

*Oural*. — Sur tout le versant occidental de l'Oural, le Permien forme une large bande continue, où affleurent les trois étages, le plus ancien à l'est, le plus récent à l'ouest.

Le terme inférieur, l'ARTINSKIEN, tire son nom des forges d'Artinsk, dans le sud du gouvernement de Perm. Il comprend deux divisions d'un inégal intérêt.

La partie inférieure est constituée par les grès d'Artinsk [97], associés à des conglomérats, des calcaires, des marnes, formation détritique, déposée au pied de la chaîne de l'Oural, dont la partie centrale s'était soulevée après le dépôt du Carbonifère supérieur. Ils reposent sur l'Ouralien avec une légère discordance. Leur faune se compose d'un mélange d'espèces carbonifères, d'espèces permiennes et d'espèces spéciales à ce niveau, parmi lesquelles les Ammonoïdés jouent le rôle principal. Les plus importants de ces Céphalopodes sont les suivants [98] : *Gastrioceras Jossæ*, *Suessi*, *Paralegoceras Tschernyschewi*, *Agathiceras Stuckenbergi*, *Krotowi*, *Popanoceras Sobolewskyanum*, *Kingianum*, *Thalassoceras Gemellaroi*, *Pronorites præpermicus*, *postcarbonarius*, *Medlicollia artiensis*, *Orbignyana*, *Propinacoceras Sakmaræ*. Les Brachiopodes sont représentés par *Spirifer Keithavi*, *Productus artiensis*, *præpermicus*, *cancriniformis*; les Végétaux terrestres, assez abondants [100],

par *Calamites gigas*, *Cordaites*, *Callipteris conferta*, *Pecopteris unita*, etc. Signa-  
lons encore de remarquables dents externes de Sélaciens, disposées en  
rangées enroulées en spirale, dont Karpinsky a fait le genre *Helicoprion*.

Nous ajouterons que tout récemment Tschernow [99] a reconnu, dans  
le nord du gouvernement de Perm, l'existence de trois niveaux successifs,  
caractérisés chacun par des Ammonoïdés spéciaux.

La partie supérieure de l'Artinskien est formée de dolomies (*étage de  
Koungour*), qui renferment les mêmes Brachiopodes que les grès, mais sans  
Céphalopodes.

Le Permien moyen et supérieur du gouvernement de Perm, qui reposent  
en concordance sur l'Artinskien, sont constitués par des argiles avec gypse  
et sel gemme, qui alternent avec des grès à Plantes et à Reptiles, avec des  
calcaires à Brachiopodes (*Productus horridus*, *Cancrini*, *Camarophoria Schlo-  
theimi*) et avec des lits à Mollusques saumâtres (*Anthracosia*, *Najadites*). La  
partie supérieure des argiles appartient certainement au Trias inférieur,  
car on y a trouvé *Equisetum arenaceum* et *Voltzia heterophylla*.

*Bassin du Donetz*. — Au Carbonifère fait suite en concordance, dans le  
bassin du Donetz, le Permien, représenté d'ailleurs seulement dans l'ouest.  
On y observe les trois termes en superposition [14] :

1° L'Artinskien, constitué par des alternances de schistes argileux et de calcaires avec  
*Productus inflatus*, *nebraskensis*, *semireticulatus*, *Enteletes carnicus*, *Derbya crassa*, Lamelli-  
branches, Gastéropodes, et, au sommet, par des grès à Végétaux (*Asterophyllites*, *Sphenophyl-  
lum*, *Pecopteris arborescens*, *Cordaites*) ;

2° Le Permien moyen, à l'état de dolomies avec Nautiloïdés (*Metacoceras*, *Temnochilus*,  
*Asymptoceras*), Gastéropodes, Lamellibranches, *Productus Leplayi*, *Dielasma elongata*, *Schwa-  
gerina princeps* ;

3° Le Permien supérieur, composé d'argiles et de marnes rouges et vertes avec gypse  
et sel gemme et de grès friables.

L'établissement du régime lagunaire à la fin du Permien est donc un  
phénomène tout à fait général dans toute la Russie.

EUROPE SEPTENTRIONALE ET CENTRALE. — Des dépôts permien ont été ren-  
contrés par de nombreux sondages dans toute la plaine de l'Allemagne du  
Nord. Ils affleurent en plusieurs points et prennent une part importante  
à la constitution des massifs qui délimitent cette plaine au sud : Teuto-  
burger Wald, Harz, Mittelgebirge de Saxe, Sudètes et, plus au sud, Thü-  
ringer Wald. Vers l'ouest, on retrouve exactement les mêmes formations  
en Angleterre et, vers l'est, en Courlande.

Dans toute cette région, le Permien inférieur manque en général et le  
Permien moyen est à l'état continental. Seul le Permien supérieur est  
marin, mais il affecte les caractères d'une mer intérieure, d'une sorte de  
Baltique. La faune présente de telles analogies avec celle du Permien de  
Russie qu'il est nécessaire d'admettre une communication directe entre les  
deux régions. Celle-ci avait lieu peut-être entre la Courlande et le gouver-  
nement de Jaroslaw, mais les affleurements permien de ces deux districts  
sont séparés aujourd'hui par une étendue d'une largeur supérieure à  
800 km, où la dénudation a fait son œuvre. On peut supposer également  
l'existence d'une communication entre le Donetz et l'Allemagne du Nord  
par le Sud-Ouest de la Russie et par la Pologne, mais, dans cette hypo-  
thèse, on est obligé d'admettre une ablation des dépôts permien antérieure  
au Crétacé ou au Tertiaire, puisque ces terrains reposent directement sur

les schistes métamorphiques dans toute la région comprise entre le Dniepr et le Boug.

*Allemagne du Nord.* — Le Permien inférieur et le Permien moyen sont d'ordinaire réunis par les géologues allemands, à cause de leurs analogies lithologiques, sous le nom de *Rothliegendes*, mais, au point de vue stratigraphique, les deux termes sont presque toujours indépendants l'un de l'autre, soit qu'ils soient séparés par une discordance, soit que le Permien inférieur manque et que le Permien moyen soit transgressif. Le Permien supérieur est connu sous le nom de *Zechstein*, il est lui aussi transgressif en beaucoup d'endroits.

Le PERMIEN INFÉRIEUR possède, dans le Nord de l'Allemagne, une extension encore plus limitée que le Carbonifère supérieur. Lorsque les deux étages coexistent, ils sont concordants. C'est ce qui se produit notamment dans le bassin du Mansfeld et de Wettin, dans la province de Saxe, où les couches de Wettin stéphanien sont surmontées en concordance par une série puissante d'argiles, de tufs et de coulées de rhyolithes et d'andésites, qui renferme *Walchia piniformis* et *filiciformis* et représentent l'Autunien [39].

Dans le bassin de Chemnitz, par contre, le Permien inférieur repose directement sur le Westphalien.

Au Plauenscher Grund, près Dresde, il est également transgressif et présente un intérêt tout particulier, non seulement par suite des intercalations de houille que l'on y exploite dans sa partie inférieure, mais surtout par la présence, dans des couches calcaires de la partie supérieure, de restes nombreux de Stégocéphales (*Branchiosaurus*, *Archegosaurus*, *Melanerpeton*) et de Reptiles (*Palæohatteria*) [40].

Dans le Thüringer Wald, le Permien inférieur repose même, en discordance, sur le Dinantien ou sur des terrains plus anciens encore. Il est très puissant et l'on a pu, grâce à l'abondance des empreintes végétales, y distinguer un certain nombre d'horizons, dont les plus élevés sont transgressifs par rapport aux plus anciens [40]. On y trouve surtout les genres *Pecopteris*, *Callipteris*, *Neuropteris*, *Calamites*, *Sphenophyllum*, *Walchia*, *Cordaites*, ainsi que des Poissons et des Stégocéphales.

Le PERMIEN MOYEN est presque toujours transgressif et débute par un conglomérat porphyrique. Il est constitué d'une manière assez uniforme par des grès rouges et des argilolithes. Les coulées de roches éruptives y sont aussi abondantes que dans le Permien inférieur. Les restes organiques y sont plus rares. Parmi les Végétaux, les genres *Ullmannia* et *Baieria*, associés encore à *Walchia*, sont prédominants.

La transgression s'est étendue par-dessus les couches plissées et redressées lors des mouvements orogéniques du milieu du Carbonifère, qui paraissent s'être continués jusqu'au début du Permien. Les dépôts détritiques de couleur rouge résultent de l'entraînement, par les cours d'eau, des produits d'altération des terrains paléozoïques qui constituaient la chaîne nouvellement formée et de leur remaniement lors de l'invasion marine.

Le PERMIEN SUPÉRIEUR OU THURINGIEN correspond à une extension de plus en plus grande de la mer, de sorte que peu à peu les massifs anciens qui formaient encore des îles au Permien moyen sont recouverts par les eaux. Dans le Harz méridional et en Thuringe, il repose en discordance angulaire sur les couches fortement plissées du Dévonien et du Carbonifère inférieur. Dans le centre de la région qui nous occupe, c'est-à-dire en Saxe et en Thuringe, on peut distinguer dans le Thuringien plusieurs subdivisions assez constantes [0,2; 0,4; 7].

La série débute par un conglomérat de base, le *conglomérat du Zechstein*, à ciment calcaire, atteignant tout au plus 2 m d'épaisseur. Puis on observe un niveau, épais en moyenne de 60 cm seulement, mais très constant, le *Kupferschiefer*, schiste bitumineux, riche, surtout à la base, en minerais de cuivre argentifères (chalkosine, chalkopyrite, cuivre natif, argent natif, avec galène et pyrite). La matière organique, qui a vraisemblablement déterminé la réduction des sulfates métalliques en dissolution dans les eaux, était fournie par des Poissons, dont on trouve dans les schistes des restes nombreux, appartenant aux genres *Palæoniscus*, *Platysomus*, *Acrolepis*. On y rencontre aussi des empreintes végétales, provenant des genres *Ullmannia* et *Voltzia*. Le genre *Walchia* a disparu.

Le calcaire du *Zechstein*, qui surmonte le *Kupferschiefer*, a 5 à 10 m d'épaisseur. Il est assez fossilifère et renferme surtout des Gastéropodes, des Lamellibranches (*Schizodus obscurus*, *Bakewellia ceratophaga*, *Pseudomonotis speluncaria*, *Liebea Hausmanni*), des Brachiopodes (*Productus horridus*, *Strophalosia Goldfussi*, *Spirifer alatus*, *Camarophoria Schlothheimi*), des Bryozoaires (*Fenestella retiformis*). On y trouve aussi des Nautilés, mais on n'y connaît ni Ammonoïdés ni Trilobites.

La plupart des espèces qui constituent cette faune de mer intérieure se rencontrent déjà dans les niveaux inférieurs du Permien, au Spitzberg et en Russie.

La partie moyenne de l'étage est constituée par un premier niveau de gypse et de sel gemme, que surmontent tantôt des dolomies, tantôt des schistes fétides. Des récifs de Bryozoaires, dont la formation a débuté au Thuringien moyen, ont continué à vivre et font saillie dans les couches dolomitiques.

L'étage supérieur comprend d'abord des argiles bariolées avec intercalations de gypse, de sel gemme et de calcaires dolomitiques, puis des masses très puissantes de sel gemme et de sels déliquescents. Le sel gemme atteint 330 m d'épaisseur à Stassfurt et jusqu'à 1200 m dans le sondage de Sperenberg, près Berlin. Les sels déliquescents, tels que la polyphalite, la kieserite, la carnallite, forment généralement des couches limitées, au toit comme au mur, par du gypse ou par du sel gemme.

Souvent le Thuringien supérieur est transgressif, de sorte que l'on peut admettre que la mer gagnait en étendue ce qu'elle perdait en profondeur.

Des sondages ont montré la grande extension du *Zechstein* ou du sel qui l'accompagne sous les dépôts tertiaires et quaternaires de la plaine de l'Allemagne du Nord. Dans l'est, on l'a rencontré jusque dans la Prusse orientale et en Pologne; vers le nord, jusque dans le Holstein; vers le sud-ouest, jusqu'à Erkelenz, où il repose directement sur le Westphalien. Vers le sud, les couches calcaires se terminent en biseau. Ainsi, à Heidelberg, des bancs minces de calcaires dolomitiques, renfermant encore *Schizodus obscurus* et *Mytilus Hausmanni*, se trouvent intercalés dans des grès rouges argileux. Le même fait se reproduit sur la rive gauche du Rhin, à Albersweiler, dans le Palatinat, comme l'a montré A. Leppa.

Nous reviendrons plus bas sur le Permien des Vosges.

*Angleterre.* — Les marnes rouges qui, dans l'île d'Helgoland, forment le soubassement du Trias constituent le trait d'union entre le Permien de la plaine de l'Allemagne du Nord et celui d'Angleterre.

Dans ce pays, le Permien inférieur est inconnu. Le Permien moyen est transgressif et débute généralement par des conglomérats. Il est constitué par des grès rouges à stratification torrentielle, connus sous la dénomination de *New Red Sandstone*. Le *Magnesian Limestone* est un calcaire dolomitique qui correspond exactement au calcaire du *Zechstein*. Il en renferme la faune et se trouve comme lui compris entre les schistes bitumineux et des marnes rouges avec gypse et sel gemme. Il atteint 180 m dans les affleurements situés à l'est, diminue graduellement d'épaisseur vers l'ouest, tandis que les grès et les argiles se développent davantage.

EUROPE CENTRALE. — Nous abordons maintenant les régions plus méridionales, où le Permien fait habituellement suite en concordance au Stépha-

nien, c'est la bande des plissements armoricains et varisques. Nous commençons de nouveau notre étude par l'ouest.

*Massif Armoricain.* — Le bassin stéphanien de Littry, dans le Calvados, est recouvert en partie par une puissante série de sables, de grès, de poudingues, d'argiles de couleurs vives et de calcaires dolomitiques, que l'on doit attribuer au Permien, quoiqu'elle n'ait fourni encore, en fait de restes organiques, que des troncs de Végétaux indéterminables et des empreintes de Ganoïdes. Vieillard a signalé une très légère discordance entre le Houiller et les calcaires à Poissons qui occupent la base de ce Permien. Les couches supérieures sont transgressives et occupent toute la dépression synclinale de Carentan. Elles supportent des conglomérats triasiques, qui accentuent encore le mouvement de transgression [XXXIV, 41].

Dans le centre et le sud du massif Armoricain le Permien n'est pas connu avec certitude.

*Bassin de Saarbrück.* — Dans la région de la Saar, le Permien est localisé sur le bord nord-ouest du bassin, il repose en concordance sur le Stéphanien, mais il est transgressif. Il est représenté par ses trois termes, dont l'inférieur surtout offre un développement remarquable.

On a divisé le PERMIEN INFÉRIEUR ou Autunien de la région en deux sous-étages, les couches de Kusel et les couches de Lebach.

Les couches de Kusel comprennent des grès, des arkoses et des schistes rouges, avec intercalations de bancs dolomitiques et de calcaires travertineux. Elles atteignent un millier de mètres d'épaisseur. Elles débutent par un conglomérat à gros galets de quartz et reposent, au N.W. du bassin, directement sur le Dévonien inférieur. Leur partie inférieure renferme une flore assez riche, on y trouve notamment *Pecopteris arborescens*, *Odontopteris obtusa*, *Callipteris conferta*, *Calamites Suckowi*, *Asterophyllites grandis*, *Walchia piniformis*. Les restes animaux y sont plus rares. Dans la partie supérieure, qui présente des intercalations peu importantes de houille, on trouve, à côté des Végétaux, parmi lesquels les *Pecopteris* sont particulièrement prépondérants, des *Anthracosia* et des *Estheria*.

On désigne sous le nom de couches de Lebach une masse puissante de schistes noirs, renfermant accessoirement des grès ou des arkoses et un niveau très constant de concrétions aplatisées de sidérose, dans lesquelles on a trouvé des restes organiques ayant servi de point de concentration au carbonate de fer. Ce sont surtout des Stégocéphales (*Archeosaurus Decheni* et *latirostris*), des Poissons (*Xenacanthus*, *Acanthodes*, *Amblypterus*, etc.), des Insectes, des Crustacés (*Gamponyx*), des Végétaux (*Pecopteris* nombreux, *Sphenopteris lebachensis*, *Callipteris conferta*, *Tæntopteris multinervia*, *Asterophyllites*, *Walchia piniformis*, *filiciformis*).

Le PERMIEN MOYEN est caractérisé par le grand développement qu'y prennent les roches d'épanchement et leurs projections. Les coulées de rhyolithes, d'andésites (porphyrites), de basaltes sont interstratifiées dans des schistes et des grès rouges sans fossiles.

Le PERMIEN SUPÉRIEUR, comprenant les couches de Wadern et les couches de Kreuznach, est non seulement transgressif par rapport aux termes précédents, mais il les recouvre en discordance et il débute par un conglomérat, dont les éléments sont principalement des roches éruptives du Permien moyen. Au-dessus viennent des schistes et des grès fins, d'une coloration rouge sombre, qui passent latéralement vers l'est aux grès du Palatinat, dans lesquels viennent se terminer en biseau les calcaires dolomitiques du Zechstein.

Il y a eu incontestablement, dans la région, un mouvement orogénique important après le dépôt du Permien moyen, mais la sédimentation détritique a continué à s'effectuer sans interruption dans les dépressions, car en certains points les deux termes supérieurs du Permien sont concordants, tandis qu'ailleurs le Trias inférieur repose directement sur le Carbonifère ou sur le Permien inférieur ou moyen.

*Vosges et Forêt Noire.* — Dans les Vosges septentrionales et jusque dans la vallée de la Bruche [103], le Permien inférieur manque et c'est le Permien moyen transgressif qui repose directement sur le Carbonifère inférieur, sur le Dévonien et sur du Paléozoïque ou du granite d'âge indéterminé. Les

arkoses, les grès à stratification torrentielle (pl. LXXXVIII, 2), et les schistes rouges (LXXXVIII, 1) prédominent dans les deux étages supérieurs. La grande coulée de rhyolithe du Nideck est interstratifiée dans le Saxonien.

Dans le val de Villé le passage du Stéphanien à l'Autunien est réalisé d'une manière insensible par les couches d'*Erlenbach* à *Walchia piniformis*, qui recouvrent les couches de *Trienbach* transgressives. Celles-ci sont très riches en empreintes végétales, telles que *Callipteris conferta*, *Tæniopteris multinervis*, *Plagiozamites Planchardi*, *Walchia filiciformis*, dont l'étude, faite par R. Zeiller [103], a établi avec certitude l'âge autunien inférieur. Au-dessus de ces schistes gréseux gris ou violets, dans lesquels on observe aussi des bancs de conglomérats à troncs silicifiés, s'élève le Permien moyen, représenté par des grès, des arkoses, des argilolithes rouges et lie de vin, associés à des tufs volcaniques. On y distingue les couches de *Meisenbuckel* et les couches de *Kohlbächel*, ces dernières débordant sur les précédentes et reposant par places directement sur le granite.

Dans les Vosges méridionales, l'Autunien est particulièrement bien développé, sur le versant lorrain, au Val d'Ajol, sous la forme d'argilolithes bien stratifiées, à teintes vives, où l'on a trouvé des troncs silicifiés de Fougères (*Psaronius*) et de Cordaïtes [105]. Le Permien moyen présente les mêmes caractères que dans les Vosges septentrionales et centrales, il est souvent recouvert en discordance par le Trias inférieur et l'on ne connaît aucun équivalent du Permien supérieur.

Sur le versant méridional, à Lomont, Courmont et Belverne (Haute-Saône), des sondages récents ont traversé, sur une épaisseur de 650 et 900 m, des grès rouges, avec petits bancs de calcaire dolomitique, des brèches porphyriques et des coulées de rhyolithes et d'orthophyres d'âge permien <sup>1</sup>.

Le Permien de la Forêt-Noire offre les plus grandes analogies avec celui des Vosges. Les environs d'Oppenau ont fourni une riche flore autunienne, tandis que les gisements fossilifères de Baden-Baden appartiennent au Permien moyen.

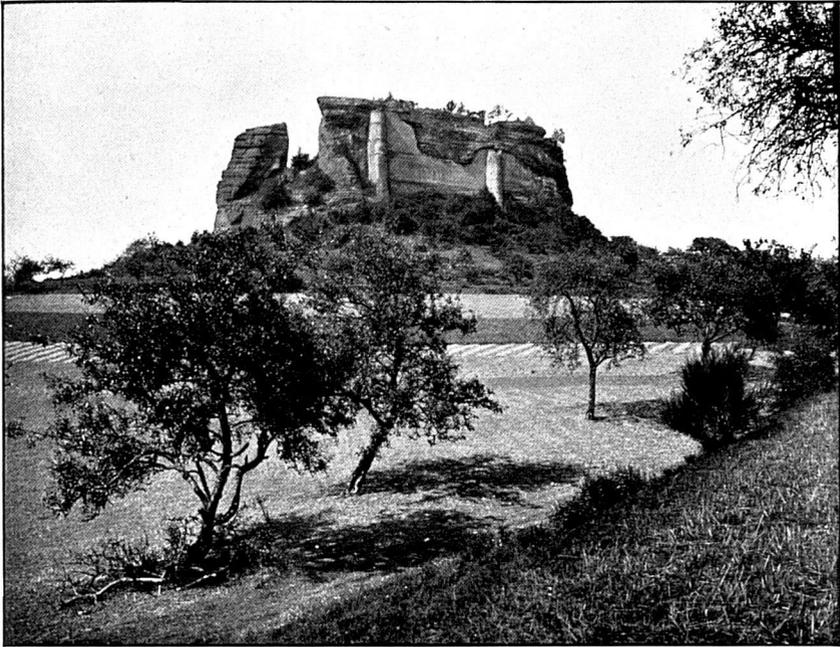
*Bohême.* — Dans le Centre de la Bohême les formations houillères sont d'âge stéphanien. Elles reposent directement sur les terrains paléozoïques inférieurs et supportent en concordance les dépôts autuniens, dont le terme le plus intéressant est la *Gaskohle* de Nürschan. Cette formation a fourni la faune terrestre permienne la plus riche que l'on connaisse en Europe [106]. On y a trouvé notamment de nombreux Stégocéphales (*Branchiosaurus*, *Melanerpeton*, *Dolichosoma*, *Dendrerpeton*, etc.), des Poissons (*Sagenodus*, *Orthacanthus*, *Pleuracanthus*, *Amblypterus*), des Crustacés, des Insectes, des Myriapodes gigantesques, etc.

Dans le Sud et dans l'Est de la Bohême, l'Autunien supérieur (couches de Lebach) et le Permien moyen sont transgressifs et leurs conglomérats de base s'appuient souvent directement sur les terrains cristallophylliens. La mer du Zechstein n'a pas pénétré en Bohême.

*Nord du Plateau Central.* — Le Permien du Nord du Plateau Central offre les plus grandes analogies avec celui du bassin de Saarbrück et des Vosges, toutefois rien n'indique la présence du Permien supérieur.

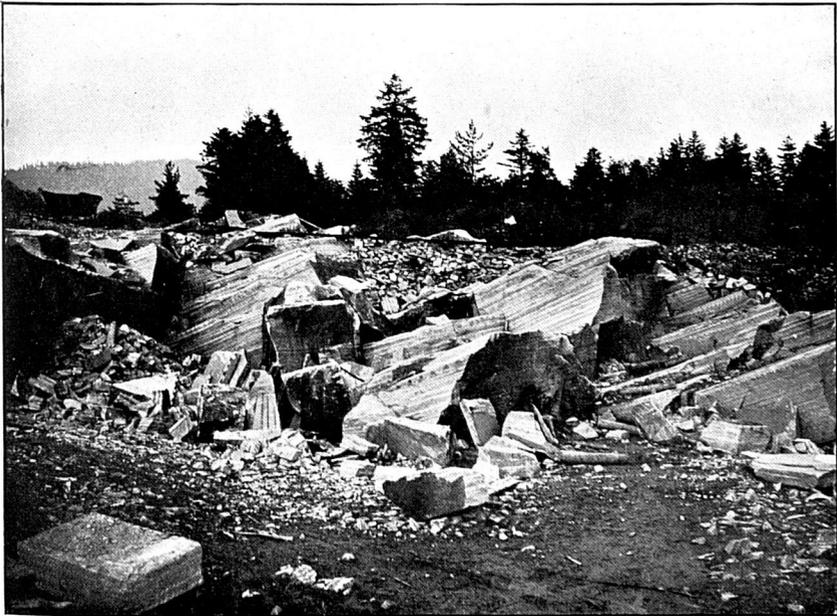
Le bassin d'Autun [107] peut servir de type pour l'étude du PERMIEN INFÉRIEUR continental, auquel il a valu son nom. L'Autunien fait suite en concordance au Stéphanien, mais il est nettement transgressif dans l'ouest du bassin. Il est entièrement lacustre ou tout au plus lagunaire, mais on n'y a

1. Communication verbale de M. W. Kilian.



Cliché Émile Haug.

RUINE DU FLECKENSTEIN, près Lembach (Alsace).  
Soubassement formé par les grès rouges argileux du Permien supérieur,  
couverts de cultures.  
Rocher constituant un témoin des grès et conglomérats de la base  
du Grès Vosgien (Trias inférieur).

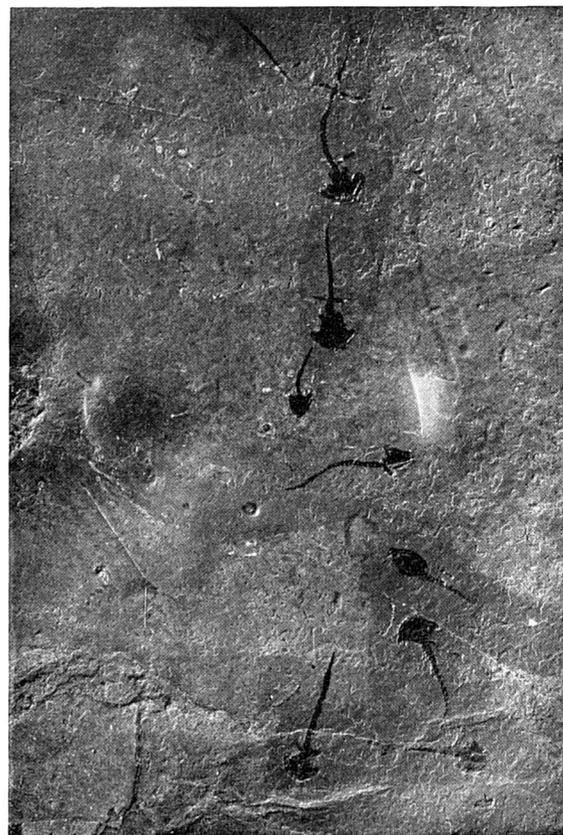


Cliché Émile Haug.

GRÈS DU PERMIEN MOYEN A STRATIFICATION TORRENTIELLE.  
Champroux (Alsace).



*Walchia piniformis* (1/3 gr. nat.)  
Autunien, Lodève (Hérault).



*Protriton petrolei* (larves de *Branchiosaurus*, 2/3 gr. nat. et gr. nat.,  
avec arcs branchiaux). Schistes de Muse autuniens.  
Millery, près Autun (Saône-et-Loire).



Clichés H. Ragot.

jamais rencontré d'organismes marins. Il est en majeure partie constitué par des schistes riches en huiles minérales. On y exploite des couches houillères et, notamment dans sa partie supérieure, le *boghead*, dont nous avons indiqué plus haut l'origine. On y a distingué les trois divisions suivantes :

1° Les *schistes d'Igornay* (400 m), qui forment la base de l'étage, renferment une flore qui possède encore des affinités stéphanienues (nombreux *Pecopteris*, *Alethopteris*, *Sigillaria*), mais on y rencontre déjà *Walchia piniformis* et *Callipteris conferta*, espèce essentiellement permienne. Les Stégocéphales font leur apparition.

2° Les *schistes de Muse* (300-350 m) ont fourni une flore semblable, mais les éléments permien tendent à prédominer. C'est dans ces couches que l'on a trouvé en nombreux exemplaires de petits Batraciens, décrits par Gaudry [XXX, 7] sous le nom de *Protriton oetrolei*, qui sont des formes larvaires de *Branchiosaurus* (pl. LXXXIX, 2, 3).

On y trouve en outre des Stégocéphales de grande taille, tels qu'*Actinodon Frossardi* et *Pleuronoura Pellati*, des Poissons nombreux (*Palæoniscus Blainvillei*, *Pleuracanthus*, *Acanthodes*), des Crustacés et des Végétaux.

3° Les *schistes de Millery* renferment des couches de boghead, des bancs calcaires et des bancs remplis de bois silicifié et de rognons où les graines de Gymnospermes se présentent avec une admirable conservation, comme, par exemple, au célèbre Champ de la Justice. On trouve, en outre, dans ces couches supérieures, des Stégocéphales, des Poissons, des Crustacés, des Végétaux, parmi lesquels les espèces permienues sont maintenant tout à fait prépondérantes.

Le PERMIEN MOYEN est nettement transgressif dans tout le Nord-Est du Plateau Central. Il est constitué principalement par des grès rouges et des argiles de même couleur et ne renferme, dans le bassin d'Autun, ni couches de charbon ni aucune trace de fossiles. Dans le bassin de Blanzay et du Creusot il atteint une grande épaisseur [108].

*Bord méridional du Plateau Central.* — Le Permien manque sur le bord est du Plateau Central entre le bassin du Creusot et Largentière, dans l'Ardeche; il n'est pas davantage connu dans le nord-ouest. Par contre, il couvre, sur le bord sud-ouest et dans le sud du Languedoc, de grandes étendues, notamment dans les bassins de Brives [109] et de Graissesac, où l'Autunien, constitué par des grès à *Walchia*, fait suite en concordance au Stéphanien. Dans l'Aveyron, par contre, les grès permienues sont transgressifs et reposent souvent directement sur les terrains cristallins. Aux environs de Lodève, dans l'Hérault, l'Autunien est représenté par des schistes bitumineux à Poissons et par des schistes gréseux renfermant une flore très riche [XXXII, 27; 110]. Les *Walchia* y sont particulièrement abondantes (pl. LXXXIX, 1) (*W. piniformis*, *filiciformis*, *hypnoides*, etc.) et sont associées à *Callipteris conferta*, *Trichopitys heteromorpha*, etc. Le Permien du Languedoc se termine par des grès, des conglomérats, des argiles rouges très puissantes, avec lits calcaires, qui représentent à la fois le Saxonien et le Thuringien.

RÉGIONS ALPINES ET MÉDITERRANÉENNES. — Pour l'intelligence de l'étude sommaire qui va suivre il est nécessaire de commencer notre aperçu par la Toscane, où nous trouverons le type original d'une formation particulière du Permien, qui possède un grand développement dans l'Europe méridionale, où on lui donne souvent le nom de *Verrucano*.

*Monte Pisano.* — Le nom de *Verrucano*, employé en Toscane par les carriers, fut introduit dans la science en 1830 par Savi pour désigner un ensemble de grès, de conglomérats (*anagénites*), de schistes, principalement de couleur rouge, qui affleure en plusieurs points dans le Monte Pisano et en particulier à la Verruca, près Pise. Tour à tour envisagée comme liasique, triasique et carbonifère, cette formation doit être attribuée au Permien,

car on y a trouvé, en divers endroits, une flore très caractéristique. Elle est concordante avec le Carbonifère supérieur et comprend de bas en haut [57] :

1° Schistes lustrés à *Sphenophyllum oblongifolium*, avec espèces communes au Carbonifère et au Permien ;

2° Schistes lustrés à *Callipteris conferta*, *Alethopteris Grandini*, *Cyathocarpus*, etc. ;

3° Grès à *Walchia piniiformis*, *Neuropteris Zeileri*, *Dictyopteris Schutzei*, *Cordaites borassifolius*, etc. ;

4° Schistes ardoisiers, supportant des calcaires probablement triasiques.

Les Végétaux du Verrucano du Monte Pisano ne peuvent laisser aucun doute sur l'âge autunien de la base de la formation et il est vraisemblable que les deux étages supérieurs y sont également représentés.

*Basse-Provence et Alpes-Maritimes.* — Dans les massifs des Maures et de l'Esterel le Permien couvre des étendues bien plus grandes que le Carbonifère. Il est transgressif et débute par des conglomérats dont les éléments sont empruntés en majeure partie aux terrains métamorphiques sous-jacents. On y observe des intercalations de schistes à *Walchia piniiformis* et *Callipteris conferta* et des coulées de rhyolithes. Les conglomérats supportent des schistes rouges et verts avec coulées interstratifiées et intrusions de porphyre bleu (microgranulite acide).

Dans le Nord des Alpes-Maritimes [111], le Permien constitue le noyau du dôme de la cime de Barrot. Le Var et le Cians y ont creusé des gorges étroites, de 800 ou 900 m de profondeur, sans en atteindre le substratum. La partie inférieure est formée de grès rouges et violacés, la partie supérieure, de schistes rouges.

Sur le pourtour du massif du Mercantour, on voit les grès inférieurs s'appuyer directement sur les terrains cristallophylliens, qui en ont fourni les éléments. Les schistes sont en retrait par rapport aux grès et sont recouverts, comme l'a montré Léon Bertrand, par le Trias transgressif.

En aucun point des Alpes-Maritimes le Permien ne renferme de fossiles, c'est uniquement par sa position stratigraphique et par ses analogies avec celui des Maures et de l'Esterel que l'on a pu déterminer son âge.

*Alpes occidentales.* — Le Permien ne se rencontre qu'exceptionnellement dans les zones extérieures des Alpes occidentales, en particulier dans les massifs cristallins du Pelvoux, des Grandes-Rousses, de Belledonne, des Aiguilles-Rouges et du Mont-Blanc, où le Trias s'étend en général directement sur les terrains cristallophylliens et sur le Houiller. Il existe cependant aux Rouchoux, près la Salette, et à Argentières, près Chamonix, où il est à l'état de grès schisteux rouges et verts, rappelant le Verrucano. Dans le massif du Prarion des schistes analogues semblent avoir pris part aux plissements antétriasiques.

Dans la zone axiale du Briançonnais, on attribue au Permien, sans preuves paléontologiques, toutes les roches qui ressemblent au Verrucano, mais cette formation est indissolublement liée au Houiller et constitue avec lui une masse puissante, souvent complètement métamorphisée.

Dans la Suisse orientale, le Permien acquiert une grande épaisseur dans les Alpes de Glaris, où il prend une part très importante au phénomène des grands charriages, puisqu'il est refoulé par-dessus les schistes nummulitiques. Il présente tous les caractères du Verrucano de Toscane, aussi le nom de *sernifite*, que lui donnaient les anciens géologues suisses, est-il tombé en désuétude.

*Alpes orientales.* — Le Permien ne semble pas exister dans les Alpes cal-

caires septentrionales et il n'est pas connu avec certitude dans les Alpes centrales cristallines, mais il est très développé dans les Alpes Carniques et dans les Alpes calcaires méridionales [112].

Le PERMIEN INFÉRIEUR n'a encore été signalé qu'en deux points, où il fait suite au Carbonifère supérieur, sur lequel il repose en concordance, tandis qu'il est séparé de l'étage moyen par une discordance. Au Trogkofel, dans les Alpes Carniques, l'Artinskien ne diffère guère des couches à *Schwagerina* sous-jacentes que par la présence du genre *Scacchinella*. Il renferme les mêmes Fusulines et *Schwagerina princeps*. A Neumarktl, dans les Karawanken, par contre, Schellwien y a trouvé en outre *Thalassoceras microdiscus* et *Popanoceras*, qui indiquent avec certitude l'Artinskien [113].

Le PERMIEN MOYEN possède dans toutes les Alpes méridionales une bien plus grande extension. Il est transgressif et repose en discordance sur les couches antépermienne plissées. Il débute généralement par un conglomérat de base à éléments anguleux, auquel les géologues autrichiens ont souvent appliqué le nom de Verrucano en raison de sa grande ressemblance avec les conglomérats du Monte Pisano. Localement, ce conglomérat renferme des blocs roulés de calcaires à Fusulines artinskiens. C'est la brèche d'*Uggowitz*. Au-dessus vient une masse puissante de grès et d'argiles rouges, qui ne diffèrent en rien du Rothliegende supérieur d'Allemagne. Ce sont les grès de Gröden, localité située dans le Tyrol méridional. Ils sont souvent remplacés en tout ou en partie par d'épaisses coulées de porphyres, dont la plus importante occupe sur la rive gauche de l'Adige, près de Bozen, une surface immense.

Une flore très caractéristique a été découverte par E. Suess [112] dans les grès de Gröden du val Trompia (*Walchia piniformis*, *fliciformis*, *Schizopteris*, *Sphenopteris*). Dans le val Pescara, la coexistence des genres *Walchia* et *Ullmannia* dans les mêmes couches indique un niveau situé à la limite du Permien moyen et supérieur. Il semble d'ailleurs que le faciès gréseux s'élève souvent dans le Permien supérieur, car les grès de Neumarkt, en Carniole, et de Fünfkirchen, en Hongrie, renferment une flore essentiellement thuringienne (*Voltzia*, *Baieria*, *Ullmannia*, etc.) [XI, 6; XXXIII, 68].

Le PERMIEN SUPÉRIEUR est en majeure partie constitué par le calcaire à *Bellerophon*, qui succède en concordance aux grès de Gröden et supporte, également en concordance, les grès du Trias inférieur. C'est un calcaire gris ou noir, bien stratifié, souvent dolomitique ou bitumineux, avec intercalations de gypse. L'analogie est grande avec le Zechstein de l'Allemagne du Nord, mais les couches particulièrement fossilifères correspondent au Thuringien terminal, qui, dans le Nord de l'Europe, est constitué par des dépôts de sédimentation chimique dépourvus de fossiles. La faune [114-117] rappelle celle du Zechstein, mais contient quelques types qui lui sont étrangers. Elle comprend surtout des Brachiopodes (*Athyris megalotis*, *Janiceps*, *Productus cadoricus*), des Lamellibranches (*Avicula*, *Bakewellia ceratophaga*, *Allorisma*, etc.), des Gastéropodes (*Bellerophon*, *Worthenia*, *Hologyra*, *Naticopsis*, *Loxonema*, etc.) et quelques rares Céphalopodes (*Pleuromutilus*, *Temnochilus*, *Cycloceras*), parmi lesquels un Ammonoïde à cloisons prionidiennes, *Paralecanites sextiensis*, découvert par C. Diener [115], et un *Cyclobolus* [116, 117].

On ignore par où la mer qui déposait les calcaires à *Bellerophon* pouvait communiquer avec la mer permienne de Russie, car, si ces calcaires se prolongent jusqu'en Bosnie, on ne sait rien, par contre, sur le Permien des Balkans.

**Sicile.** — En 1887, le géologue de Palerme G. G. Gemmellaro commençait la publication, malheureusement interrompue par sa mort, d'une monographie paléontologique [118] consacrée à une faune extraordinairement riche qu'il avait découverte dans la vallée du Sosio près Palazzo-Adriano et qui devait faire définitivement perdre au Permien sa réputation de terrain pauvre en fossiles. Le gisement consiste en trois rochers calcaires isolés au milieu de dépôts nummulitiques. Il a fourni plusieurs centaines d'espèces, qui se répartissent principalement entre les Trilobites [119] (*Proetus*, *Phillipsia*, *Pseudophillipsia*, *Griffithides*), les Nautiloïdés (*Orthoceras*, *Endolobus*), les Ammonoïdés (*Gastrioceras*, *Agathiceras*, *Adrianites*, *Doryceras*, *Stacheoceras*, *Hyattoceras*, *Waagenoceras*, *Paraceltites*, *Thalassoceras*, *Nomismoceras*, *Daraelites*, *Parapronorites*, *Propinacoceras*, *Medlicottia*), les Gastéropodes (*Loxonema*, *Macrochilus*, *Naticopsis*, *Platychilus*, *Trachyspira*, *Pleurotomaria*, *Bellerophon*), les Lamellibranches (*Edmondia*, *Conocardium*, *Clidophorus*, *Macrodon*, *Pseudomonotis*, *Liopteria*, *Aviculopecten*, *Streblopteria*, *Pecten*, *Lima*), les Brachiopodes (*Hemiptychina*, *Rhynchonella*, *Enteles*, *Spiriferina*, *Martinia*, *Reticularia*, *Spirifer*, *Productus*, *Orthothetes*, *Aulosteges*, *Scacchinella*, *Megarhynchus*, *Richthofenia*), les Foraminifères (*Fusulina*). Quoique toutes les espèces aient été figurées comme nouvelles par Gemmellaro, quelques-unes ont été réunies par divers auteurs à des formes déjà décrites antérieurement. C'est ainsi que *Medlicottia Trautscholdi* se confond avec *M. Orbignyana* des couches d'Artinsk et que d'autres formes encore sont très voisines de types de l'Oural. Néanmoins le nombre des espèces communes à la Sicile et à l'Oural est très restreint et le degré d'évolution des Ammonoïdés est beaucoup plus avancé que chez ceux d'Artinsk. Les genres *Waagenoceras* et *Hyattoceras*, à cloisons très découpées, sont inconnus dans l'Oural. Dans ces conditions, on s'est demandé si la faune du Sosio n'est pas sensiblement plus récente que celle d'Artinsk et s'il ne convient pas de l'attribuer au Permien moyen. Mais on a vu plus haut que les Ammonoïdés ne se rencontrent dans l'Oural que dans les grès d'Artinsk, c'est-à-dire dans l'Artinskien inférieur, tandis que les dolomies de Kangour, qui représentent l'Artinskien supérieur, sont dépourvues de Céphalopodes. On peut donc, au moins provisoirement, attribuer les calcaires à Fusulines du Sosio à l'Artinskien supérieur.

On ne connaît pas en Sicile de représentants des étages moyen et supérieur du Permien.

**Pyrénées.** — J. Caralp signalait en 1893 la présence de dépôts permien à fossiles marins à Saint-Girons, dans l'Ariège. Depuis, une étude plus approfondie des restes organiques, malheureusement très mal conservés, a permis d'identifier ceux-ci aux types les plus caractéristiques de l'Artinskien de Sicile.

Les couches qui les renferment sont des schistes verts, qui succèdent en concordance à des schistes noirs du Carbonifère supérieur et qui atteignent 35 m d'épaisseur. A leur partie supérieure, ils renferment des lentilles calcaires. Ils supportent en concordance des grès et une nouvelle série de schistes verts non fossilifères [120].

Les fossiles, qui ont été recueillis en divers points des Pyrénées centrales, sont des Crinoïdés, des Bryozoaires, des Brachiopodes, des Lamellibranches, des Gastéropodes, presque toujours indéterminables, même généralement. Les Ammonoïdés, qui prédominent dans la faune, appartiennent aux genres *Gastrioceras*, *Daraelites*, *Paraceltites*, etc., mais leur mauvais état de conservation ne permet que des rapprochements avec les

espèces d'Artinsk et de Sicile, à l'exclusion de toute détermination précise.

Le Permien moyen est discordant sur le Permien inférieur. Il débute par un conglomérat polygénique et des grès rouges et comprend surtout des marnes et des argilolithes rouges. Il supporte en concordance le Permien supérieur, constitué surtout par des dolomies, des calcaires, des schistes noirs.

Cette succession du Permien des Pyrénées centrales ressemble d'une manière frappante à celle du Permien des Alpes méridionales. La discordance principale se trouve exactement au même endroit. Toutefois, dans les Pyrénées, le Trias est transgressif, comme sur le bord du Plateau Central et dans les Alpes Maritimes.

*Péninsule Ibérique et Atlas.* — Le Permien marin n'est pas connu dans la péninsule Ibérique; en revanche, des grès rouges, tout à fait semblables à ceux de la France méridionale, y sont assez fréquents.

L'Autunien inférieur existe à Bussaco, au Portugal, où une flore très riche, étudiée par W. de Lima, renferme, outre de nombreux éléments carbonifères, des formes permienues, telles que des *Walchia*, *Callipteris conferta*, *Neuropteris Zeilleri*, etc. On y a trouvé également un *Eurypterus*.

En général, le Permien moyen détritique repose en concordance sur les terrains paléozoïques anciens. On l'observe dans ces conditions jusqu'en Andalousie.

Dans l'Atlas marocain, des schistes rouges, avec empreintes végétales indéterminables, forment, d'après L. Gentil, une puissante série discordante sur le Carbonifère et sur les terrains paléozoïques anciens.

ASIE. — Comme le Permien n'est pas représenté dans l'Afrique du Nord en dehors de l'Atlas et que dans l'Asie Mineure il est encore très mal connu, nous sautons directement de l'Algérie à la frontière persane de l'Arménie russe. Nous nous occuperons ensuite du Permien marin de l'Asie centrale, du Permien continental de Sibérie et du Permien de l'Asie orientale, réservant l'étude du Permien de l'Inde pour la fin de ce chapitre.

*Arménie et Perse.* — Dans les gorges de l'Araxe, près de Djoulfa, on connaît depuis les travaux d'Abich [121] un Permien marin très remarquable, caractérisé par la coexistence de types que l'on est habitué à considérer comme carbonifères et de Cératites (*Otoceras*), que l'on eût été tenté de classer dans le Trias. Les recherches récentes de Frech et von Arthaber [XXXIV, 77] ont établi avec certitude que ces divers éléments proviennent d'un ensemble unique de calcaires, qui paraissent séparés du Carbonifère par une grande lacune et qui supportent en concordance des quartzites du Trias inférieur. Pour cette dernière raison, on place aujourd'hui ces calcaires de Djoulfa dans le Thuringien. Leur faune se compose principalement de Céphalopodes (*Orthoceras pleuronutilus*, *Glyphioceras Abichianum*, *Hungarites Raddei*, *Otoceras djoulfense*, *tropitum*, etc.), de Brachiopodes (*Orthothetes*, *Productus*, *Marginifera*, *Reticularia*, *Spirigera*), de Zoanthaires. Plusieurs espèces de Brachiopodes se retrouvent dans le Permien de la Salt Range, en Inde. Les derniers bancs calcaires, qui ressemblent beaucoup au Wellenkalk du Trias moyen d'Allemagne, renferment en outre quelques Lamellibranches qui caractérisent les couches tout à fait terminales de ce Permien.

A Kalian-kouh, dans le pays des Baktyaris, en Perse, la mission de Morgan a rencontré des calcaires noirs attribués par H. Douvillé [66] au Permien, en raison de la présence d'une *Pseudophillipsia* voisine d'une espèce de Sicile, associée à des Brachiopodes et à des Bryozoaires.

*Turkestan.* — A Darwas, en Bokharie, des calcaires, reposant probablement sur des calcaires à Fusulines ouraliens, ont fourni à Karpinsky [98] des Ammonoïdés identiques à des espèces des couches d'Artinsk, ou tout au moins très voisines de celles-ci (*Pronorites præpermicus*, *Propinacoceras Darwasi*, *Agathiceras uralicum*, *Popanoceras Romanovskiyi*, *Thalassoceras*). A. von Krafft a recueilli également une *Medlicottia*. Cette identité des faunes de deux gisements distants de 1 800 km est un fait des plus remarquables.

Plus à l'est, Bogdanovitch a observé sur le fleuve Gussass, dans le Kouen-Lun occidental, des couches à Brachiopodes (*Productus*, *Orthothetes*, *Schizophoria*, *Martinia*), dont l'âge permien a été déduit uniquement de leur concordance sur des couches carbonifères plissées [XXXIV, 74].

La présence d'un *Xenodiscus* indique en outre l'existence du Permien moyen ou supérieur au col de Karakoroum.

*Sibérie occidentale.* — Le Permien paraît faire entièrement défaut dans le Nord de la Sibérie et sur le versant oriental de l'Oural, mais, dans le bassin houiller de Kouznetsk et dans l'Altaï, le Carbonifère supérieur est recouvert en concordance par des couches à plantes, dont l'âge permien a été bien établi par R. Zeiller [112]. La flore de ces couches présente un curieux mélange de genres mésozoïques, ainsi qu'une association de formes européennes avec des types caractéristiques du Permien de l'hémisphère sud, tels que *Phyllothea*, *Zamiopteris glossopteroides*, *Cycloptis*.

Le Permien supporte des couches continentales d'âge jurassique, qui prennent un grand développement dans toute la Sibérie centrale. C'est la série d'Angara, dont la présence caractérise le vieux continent Sibérien, appelé par Suess *terre d'Angara* [0, 22, III]. Ce continent existait dès la fin du Carbonifère.

*Chine et Tonkin.* — Dans la Chine septentrionale, des formations continentales d'âge probablement permien, mais dépourvues de restes organiques, reposent en concordance ou en discordance sur le Carbonifère et supportent en concordance une série mésozoïque, qui est tout à fait l'homologue de la série d'Angara. D'abondants produits éruptifs accompagnent ces formations permienne.

Dans la Chine méridionale, le Permien est souvent représenté par des calcaires qui font suite en concordance aux calcaires ouraliens. Ainsi, à Yarkalo, sur la frontière ouest du Sze-tchouen, Lóczy a recueilli une faune, qui comprend, à côté d'espèces ouraliennes, des types incontestablement permien, tels que *Reticularia indica*, *Rhynchonella timorensis*. Dans le Yunnan et dans les provinces de Kiang-si et de Kouang-si, les calcaires du Permien sont caractérisés par la présence d'un Foraminifère particulier, *Doliolina*, et par des Brachiopodes des couches à *Productus* de l'Inde. Le genre *Doliolina* a été trouvé également par Fultzer dans les monts Semenow, dans le Nord-Est du Tibet, dans des calcaires que surmontent immédiatement des couches à Céphalopodes d'âge triasique [75]. Au Tonkin, enfin, les calcaires noirs ouraliens sont recouverts en concordance par des calcaires à Fusulines renflées, à *Doliolina Verbeeki*, *lepida*, *Neoschwagerina craticulifera* et Brachiopodes, qui, d'après H. Douvillé [123], représentent le Permien inférieur ou moyen, et par des marbres à *Neoschwagerina globosa* et *Sumatrina Andæ*, qui correspondraient au Permien supérieur (pl. LXXXIII, 1, 2).

Ajoutons que, tandis que le Permien inférieur paraît être concordant avec le Carbonifère supérieur dans toute la Chine méridionale et en Indo-Chine, Fr. Frech [XXXIII, 38] a montré qu'à Ning-kouo-hsien, dans la province de Ngan-Hoef, un terme supérieur du Permien, renfermant deux

Céphalopodes (*Gastrioceras* et *Paraceltites*), est discordant sur le Carbonifère supérieur.

*Himalaya*. — Le Permien présente, dans l'Himalaya, des caractères bien différents suivant qu'on l'étudie dans la chaîne principale ou dans les massifs exotiques de la frontière tibétaine [77].

Dans ce dernier cas, il est constitué par des calcaires blancs ou rouges, qui forment sans doute des lambeaux de recouvrement planant sur un soubassement d'argiles jurassiques. Les racines des nappes dont ces lambeaux seraient des témoins ne sont pas connues. Au sommet appelé Chitichun I, ces calcaires ont fourni une faune très riche [78], qui est du plus haut intérêt, car on y trouve un certain nombre de Céphalopodes associés à de rares Trilobites (*Phillipsia*, *Chiropyge*) et à des Brachiopodes que l'on serait tenté de placer dans l'Ouralien (*Productus cora*, *lineatus*, *bolivienis*, *Spirifer fasciger*, *tibetanus*, *Camarophoria Purdoni*, etc.). Ce sont : *Stacheoceras Trimurti*, *Xenaspis carbonarius*, *Cyclolobus Walkeri*. Le genre *Stacheoceras* a été rencontré jusqu'ici principalement dans des couches artinskiennes, et, de plus, un nombre assez élevé de Brachiopodes des calcaires de Chitichun se retrouve dans le Permien inférieur de Sicile ou dans les couches d'Artinsk. On pourrait donc être tenté de ranger ces calcaires dans l'Artinskien, comme Diener le faisait primitivement. Mais la présence de *Cyclolobus* et de *Xenaspis*, signalée récemment par cet auteur, peut être invoquée en faveur de l'attribution des calcaires de Chitichun à un niveau plus élevé. En effet, on n'a jamais rencontré ces deux genres dans les faunes artinskiennes, si riches en Céphalopodes, de l'Oural, de la Sicile et du Texas, tandis que dans ces deux dernières régions se trouve le genre *Waagenoceras*, qui est à un état d'évolution un peu moins avancé que *Cyclolobus*. Les calcaires de Chitichun doivent donc être placés au niveau du Saxonien d'Europe, malgré la persistance de types carbonifères de Brachiopodes.

Dans la chaîne principale, le Permien est constitué par des schistes à *Productus*, avec intercalations de calcaires gréseux, qui, dans les districts de Spiti et de Koumaon, ont fourni une faune très riche en Brachiopodes et quelques Céphalopodes d'un très grand intérêt. Ce sont quelques petites espèces de position systématique douteuse, provenant de Byans, et des formes beaucoup plus caractéristiques, comme *Xenaspis carbonarius*, *Cyclolobus Oldhami* et d'autres espèces du même genre et du sous-genre *Krafftocera*.

La présence de *Xenaspis carbonarius* et de plusieurs représentants du genre *Cyclolobus* conduit à admettre le synchronisme des calcaires de Chitichun et d'une partie au moins des schistes à *Productus*, qui atteignent une très grande épaisseur, de sorte qu'ils comprennent vraisemblablement plusieurs niveaux paléontologiques. Les Gastéropodes (*Pleurotomaria*, *Bellerophon*) et les Lamellibranches (*Aviculopecten*, *Oxytoma*, *Liebea*, *Goniomya*) sont surtout fréquents dans une lentille calcaire intercalée dans la partie supérieure des schistes. Ils sont, pour la plupart, très voisins de types du Permien supérieur d'Europe. Parmi les Brachiopodes, il ne s'en trouve qu'un petit nombre, comme *Productus Abichi*, *Spirifer fasciger*, *Spirigerella Derbyi*, qui soient communs aux deux faciès. D'autres, comme *Productus Purdoni*, *cancriiformis*, *Spirifer Marcoui*, indiquent la persistance d'éléments carbonifères. D'autres espèces encore sont spéciales aux schistes à *Productus* et s'y trouvent en grande abondance : *Chonetes Vishnu*, *Productus gangeticus*, *Spirifer rajah*, *nitiensis*, *Dielasma La Touchei*.

L'Artinskien ne paraît pas être représenté dans l'Himalaya. Les schistes à *Productus* y sont toujours transgressifs, ils reposent soit sur le Carbonifère, soit sur des terrains plus anciens, comme l'a montré Griesbach [76 *ter*]. Ils passent, par contre, insensiblement, à la partie supérieure, aux couches à *Otoceras*, parfaitement concordantes, dont la faune, composée surtout d'Ammonoïdés à cloisons de Cératites (*Meekoceras*, *Ophiceras*, *Nannites*, etc.), possède incontestablement des affinités triasiques, bien que l'on y rencontre un grand nombre de représentants du genre *Otoceras*, qui à Djouffa se trouve dans le Permien. Nous reviepdrons d'ailleurs dans le chapitre suivant sur l'âge de ces couches à *Otoceras*. Si on les place à la base du Trias, on doit envisager l'ensemble des couches à *Productus* comme l'équivalent du Saxonien et du Thuringien d'Europe.

*Salt Range*. — La *Salt Range* forme, dans le Nord du Penjab, un arc montagneux, indépendant de l'Himalaya, où le Permien présente un très beau développement et mérite un examen attentif, car sa faune est une des plus riches que l'on connaisse actuellement dans la série Anthracolithique supérieure [124], et la position stratigraphique de ses différents termes a fait l'objet de discussions qui sont encore ouvertes à l'heure actuelle. La découverte de conglomérats glaciaires à la base de la série Anthracolithique de la *Salt Range* augmente encore l'intérêt qui s'attache à cette région; mais nous pouvons réserver l'étude de ces formations pour la fin de ce chapitre et cela avec d'autant moins d'inconvénients que le Permien marin n'a été observé en aucun point de la *Salt Range* en superposition directe sur les couches glaciaires; il est d'ailleurs localisé à la partie occidentale de la chaîne.

L'ensemble de la série fossilifère de cette région repose sur des grès rouges, qui ne contiennent que des traces de fossiles; il est généralement désigné sous la dénomination de calcaire à *Productus*. Waagen d'abord [124], puis Nœtling [125] et Koken [126] y ont établi des subdivisions, mais il est très difficile d'accorder d'une manière satisfaisante les observations de ces trois auteurs. Voici comment, d'après les travaux les plus récents de Nœtling et de Koken, la succession peut être résumée :

I. Calcaire à *Productus* inférieur. C'est le groupe d'*Amb* de Nœtling, constitué par des alternances de calcaires sableux et de marnes noires (66 m). A part *Fusulina kattaensis*, quelques Bryozoaires et quelques Lamellibranches, on ne trouve guère à ce niveau que des Brachiopodes, dont les espèces les plus caractéristiques sont les suivantes : *Dielasma itaitubense*, *Hemiptychina sublavis*, *Spirifer Marcoui*, *fasciger*, *Derbya grandis*, *Rhipidomella Pecosi*, *Productus spiralis*, *Marginifera ovalis*, *Aulosteges Medicottianus*, *Richthofenia Lawrenciana* (fig. 267), etc.

II. Calcaire à *Productus* moyen (groupe de Virgal, 110 m).

a. Calcaire à Crinoïdes (*Cyathocrinus Goliathus*), riche en Zoanthaires, en Bryozoaires et en Brachiopodes, en particulier *Camarophoria Purdoni*, *Martinia gigantea*, *Reticularia indica*, *Lytonia nobilis*.

b. Calcaire à Brachiopodes de Virgal et de Warcha, avec : *Dielasma plica*, *Dielasma difformis*, *Notothyris* (nombreuses espèces), *Uncinulus Theobaldi*, *Spirifer fasciger*, *Wynnei*, *Enteles Oehlerti*, *sublavis*, *lavissimus*, *Productus gratosus*, etc. *Xenaspis carbonarius* apparaît, mais est encore rare.

c. Calcaire à *Oldhamina* de Djabi, Chidru, etc. : *Hemiptychina himalayensis*, *Uncinulus jabiensis*, *Spiriferina cristata*, *Eumetria indica*, *Derbya grandis*, *Productus cora*, *lineatus*, *indicus*, *Abichi*, *Marginifera typica*, *Oldhamina decipiens* (fig. 268). Niveau principal de *Xenaspis carbonarius* et *Xenodiscus plicatus*.

III. Calcaire à *Productus* supérieur (groupe de Chidru, 100 m). Brachiopodes : *Spirifer fasciger*, *Spirigerella grandis*, *Productus Purdoni*, *indicus*, *lineatus*, *Chonetes* nombreux; Lamellibranches : *Pseudomonotis gigantea*, *Oxytoma atavum*, *Lima Footei*, *Schizodus*

*truncatus*, *pinquis*, *Myophoria subelegans*; Gastéropodes : *Pleurotomaria durga*, *Bellerophon impressus*, *Jonesianus*, *Euphemus indicus*, *Bucania kattaensis*, *Entalis herculea*; Céphalopodes :

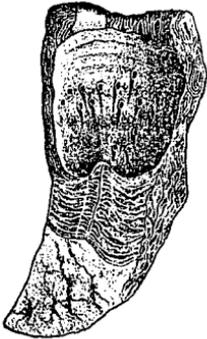


Fig. 267. — *Richthofenia Lawrenciana*. Coupe de la grande valve. Calcaire à *Productus*, Salt Range (d'après W. WAAGEN). 1/2 gr. nat.

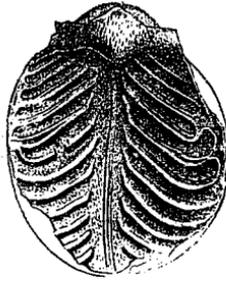


Fig. 268. — *Oldhamina decipiens*. Calcaire à *Productus* supérieur. Jabi, Salt Range (d'après W. WAAGEN).

*a*, face interne de la valve ventrale; *b*, septum médian de la valve dorsale avec septa latéraux.

Nautiloïdes abondants, *Stacheoceras antiquum*, *Cyclotobus Oldhami* (fig. 269), *Episageceras primas*.

Les calcaires à *Productus* supportent en concordance les calcaires à Cératites du Trias inférieur et ils constituent eux-mêmes une série parfaitement continue. Waagen con-

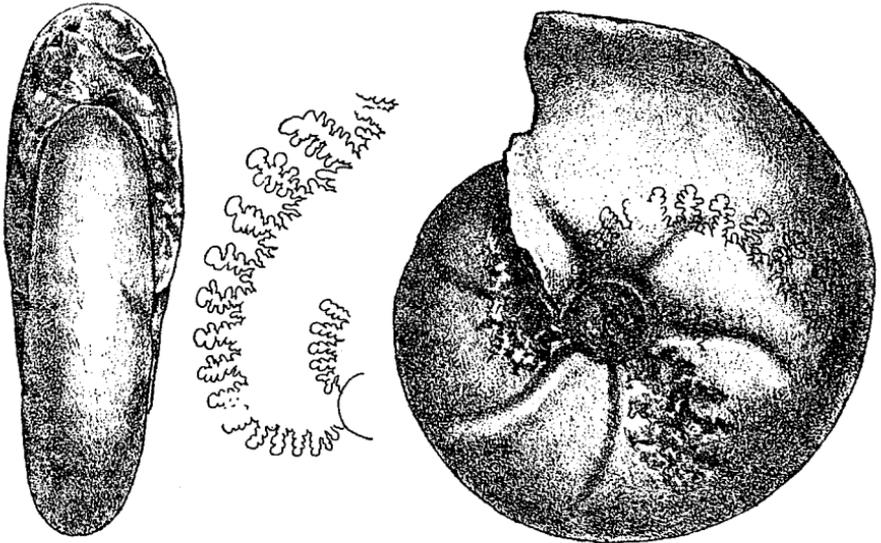


Fig. 269. — *Cyclotobus Oldhami*. Calcaires à *Productus* supérieurs. Jabi, Salt Range (d'après W. WAAGEN). 2/3 gr. nat.

cluait à leur synchronisme avec le Permien tout entier, tandis que Nøtting et Koken ne veulent ni voir qu'un équivalent du seul Thuringien. Tschernyschew a été frappé du grand nombre de Brachiopodes ouraliens que l'on y rencontre et les a attribués, en partie au moins, au Carbonifère. En effet, on doit être frappé du fait que *Spirifer Marcoui*, qui est localisé dans les calcaires à *Productus* inférieurs, est aussi une espèce caractéri-

stique de l'horizon inférieur de l'Ouralien du Timan et de l'Oural; mais on ne peut manquer de constater aussi que d'autres espèces réputées ouraliennes, comme *Productus cora*, *Productus lineatus*, montent dans la Salt Range jusque dans le calcaire à *Productus* supérieur, de sorte qu'il convient de ne pas attacher une importance excessive, dans l'établissement des parallélismes, aux Brachiopodes, dont la plupart ont une répartition verticale très étendue.

Les Céphalopodes vont nous fournir des renseignements plus précis. Dans les calcaires à *Productus* inférieurs et dans la partie inférieure des calcaires à *Productus* moyens, ils font défaut, mais la présence de *Xenaspis carbonarius* dans les calcaires à *Oldhamina* (II, c) nous permet d'affirmer le synchronisme de ces couches avec les calcaires de Chitichun et avec une partie des schistes à *Productus* de l'Himalaya et en particulier avec ceux de Spiti, qui renferment cette même espèce et que nous avons attribués au Permien moyen. *Cyclolobus Oldhami* caractérise les calcaires à *Productus* supérieurs et cette espèce se retrouve également dans le district de Spiti, mais dans une autre localité que *Xenaspis carbonarius*. Il est probable que les deux espèces occupent dans l'Himalaya, comme dans la Salt Range, deux niveaux successifs, que nous pouvons envisager comme des zones paléontologiques, dans le sens particulier que nous donnons à ce terme. La zone inférieure, à *Xenaspis carbonarius*, correspondrait à peu près au Saxonien d'Europe, la zone supérieure, à *Cyclolobus Oldhami*, au Thuringien.

Si la base de la série est ouraliennne, comme l'admet Tschernyschew, est probable que l'Artinskien est représenté par le calcaire à Crinoïdes et par la base du calcaire à Brachiopodes de Virgal, où l'on rencontre en effet des espèces de l'Artinskien de Sicile, telles que *Enteles OEhlerti*, *sublævis*, *elegans* [126].

Les calcaires à *Productus* de la Salt Range correspondraient donc aux quatre étages supérieurs du système Anthracolithique. Si ces conclusions sont exactes, *Richthofenia* (fig. 267), ce Brachiopode si différencié que plusieurs paléontologistes sont portés à le considérer comme un Tétracoraliaire, apparaîtrait dès le Carbonifère supérieur. Aussi n'avons-nous pas, contrairement à l'opinion de Frech, classé dans le Permien les couches de Lo-ping de la Chine orientale, où ce genre est représenté.

*Indes orientales et Japon.* — Dans les Indes orientales, le Permien inférieur paraît exister en divers endroits au-dessus du Carbonifère supérieur. La présence, dans la partie hollandaise de l'île de Timor, d'un niveau plus élevé, résulte avec certitude des travaux paléontologiques de Beyrich [127] et de Rothpletz [128]. Les espèces les plus caractéristiques des calcaires permien de cette île sont des Ammonoïdés : *Stacheoceras megaphyllum*, *tridens*, *Cyclolobus persulcatus*. L'association des deux genres *Stacheoceras* et *Cyclolobus*, dans les mêmes couches, montre que l'on est évidemment en présence de l'horizon paléontologique des calcaires de Chitichun, ou même d'un niveau plus élevé, tel que celui des couches du Permien supérieur de la Salt Range. Cette assimilation est confirmée en outre par la présence de plusieurs espèces de Brachiopodes des calcaires à *Productus* moyens et supérieurs de la Salt Range, tels que *Athyris capitata*, *Camarophoria pinguis*, *Chonetella nasuta*, *Productus asperulus*, *gratiosus*, *Abichi* [7].

G. Bøhm [129] signale, par contre, dans la partie portugaise de Timor, des calcaires à Crinoïdes et Blastoïdés (*Schizoblastus*), qui ont fourni un Ammonoïdé, *Adrianites timorensis*, d'affinités artinskiennes.

Au Japon, le Permien est représenté par des calcaires à *Fusulina japonica*

[130, 130 bis], *Neoschwagerina*, *Doliolina*, où Yabe a signalé le genre *Helicoprion* des couches d'Artinsk.

*Sibérie orientale.* — Les explorations d'Iwanow ont montré le grand développement que possèdent, aux environs de Vladivostok, des calcaires, qui semblent débiter partout par un conglomérat et qui renferment une faune assez riche, en tous points comparable à celle de l'ensemble des calcaires à *Productus* de la Salt Range [15]. On y retrouve des espèces de tous les niveaux de l'Inde, notamment *Hemiptychina inflata*, *Camarophoria Purdoni*, *Spirifer fasciger*, *Productus Purdoni*, *asperulus*, *Marginifera typica*, *Lytonia tenuis*, *Richthofenia Laurenciana*, de plus un assez grand nombre de formes qui, dans l'Europe orientale, caractérisent l'Ouralien, telles que *Spiriferella Keilhavi*, *Productus cora*, *porrectus*, *Weyprechti*. Outre les Brachiopodes, ces calcaires renferment surtout des Bryozoaires. Malheureusement les espèces n'ont pas été recueillies par niveaux, de sorte que l'on doit se contenter d'un parallélisme grossier avec l'Europe et l'Inde, sans faire la part de ce qui revient au Carbonifère supérieur et de ce qui revient au Permien.

AMÉRIQUE DU NORD. — Le Permien n'est pas encore connu dans l'Amérique arctique, mais aux États-Unis on le retrouve dans les régions mêmes où nous avons étudié le Carbonifère, c'est-à-dire dans l'Ouest, dans le Centre et dans l'Est.

*Ouest.* — En Californie, le Permien n'a été signalé jusqu'ici que dans le sud de la Sierra Nevada, dans le comté d'Inyo, où il serait constitué, d'après Perrin Smith, par plusieurs centaines de pieds de schistes sans fossiles, séparant les calcaires siliceux à Fusulines, d'âge carbonifère, des couches à *Meekoceras* éotriasiques, avec lesquelles il serait parfaitement concordant.

Nous ne possédons que des renseignements sommaires sur le Permien des Basin Ranges et des Montagnes Rocheuses. Il se présente sous la forme de marnes rouges avec bancs dolomitiques, dans lesquels Fr. Frech [7] a recueilli à Fort Douglas, près du Grand Lac Salé, des Lamellibranches, appartenant en partie à des espèces du Permien supérieur d'Europe ou de l'Inde (*Schizodus*, *Allorisma*, *Pleurophorus*).

*Centre.* — Sur le bord ouest du grand bassin carbonifère du Centre se trouve une large bande traversant le Kansas, l'Oklahoma et le Texas, où le Permien est remarquablement bien développé.

Dans le Kansas, le passage du Carbonifère au Permien s'effectue d'une manière tout à fait insensible [131]. Le Carbonifère supérieur se termine par les couches de Cottonwood, qui supportent en concordance les schistes et les calcaires de *Neosho* et de *Chase*, épais de 300 m environ, dans lesquels les espèces ouraliennes font place peu à peu à des espèces permienues, telles que *Pseudomonotis Hawni*, *Pleurophorus subcuneatus*, *Yoldia subscitula*, *Bakewellia parva*. Ces Lamellibranches, auxquels viennent s'ajouter *Schizodus curtus* et *ovatus*, sont tout à fait prédominants dans les calcaires de *Marion*, où les espèces carbonifères ont entièrement disparu. La série se termine par des marnes bariolées sans fossiles, avec intercalations de gypse et de sel.

On ne peut manquer d'être frappé des analogies que présente cette succession avec le Permien classique du versant occidental de l'Oural. La faune artinskienne, il est vrai, n'est pas représentée, mais nous allons la retrouver au Texas.

Dans ce pays, le Permien débute par des argiles rouges et des grès, concordants avec le Carbonifère, qui ont fourni des restes nombreux de Reptiles Théromorphes, tels que le singulier *Naosaurus*, des Stégocéphales (*Eryops*) et des Poissons. Ce sont les couches de *Wichita* proprement dites. A leur partie supérieure se trouvent les calcaires, les grès et les schistes de *Clear Fork*, formation essentiellement marine, dans laquelle ont été recueillis des Ammonoïdés extrêmement intéressants, décrits par White [132] (*Paralegoceras Baylorense*, *Waagenoceras Cumminsi*, *Popanoceras Walcolti*, *Medlicottia Copei*), dont les affinités sont très étroites avec diverses espèces de la faune de l'Artinskien supérieur du Sosio, en Sicile. On y trouve aussi des Gastéropodes (*Bellerophon*, *Euomphalus*), des Lamellibranches (*Aviculopecten*, *Bakewellia*, *Myalina*, *Yoldia*, etc.) et des Brachiopodes.

Ces couches à fossiles marins sont recouvertes par une nouvelle série de marnes et de grès rouges, avec intercalations de gypse et de sel, les couches de *Double Mountain*. C'est de ce niveau que proviennent les nombreux Vertébrés décrits par Cope et par Broili [133], qui, abstraction faite des Poissons, se répartissent entre les Stégocéphales (*Trimerorhachis*, *Eryops*, *Diplocaulus*, *Cricotus*, *Aspidosaurus*, etc.) et les Théromorphes (*Clepsydrops*, *Labidosaurus*, *Pariolichus*, *Diadectes*, etc.).

La même faune, moins riche, il est vrai, a été rencontrée dans le comté de Vermilion, dans l'Illinois, au-dessus des *Upper Coal Measures*, dans des couches rouges qui alternent avec des calcaires, dont les Brachiopodes appartiennent encore, pour la plupart, à des espèces carbonifères.

Les couches de *Double Mountain* du Texas ont fourni, par contre, des espèces voisines de celles de *Clear Fork* : *Pleurophorus*, *Waagenoceras Hilli*, *Popanoceras*, *Medlicottia*. Des lits marins avec *Bakewellia*, *Pleurophorus*, *Schizodus*, etc., s'intercalent également dans les couches à Reptiles de l'Oklahoma.

Un faciès tout à fait différent existe dans l'ouest du Texas, où le Permien est constitué, dans la sierra de Guadalupe, par des calcaires et des grès très puissants, dont la faune renferme, d'après Girty [134], de nombreuses espèces spéciales de Brachiopodes et en particulier des représentants non encore décrits des genres asiatiques *Richthofenia* et *Lyttonia*.

*Appalaches*. — Au-dessus de la série houillère de la Virginie occidentale se trouvent encore environ 200 m de marnes rouges et vertes, riches en Végétaux, qui représentent la base du Permien. White et Fontaine [135] y ont signalé, entre autres espèces caractéristiques de l'Autunien d'Europe, *Callipteris conferta* et *Alethopteris gigas*, ainsi que les genres *Pecopteris*, *Callipteridium*, *Tæniopteris*, *Baiera*. Si les termes supérieurs du Permien ont existé dans les Appalaches, les dénudations consécutives du plissement les ont complètement enlevés.

*Bord atlantique*. — Dans la Nouvelle-Écosse, le Permien accuse, comme le Carbonifère, d'étroites affinités avec le Nord de l'Europe. Des grès rouges à *Walchia piniformis* et *Pecopteris arborescens* représentent le Rothliegende, tandis que des calcaires dolomitiques, qui leur font suite et qui renferment notamment *Schizodus Schlotheimi* et *Pseudomonotis Hausmanni*, correspondent rigoureusement au Zechstein [7].

En résumé, si le Permien du bord atlantique de l'Amérique du Nord doit être envisagé comme le prolongement de celui de l'Europe septentrionale, on peut comparer celui des états du Centre au Permien de Russie, où coexistent également les deux faciès des marnes rouges à Vertébrés et des couches marines à Lamellibranches ou à Céphalopodes, tandis que dans

l'Ouest se dessinent des affinités, non seulement avec le Permien de l'Oural, mais encore avec celui de l'Inde.

HÉMISPHERE SUD ET INDE PÉNINSULAIRE. — Au lieu de continuer cet exposé par le Permien de l'Amérique du Sud, nous allons aborder l'étude des dépôts anthracolithiques supérieurs de l'hémisphère Sud par l'Australie, où coexistent des formations marines et des formations continentales, ce qui nous permettra de déterminer l'âge précis de ces dernières. Nous passerons ensuite à l'Inde péninsulaire, puis à l'Afrique australe et nous terminerons notre aperçu par l'Amérique du Sud.

*Australie et Nouvelle-Zélande.* — Nous ne pouvons donner ici la succession du groupe Anthracolithique supérieur dans les différentes régions de l'Australie, cela nous obligerait à entrer dans des détails qui n'offrent qu'un intérêt local. Les données publiées jusqu'ici nécessiteront d'ailleurs dans l'avenir une révision sérieuse, basée sur une étude plus précise des organismes et de leur répartition verticale.

Comme nous l'avons dit plus haut, les dépôts anthracolithiques supérieurs d'Australie — et il en est de même de ceux de la Nouvelle-Zélande — reposent partout en discordance sur un substratum plissé. On ne peut encore affirmer que l'invasion marine de la région ait eu lieu partout en même temps, mais il est établi que presque toujours la série transgressive débute par un conglomérat, auquel la plupart des auteurs sont aujourd'hui d'accord pour attribuer une origine glaciaire. C'est un véritable *boulder-clay* à galets striés, c'est-à-dire une moraine de fond, quelquefois remaniée par la mer, que les glaciers atteignaient certainement. L'argile à blocs repose souvent sur un substratum poli et strié, et la direction des stries permet d'affirmer que la glace coulait du sud au nord et que son point de départ était situé au sud du continent actuel [XXXII, 50].

L'argile à blocs peut aussi se trouver intercalée au milieu d'une série marine, ou bien encore les blocs striés, manifestement transportés par des glaces flottantes, sont dispersés au milieu de couches marines fossilifères. Dans ces cas il ne peut exister aucun doute sur l'époque exacte à laquelle remonte le phénomène glaciaire et on peut le considérer comme contemporain des premières couches marines de la série transgressive. Dans la Nouvelle-Galles-du-Sud, ces couches supportent une série houillère, qui renferme une flore très spéciale, caractérisée par la présence du genre *Glossopteris* (fig. 273), et qui est recouverte à son tour par une deuxième série de couches marines, dont la faune est à peu près identique à celle des premières. L'extension glaciaire est donc contemporaine à la fois de la faune marine et de la première flore à *Glossopteris*. Une deuxième flore, avec espèces spéciales, caractérise ensuite la fin de la période.

La faune des couches marines est très particulière [136-138]. L'élément

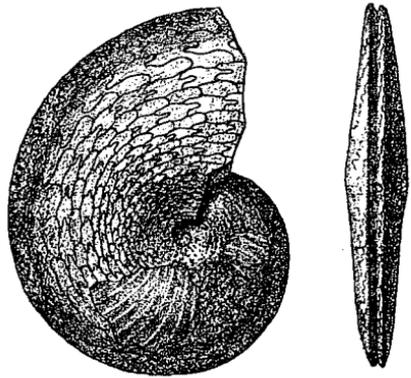


Fig. 270. — *Medicottia Orbignyana*. Arlinskien. Mont Kachkabache, Oural (d'après DE VERNEUIL). 4/5 gr. nat.

prédominant est fourni par les Brachiopodes, dont les espèces les plus communes sont les suivantes : *Spirifer fasciger*, *Ravanah*, *vespertilio*, *tasmaniensis*, *Hardmanni*, *avicula*, *Martinia Darwini*, *subradiata*, *Athyris Macceleyana*, *Seminula subtilita*, *Productus tenuistriatus*, *brachythærus*, *subquadratus*, *Strophalosia horrescens*, etc. Ce qui frappe dans cette liste, c'est le grand nombre d'espèces spéciales; quelques-unes se retrouvent cependant dans le calcaire à *Productus* inférieur de la Salt Range (*Productus Ravanah*, *brachythærus*), ou dans l'Ouralien et l'Artinskien de l'Oural (*Spirifer fasciger*, *Productus tenuistriatus*), ou encore dans le Carbonifère supérieur des États-Unis (*Seminula subtilita*). On peut en conclure que les couches à Brachiopodes d'Australie appartiennent à l'Ouralien ou tout au plus à l'Artinskien, et non au Permien supérieur, où quelques auteurs ont voulu récemment les ranger.

Ce résultat est confirmé, d'une part par la présence, à la fois dans ces couches et dans le calcaire à *Productus* inférieur de la Salt Range, d'un Bryozoaire très particulier, le genre *Hexagonella*; d'autre part, par celle de deux Goniatites, l'une, « *Goniatites* » *micromphalus*, de la Nouvelle-Galles-du-Sud et du district de Kimberley, dans le Nord de l'Australie occidentale, très voisine d'*Agathiceras uralicum* de l'Ouralien, l'autre, *Gastrioceras Jacksoni*, récemment décrite des schistes et calcaires de l'Irwin River dans l'Australie occidentale [439], se rapprochant de diverses espèces du Carbonifère supérieur des États-Unis. Ces deux genres sont inconnus dans le Permien moyen et supérieur.

Les Gastéropodes n'offrent pas d'intérêt particulier, mais il convient de signaler, parmi les Lamellibranches, la présence des genres *Liomyalina* et *Eurydesma*, puis celle du genre *Conularia*, que nous allons retrouver dans la Salt Range, dans des couches immédiatement supérieures aux formations glaciaires. Mentionnons encore la présence du genre *Helicoprion*, Sélacien des couches d'Artinsk, qui existe également dans les calcaires à *Productus* moyens de la Salt Range et au Japon.

Les Végétaux, qui, dans la Nouvelle-Galles-du-Sud, se trouvent dans des couches houillères intercalées entre deux couches à fossiles marins, sont les suivants : *Glossopteris primæva*, *Browniana*, *Næggerathiopsis prisca*, *Phyllothea australis*, *Annularia australis*. Toutes ces formes, à l'exception de la dernière, appartiennent à des genres complètement étrangers à la flore houillère de l'hémisphère nord et, inversement, aucun des types caractéristiques de cette dernière, à l'exception d'*Annularia*, ne se rencontre dans la flore à *Glossopteris*, qui se distingue par son peu de variété.

Les couches à *Glossopteris* supérieures à la seconde invasion marine sont, elles aussi, riches en houille (*couches de Newcastle*) et renferment des espèces qui diffèrent, pour la plupart, spécifiquement de celles des couches inférieures, mais qui appartiennent aux mêmes genres. Voici les plus caractéristiques : *Glossopteris Browniana*, *linearis*, *tæniopteroides*, *Vertebraria australis*, *Gangamopteris angustifolia*, *Næggerathiopsis media*, *Brachyphyllum australe*. *Phyllothea australis* est commune aux deux niveaux [440].

En Nouvelle-Zélande, on rencontre les mêmes couches marines que dans la Nouvelle-Galles-du-Sud [441], mais on n'y observe pas de formations glaciaires anthracolithiques et la flore à *Glossopteris* n'y est connue que dans des couches d'âge triasique. Les couches houillères de Sarawak, à *Phyllothea* et *Vertebraria*, semblent représenter à Bornéo, comme en Australie, le Permien continental.

*Inde.* — Nous ne nous sommes occupés jusqu'ici que des couches anthracolithiques marines de l'Inde; nous avons entièrement laissé de côté les

formations houillères et glaciaires de ce pays, qui jouent un rôle très important dans la Péninsule, qui se présentent dans des conditions particulièrement intéressantes dans la Salt Range et qui, de plus, ne sont pas entièrement inconnues dans l'Himalaya.

En effet, Nœtling a découvert au Kashmir des couches à débris végétaux, renfermant des restes de *Gangamopteris* et recouvertes par des couches marines à *Productus Abichi*, *indicus*, *Spirigerella Derbyi*, c'est-à-dire par un équivalent des calcaires à *Productus* supérieurs de la Salt Range.

Pour ce qui est de cette dernière région, on n'y a pas rencontré encore de couches à plantes, mais les formations glaciaires y sont très développées. Ce sont, comme en Australie, des argiles à blocaux, avec cailloux striés, que l'on rencontre, aussi bien dans la partie occidentale de la chaîne que dans sa partie orientale, en discordance angulaire sur les couches cambriennes, dont nous nous sommes occupés dans un précédent chapitre.

Dans la Salt Range orientale, les calcaires à *Productus* font entièrement défaut et dans la Salt Range occidentale on n'a jamais observé leur superposition directe à l'argile glaciaire. Celle-ci supporte toutefois des grès rouges (*Speckled Sandstone*), qui, en certains points, renferment les fossiles caractéristiques du calcaire à *Productus* inférieur. Dans l'est de la chaîne, ils sont remplacés par des grès et des argiles vert olive, où s'intercalent des bancs fossilifères, surmontés d'argile lavande. La faune de ces couches marines est du plus haut intérêt. Elle est composée d'espèces qui, presque toutes, se rencontrent également en Australie, à un niveau que nous avons attribué au Carbonifère supérieur, et notamment *Conularia lævigata*, *tenuistriata*, *Mæonia gracilis*, *Eurydesma*, *Myalina*, *Martinia Darwini*. Souvent ces fossiles se trouvent dans des concrétions, mélangées dans une même couche à des galets d'origine glaciaire mais probablement transportés par des glaces flottantes.

Ces faits démontrent que l'extension glaciaire de la Salt Range est contemporaine de celle d'Australie. Dans l'un et dans l'autre cas, son âge carbonifère résulte avec évidence de l'examen de la faune qui accompagne l'argile à blocaux et du synchronisme de cette faune avec celle du calcaire à *Productus* inférieur, attribué à l'Ouralien. L'étude des terrains anthracolithiques supérieurs de l'Inde péninsulaire ne permet malheureusement pas de tirer des conclusions aussi précises, car on ne connaît dans cette région que des formations continentales houillères, désignées sous le nom de *couches de Gondwana* [142, 144]. Leur partie inférieure appartient d'ailleurs seule au système Anthracolithique, leur partie moyenne est triasique, leur partie supérieure, jurassique.

Dans le Nord de la Péninsule, les couches de Gondwana débutent par un conglomérat, qui repose en discordance sur les couches métamorphiques sous-jacentes et dont l'origine glaciaire n'est plus discutée. Ce conglomérat glaciaire, qui manque dans le Sud de la Péninsule, est probablement de même âge que celui de la Salt Range et, par conséquent, que celui d'Australie. Les *couches de Talchir* qui lui font suite sont d'origine fluviale et lacustre. Ce sont des schistes qui ne renferment d'empreintes végétales que dans leur partie supérieure, où abondent *Glossopteris communis*, *indica*, *Gangamopteris cyclopteroides*, *angustifolia*, *Næggerathiopsis Hislopi*.

Les *couches de Karharbari*, qui leur font suite, sont une formation houillère, dont la riche flore est caractérisée par *Glossopteris communis*, *indica*, *decipiens*, *Vertebraria indica*, *Gangamopteris cyclopteroides*, *major*, *angustifolia*, *Callipteris valida*, *Schizoneura gondwaniensis*, *Næggerathiopsis Hislopi*, *Voltzia*

*heterophylla*. Le genre *Gangamopteris* est prédominant, les genres *Schizoneura* et *Voltzia*, qui abondent au Trias, font ici leur apparition.

Les couches de Barakar, qui renferment un plus grand nombre de types triasiques, sont attribuées par Koken [126] au Permien, car ce n'est qu'au-dessus que l'on rencontre les premiers Reptiles d'affinités triasiques.

On voit, d'après les listes ci-dessus, que la flore des couches de Gondwana inférieures possède les plus étroites affinités avec celle des couches à *Glossopteris* d'Australie. Toutefois, le genre *Phyllotheca* paraît étranger à la flore anthracolithique de l'Inde. L'une et l'autre diffèrent complètement aussi bien des flores houillères que des flores permienues d'Europe.

Avant de quitter l'Asie, signalons encore la présence de couches à *Glossopteris* dans l'Afghanistan, au nord de Hérat, ainsi qu'au Khorassan, au delà de la frontière persane.

*Madagascar*. — Quoique Madagascar occupe à peu près le centre du grand continent équatorial de la fin des temps primaires, la flore à *Glossopteris* n'y était pas connue et ce n'est que par analogie avec l'Inde et l'Afrique du Sud que l'on était en droit d'attribuer au Permien un puissant ensemble de conglomérats, de grès, de schistes, qui constitue, dans l'ouest de la grande île, la base de la série sédimentaire. Cette assimilation vient d'être confirmée par une très importante découverte paléontologique due au capitaine Colcanap. Dans la vallée de la Sakamena, située dans le cercle du Mahafaly, des schistes à nodules renferment des restes de Vertébrés, dont l'étude a été entreprise par Marcellin Boule [144 bis]. Ce sont des squelettes de petits Reptiles de l'ordre des Rhynchocéphales, voisins de *Palæohatteria*, de *Protorosaurus*, de *Saurosternon*. Comme aucune tête n'a encore été recueillie, la détermination générique est incertaine. A côté de l'un des squelettes se trouve une empreinte de feuille qui permet de dater le gisement, car R. Zeiller a pu l'attribuer à *Glossopteris indica*, qui, en Inde et dans l'Afrique du Sud, a son maximum de développement dans le Permien.

*Afrique australe*. — La flore à *Glossopteris* atteignant au nord l'Inde péninsulaire, on pouvait s'attendre à la retrouver sur une grande partie du continent africain, mais en réalité elle semble confinée à l'Afrique australe. En effet, divers auteurs et en particulier R. Zeiller [146] ont fait connaître de Tete, sur le Zambèze, une flore composée de Fougères, de Calamariées, de Sphénophyllées et de Cordaïtées, qui toutes appartiennent à la flore carbonifère d'Europe et, en particulier, à la flore stéphanienne. Elle date probablement du début ou du milieu de l'époque stéphanienne, de sorte qu'elle n'est guère plus ancienne que la flore à *Glossopteris*, et cependant elle ne possède aucun type en commun avec elle.

On a quelquefois cité au Cap des espèces du Carbonifère inférieur ou moyen, mais nous avons vu dans le chapitre précédent qu'il n'y a aucune raison d'attribuer les couches de Witteberg, qui reposent en concordance sur les grès de Bokkeveld, au Carbonifère plutôt qu'au Dévonien.

Quoi qu'il en soit, ces couches sont recouvertes en discordance par une série qui joue un rôle très important dans toute l'Afrique australe, les couches de Karroo, l'équivalent exact des couches de Gondwana. Comme celles-ci, elles se composent d'une partie inférieure, d'âge mésozoïque. Ici aussi la série débute d'ordinaire par un conglomérat glaciaire, le fameux conglomérat de Dwyka [XXXIV, 100]. Aucune formation paléozoïque ne possède des caractères glaciaires aussi incontestables. Nous aurons à revenir à la fin de ce chapitre sur les particularités qu'il présente.

Lorsque le conglomérat de Dwyka est discordant sur un substratum de

roches antécarbonifères (fig. 271), celui-ci est toujours strié ou poli, pour peu que la roche soit de nature à se prêter à une pareille action érosive. Mais les couches de Karroo font parfois suite en concordance aux couches de Witteberg, comme par exemple dans le sud du désert de Karroo [XXXIV, 101]. Dans ce cas, les quartzites de Witteberg sont séparés du conglomérat de Dwyka par une certaine épaisseur de schistes verdâtres et de quartzites, assez semblables à ceux qui recouvrent le conglomérat. L'ensemble, qui atteint 700 ou 800 m d'épaisseur, constitue la *série de Dwyka*. On a trouvé à Vereeniging, au Transvaal, dans des schistes avec lits de charbon, qui alternent avec les conglomérats, des empreintes végétales. Les schistes supérieurs ont fourni des restes de *Mesosaurus*.

La série de Dwyka supporte en concordance les grès et les schistes de la *série d'Ecca*, renfermant, tant au Cap qu'au Transvaal, de nombreuses empreintes végétales, qui appartiennent notamment aux espèces suivantes : *Glossopteris Browniana*, *Gangamopteris cyclopteroides*, *Næggerathiopsis Hislopi*. On

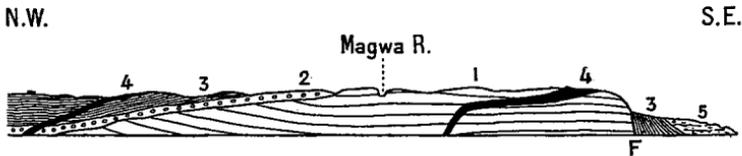


Fig. 271. — Coupe allant de la côte du Pondoland à Lusikiki, Afrique australe, montrant la discordance de la série de Karroo sur les grès de la Table dévoniens (d'après A. W. ROGERS).

1, grès de Table; 2, conglomérat de Dwyka; 3, couches d'Ecca; 4, dolérite intrusive; 5, Crétacé d'Embotyi River. — F, faille.

y trouve en outre des *Schizoneura*, des *Phyllothea* et trois espèces d'affinités européennes : *Ptygmophyllum Kidstoni*, *Sigillaria Brardi*, *Bothrodendron Leslii*. L'âge permien de ces couches ne peut faire de doute.

Beaucoup d'auteurs rangent dans le Trias la *série de Beaufort*, mais il convient de mettre à part sa partie inférieure, dans laquelle ont été trouvés des restes très complets d'un curieux Reptile Théromorphe de grande taille, *Pareiasaurus serridens*. Le même genre ayant été trouvé, dans la Russie septentrionale, dans les couches terminales du Permien, on peut, au moins provisoirement, attribuer le même âge à la base des couches de Beaufort. On y rencontre encore *Schizoneura* et *Glossopteris*.

*Brésil et République Argentine.* — Les gisements houillers du Rio Grande do Sul, dans le Brésil méridional, ont fourni les restes d'une flore, dans laquelle R. Zeiller [146] a pu constater un mélange remarquable de formes européennes, telles que *Lepidophloios larinus* et des Lépidodendrées; et de représentants de la flore à *Glossopteris*, comme *Gangamopteris cyclopteroides*.

Des associations tout à fait semblables ont été observées dans la province de la Rioja, dans la République Argentine, par Bodenbender et Kurz. Ces auteurs y ont trouvé également des *Glossopteris*, *Callipteris valida* et *Næggerathiopsis Hislopi*, qui permettent d'affirmer avec une entière certitude le parallélisme des couches de Karharbari et d'Ecca avec le Permien inférieur d'Europe [122, 147].

Enfin, tout récemment [147 bis], des feuilles de *Glossopteris* ont été trouvées, aux îles Malouines ou Falkland, dans une formation qui avait déjà fourni antérieurement des fragments de *Phyllothea* et qui repose, d'après J. Halle, sur un boulder-clay indiscutable.

## 3° RÉSULTATS GÉNÉRAUX.

RÉSULTATS PALÉOGÉOGRAPHIQUES. — La distribution des terres et des mers au début de la période Anthracolithique diffère fort peu de ce qu'elle était vers la fin de la période Dévonienne. La mer gagne en étendue en quelques points, comme par exemple dans le massif Armoricaïn, dans le bassin du Donetz; elle envahit entièrement les régions lagunaires des îles Britanniques.

Le continent Nordatlantique, le vieux faite sibérien, l'île du Tibet, le grand continent qui, dans l'hémisphère Sud, s'étendait du Brésil à l'Australie subsistaient dans leur intégrité. La Thetys avait conservé la même largeur qu'au Dévonien, mais nous n'avons que peu de données sur les mers qui, au Dinantien, baignaient les régions côtières du Pacifique actuel.

Au Carbonifère moyen, la mer transgresse en divers points sur les masses continentales, à l'île aux Ours, au Timan, au Sahara, dans le Nord de la Chine, dans le Centre des États-Unis (fig. 272); mais, dans toutes ces régions, les eaux conservent une faible profondeur.

En même temps, des mouvements orogéniques, sur lesquels nous reviendrons tout à l'heure, amènent l'exondation d'une grande partie des régions géosynclinales, en particulier dans l'Europe centrale et méridionale, dans l'Asie Mineure, dans l'Himalaya, dans l'Est de l'Australie. La mer persiste, par contre, dans les géosynclinaux de l'Europe septentrionale, des Asturies, de l'Afrique septentrionale, du Donetz, de l'Oural et de l'Ouest de l'Amérique septentrionale. A aucun moment, depuis le début des temps primaires, son extension n'a été aussi faible.

Au Carbonifère supérieur, la mer quitte à son tour la dépression de la Grande-Bretagne et de l'Allemagne du Nord, la région ardennaise et rhénane; le géosynclinal calédonien est ainsi définitivement comblé. L'Espagne et les pays de l'Atlas sont également exondés. Par contre, la mer envahit de nouveau la plus grande partie de la Thetys, en particulier l'emplacement futur des Dinarides, de l'arc Iranien, de l'Himalaya, de l'arc Malais, puis l'Australie, les Andes et la dépression des Amazones, régions où l'Ouralien est en général discordant sur le Carbonifère inférieur ou sur des terrains plus anciens. Les géosynclinaux ont acquis de nouveau une grande largeur, mais leur profondeur est faible. Partout ce sont des formations néritiques, plus spécialement des calcaires à Fusulines, qui prédominent.

Au Permien inférieur, la mer abandonne entièrement le centre de la plate-forme Russe, l'Afrique du Nord, l'Amérique du Sud, l'Est des

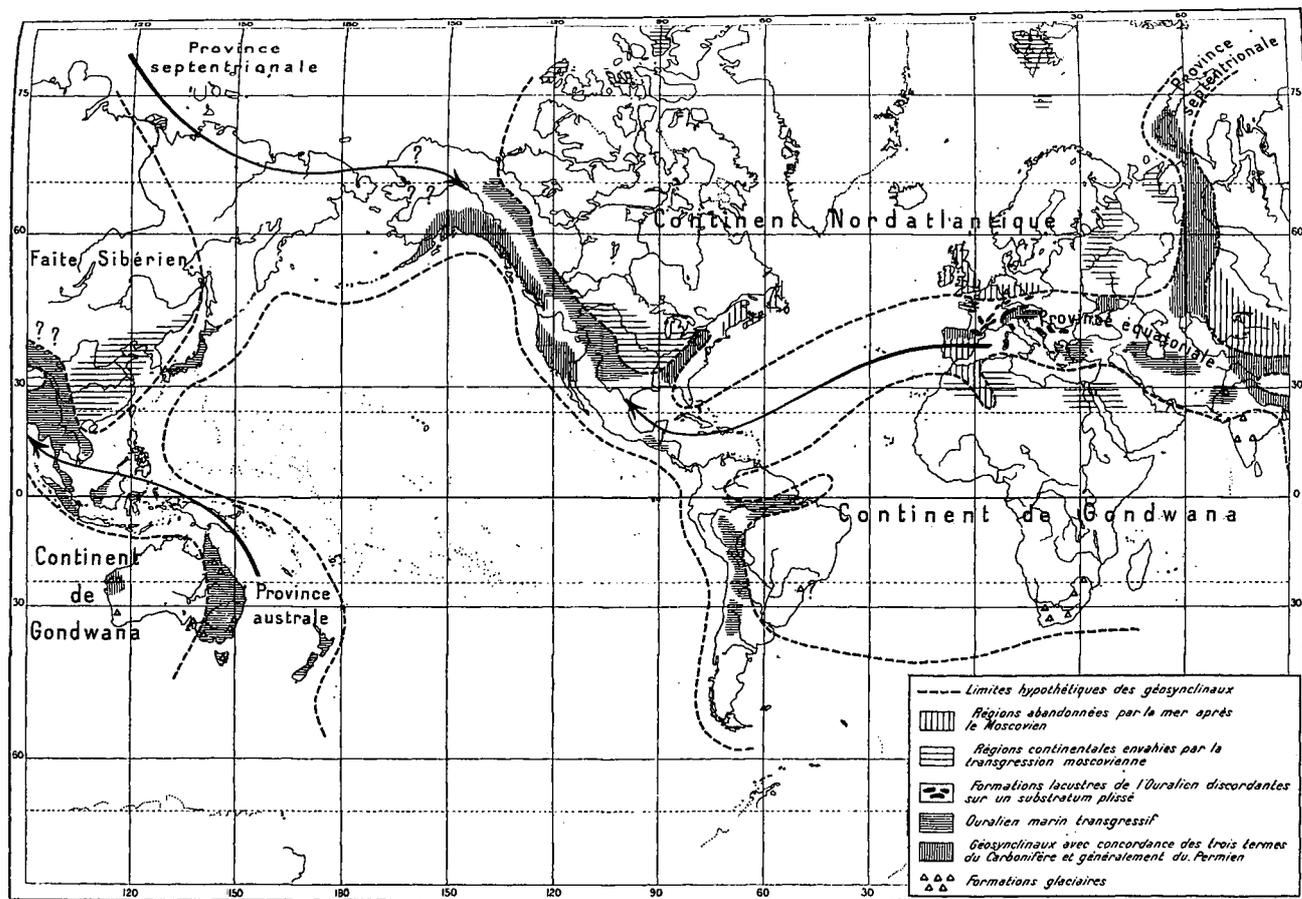


Fig. 272. — Essai de carte paléogéographique de la Terre à l'époque Anthracolithique.

Les flèches indiquent le sens des migrations des faunes marines.

États-Unis, l'Amérique arctique et, en général, les aires continentales. En même temps, les géosynclinaux semblent diminuer de largeur et, par contre, augmenter de profondeur, de sorte que nous rencontrons des faciès à Ammonoïdés en divers endroits, notamment dans l'Oural, au Turkestan, en Sicile, dans les Pyrénées, au Texas.

Au Permien moyen et supérieur, la mer reprend possession de la dépression de l'Allemagne du Nord et elle pénètre également dans l'ensellement compris entre les massifs émergés de l'Ardenne et de la Bohême. Elle s'étend transgressivement dans les Dinarides, dont elle occupe entièrement la branche principale, c'est-à-dire les Alpes méridionales et les Alpes Dinariques. Elle subsiste dans le bassin du Donetz, sur le bord ouest de l'Oural, dans le Nord de la Perse, dans l'Himalaya et la Salt Range, dans les Montagnes Rocheuses et l'Arkansas. Elle envahit aussi le bord atlantique de l'Amérique du Nord, où le Carbonifère était presque uniquement représenté par des formations continentales. Par contre, elle abandonne la Chine septentrionale, l'Australie, la Nouvelle-Zélande, le Japon et très probablement tout le géosynclinal circumpacifique.

La fin de l'ère Primaire est marquée par un minimum d'extension des mers, plus accusé encore qu'au Moscovien. Même dans les bras de mer de l'Europe septentrionale et orientale, des Dinarides, des Montagnes Rocheuses et du bord atlantique de l'Amérique du Nord, le régime marin finit par faire place à un régime lagunaire. Les faciès à Céphalopodes sont localisés dans le Nord de la Perse et dans l'Himalaya. Dans la Salt Range même, les Ammonites sont des raretés.

Rien ne permet de préciser l'emplacement des grandes fosses océaniques, où vivaient les organismes dont les descendants peupleront les mers triasiques.

PROVINCES ZOOLOGIQUES. — A l'époque du CARBONIFÈRE INFÉRIEUR, la différenciation des provinces zoologiques ne semble pas avoir été très marquée, car l'on connaît de nombreuses espèces, en particulier parmi les Brachiopodes, qui sont en quelque sorte cosmopolites. On peut citer par exemple *Spirifer striatus*, *Syringothyris cuspidatus*, *Productus giganteus*, sans parler des espèces qui, comme *Athyris Roissyi*, *Orthothetes crenistria* et *Productus semireticulatus*, possèdent une très grande extension verticale. Ces espèces cosmopolites appartiennent au Viséen; au Tournaisien, l'uniformité des faunes paraît avoir été moins grande, car *Spirifer tornacensis*, par exemple, ne se rencontre guère que dans l'Ouest de l'Europe, dans la Sibérie occidentale et aux États-Unis (*Spirifer marionensis*).

Les Ammonoïdés semblent aussi être davantage cantonnés par régions au Tournaisien qu'au Viséen. Ainsi, les *Pericyclus* prédominent dans le Tournaisien de l'Europe occidentale, à l'exclusion presque complète des *Münsteroceras*, tandis qu'au même niveau on constate aux États-Unis l'abondance de ce dernier genre et l'absence à peu près totale de *Pericyclus*. Le genre *Prodromites* est, par contre, exclusivement nordaméricain. Cependant *Aganides rotatorius* se trouve à la fois en Europe et en Amérique et, au Viséen, certains représentants du genre *Goniatites* sont cosmopolites.

Au MOSCOVIEN la grande différenciation des faciès rend l'établissement de provinces zoologiques assez malaisé, car il va sans dire que l'on ne peut comparer entre elles que les faunes de deux formations isopiques. Plusieurs espèces, et en particulier *Spirifer mosquensis*, possédaient une assez grande extension géographique.

A L'OURALIEN, la transgression qui caractérise cette époque a entraîné une uniformité assez grande dans les faunes, au moins dans l'hémisphère Nord. Ainsi *Omphalotrochus Whitneyi* se rencontre depuis le Timan et l'Oural jusque dans le Nevada. Il en est de même de *Griffithides scitula*, Trilobite qui se trouve en outre jusque dans le Centre des États-Unis. Les Brachiopodes ont une extension plus grande encore et un grand nombre d'espèces caractéristiques de l'Ouralien d'Europe sont connues non seulement aux États-Unis, mais encore au Sahara, au Brésil, en Bolivie et dans l'Inde. On peut citer : *Spirifer Marcovi*, *Rhipidomella Pecosi*, *Productus cora*, *lineatus*, *Marginifera typica*, etc.

Dès l'Ouralien on voit apparaître, dans la Salt Range et en Chine, un élément nouveau dans la faune, les genres *Lyttonia* et *Richthofenia* (fig. 267), qui font défaut dans l'Ouralien d'Europe et d'Amérique et qui prendront un grand développement au Permien.

En Australie nous retrouvons quelques-uns des Brachiopodes caractéristiques de l'Ouralien de l'hémisphère Nord, mais ils s'associent à des espèces très spéciales, telles que *Spirifer vespertilio*, *Hardmanni*, *avicula*, *Martinia Darwini*, *Productus brachythærus*, etc., et à des Lamellibranches des genres *Liomyalina* et *Eurydesma*. Ces formes australiennes apparaissent dans la Salt Range en même temps que les glaciers, mais elles n'envahissent qu'une partie de la région.

D'après ce qui précède, nous sommes peut-être en droit de supposer qu'il existait dans les mers ouraliennes trois provinces distinctes :

1° Une province septentrionale, comprenant la Russie, l'Asie centrale et septentrionale, ainsi que l'Amérique du Nord ;

2° Une *province équatoriale*, simplement indiquée, mais mieux différenciée au Permien ;

3° Une *province australe*, comprenant une partie de la Salt Range, l'Australie et la Nouvelle-Zélande.

L'Ouralien de la Bolivie et du Brésil possède incontestablement plus d'affinités avec la province septentrionale qu'avec la province australe.

D'ailleurs plusieurs espèces de Brachiopodes se rencontrent dans les trois provinces. Citons seulement *Spirifer fasciger*, *Ravana*, sans parler des espèces banales que l'on rencontre dans toute la série anthracolithique.

Les *Fusulinidæ* (*Fusulina*, *Schwagerina*) ne semblent pas être cantonnés dans une province déterminée.

Les Céphalopodes ne sont malheureusement connus à l'Ouralien que dans de trop rares localités, de sorte que l'on ne peut tirer aucune conclusion de leur répartition géographique.

A l'ARTINSKIEN, la différenciation des provinces semble s'accroître. En effet, la faune du Permien inférieur du Spitzberg et du Nebraska diffère beaucoup de celle de l'Oural et celle-ci se distingue elle-même de la province équatoriale par l'absence de certains éléments.

Les genres *Lyttonia*, *Richthofenia*, *Scacchinella*, à test calcaire très développé, atteignent leur maximum à l'Artinskien. On les rencontre non seulement dans la Salt Range, mais, vers l'ouest, jusque dans les Alpes Carniques et en Sicile et, vers l'est, jusqu'au Texas; mais on n'en a signalé l'existence ni dans l'Himalaya, ni dans le Nebraska. On peut rapprocher leur distribution géographique de celle que possèdent, à l'époque Crétacée, les Rudistes, dont les conditions d'existence semblent avoir été sensiblement les mêmes.

Les Céphalopodes artinskiens du Texas présentent des affinités plus grandes avec ceux de Sicile qu'avec ceux de l'Oural et de Darwas, mais les différences résultent sans doute en partie de l'âge un peu plus ancien de ces derniers.

L'époque du PERMIEN MOYEN et SUPÉRIEUR est caractérisée par l'invasion de l'Europe par une faune d'origine arctique, qui existe déjà au Spitzberg à l'époque de l'Artinskien. Elle s'introduit dans l'Est de la Russie, au Saxonien; dans l'Allemagne du Nord, dans les Dinarides, et, sur le bord atlantique de l'Amérique, au Thuringien [7]. C'est également dans le Permien terminal de la Salt Range que l'on voit se manifester des affinités avec la faune du Zechstein. Dans le Centre des États-Unis, par contre, l'évolution de la faune semble avoir été continue depuis l'Artinskien, sans introduction d'éléments nouveaux.

La faune du Zechstein [7] est une faune lagunaire, appauvrie, une sorte de faune caspienne, caractérisée par le grand nombre des individus et par la faible variété des genres et des espèces. Les Céphalopodes y font entièrement défaut, les Lamellibranches sont de beaucoup les éléments prédominants (*Pseudomonotis*, *Bakewellia*, *Schizodus*, *Myalina*, etc.), les Gastéropodes et les Brachiopodes y sont moins abondants. De plus, la plupart des individus se distinguent par la petitesse de leur taille. Dans les calcaires à *Bellerophon* des Alpes méridionales, on retrouve les mêmes particularités, quoique atténuées.

A Djoulfa, en Arménie, ainsi que dans l'Himalaya, la Salt Range et l'archipel Malais, la faune présente un caractère tout différent; les types carbonifères persistent et les Ammonoïdés prennent un certain développement. C'est le faciès marin normal du Permien supérieur.

Nous ne possédons malheureusement aucune donnée sur les formations marines du Permien moyen et supérieur de l'hémisphère Sud, car les couches à Brachiopodes d'Australie ne sont certainement pas plus récentes que l'Artinskien. Dans ces conditions, nous n'avons pas en mains les éléments pour affirmer l'existence d'une troisième province à l'époque Permienne et nous devons nous contenter de distinguer une *province boréale*, dont les ramifications s'étendent au sud jusque dans les Alpes et dans le Centre des États-Unis, et une *province équatoriale*. Il n'existe qu'un nombre tout à fait insignifiant d'espèces qui se rencontrent à la fois dans l'une et dans l'autre.

Les faits sur lesquels on peut se baser pour distinguer des provinces zoologiques terrestres sont encore peu nombreux et, en particulier, les documents concernant les faunes continentales font encore à peu près entièrement défaut au Carbonifère. Au Permien, les Vertébrés terrestres d'Europe, ceux du Texas et ceux de l'Afrique australe appartiennent à des genres totalement différents, de sorte que l'on pourrait conclure à l'existence de trois continents séparés. Le Permien de l'Inde et de l'Australie n'a pas fourni encore de Vertébrés. Enfin, les données relatives aux Reptiles du Nord de la Russie sont encore très incomplètes, mais la présence simultanée du genre *Pareiasaurus*, dans la région de la Dwina et dans l'Afrique australe, est difficilement explicable et suppose, entre le continent Nordatlantique et le grand continent de l'hémisphère Sud, des communications dont il est impossible d'indiquer l'emplacement.

Il serait téméraire, dans l'état actuel de nos connaissances, de vouloir désigner celui des continents qui a servi de centre de dispersion

pour les Vertébrés terrestres. D'ailleurs, la différenciation des Reptiles au début du Permien est déjà telle, que l'on doit supposer qu'ils ont derrière eux une assez longue histoire. Il en est de même des Stégocéphales, que l'on rencontre dès le Dinantien inférieur, dans l'Amérique du Nord.

PROVINCES BOTANIQUES. — C'est à partir du Carbonifère que les données phytopaléontologiques sont suffisamment complètes pour que l'on puisse être tenté d'en tirer des conclusions générales sur leur distribution à la surface du Globe. R. Zeiller a publié sur cette question des pages magistrales [148], qui serviront de base à l'exposé qui va suivre.

La flore du DINANTIEN est d'une remarquable uniformité. Les mêmes espèces caractéristiques, énumérées plus haut, se rencontrent non seulement en Europe, mais encore en Asie, dans l'Afrique du Nord, en Australie, dans l'Amérique septentrionale et méridionale. Celle du WESTPHALIEN est non moins cosmopolite. Les terrains houillers d'Héraclée renferment une succession de niveaux caractérisés par les mêmes associations d'espèces que les dépôts westphaliens de l'Europe occidentale. Dans l'Amérique du Nord, on a retrouvé, non seulement sur le versant atlantique, mais encore dans le bassin des Appalaches, des flores en tous points semblables à celles de la Grande-Bretagne et du bassin houiller franco-belge. Récemment des types westphaliens d'Europe ont été recueillis dans des dépôts d'âge carbonifère moyen du Sud Oranais et des indices d'une flore semblable existent également au Sahara. Enfin, les plantes qui accompagnent les couches de houille intercalées au milieu des dépôts moscoviens de Chine ne diffèrent que fort peu de celles d'Europe.

AU CARBONIFÈRE SUPÉRIEUR et au PERMIEN INFÉRIEUR, on peut encore suivre les flores européennes sur de très grandes étendues. On retrouve en Chine, dans les bassins houillers du Hu-nan et du Chan-si, des Fougères, des Sphénophyllées, des Équisétinées, des Lépidodendrées, des Cordaïtées, qui caractérisent les couches situées en Europe à la limite des deux systèmes. Dans l'Est de l'Amérique du Nord, les flores stéphaniennes sont constituées par les genres mêmes qui caractérisent celles de l'Europe centrale.

Dans l'hémisphère Sud, le bassin houiller de Tete, sur le Zambèze, n'a fourni que des espèces propres à notre Stéphanien inférieur et moyen. On est d'autant plus surpris de trouver sur la même latitude et même au nord de l'équateur, en Australie, dans l'Inde, ainsi que dans l'Afrique australe, une flore tout à fait différente, dont

les éléments essentiels sont les *Glossopteris* (fig. 273), avec leurs rhizomes décrits sous le nom de *Vertebraria*, les *Gangamopteris*, les *Phyllothea* et les *Næggerathiopsis*. C'est la flore à *Glossopteris*. Nous avons donné plus haut les preuves de l'âge ouralien de ses premières manifestations. La coexistence, à l'époque du Carbonifère supérieur, de deux flores totalement différentes ne peut donc faire aucun doute et la notion de deux provinces botaniques, l'une septentrionale, l'autre australe, s'impose à l'esprit. La flore à *Glossopteris* n'est pas cantonnée au Carbonifère supérieur, elle atteint son plein épanouissement au Permien et continue à se développer, en s'étendant à un domaine plus vaste, pendant la période Triasique et même au début de la période Jurassique.

Au Carbonifère supérieur et au Permien, elle règne presque sans mélange en Australie, dans l'Inde et dans l'Afrique australe. Dans cette dernière région, toutefois, Seward a signalé, aux environs de Johannesburg, une espèce européenne, *Sigillaria Brardi*, qui est associée à des *Glossopteris* et à des *Gangamopteris*. Si l'on se souvient que la flore stéphanienne du Zambèze est constituée exclusivement par des types européens, on ne peut hésiter à conclure, avec Zeiller, que la région du Transvaal marque un des points de contact des deux provinces botaniques. Un second point de contact devait exister dans l'Amérique du Sud, car, dans le Sud du Brésil et dans la République Argentine, on a signalé des mélanges des deux flores, permettant à la fois de conclure à leur contemporanéité et de préciser leurs limites géographiques. Un semblable mélange de la flore à *Glossopteris* et de la flore européenne existe également, d'après R. Zeiller, dans le Permien du bassin de Kouznetsk, où le genre *Phyllothea* se rencontre dans les mêmes couches que des espèces d'Europe. Si nous ajoutons que tout récemment Marcellin Boule a indiqué la présence de *Glossopteris* à Madagascar, nous pouvons

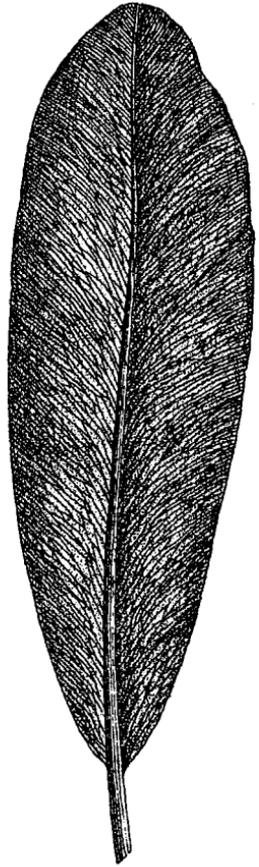


Fig. 273. — *Glossopteris Browniana* (d'après FEISTMANTEL). Couches de Newcastle. Bowenfels, Nouvelle-Galles-du-Sud.  $\frac{3}{4}$  gr. nat.

affirmer que la flore australe habitait toute l'étendue du continent *Australo-Indo-Malgache* et du continent *Africano-Brésilien*, tels que nous les avons définis dans la 1<sup>re</sup> partie de cet ouvrage (chap. XII). Mais la présence des mêmes espèces dans l'Amérique du Sud et dans l'Afrique australe, d'une part, dans l'Inde et en Australie, de l'autre, montre que les deux aires continentales formaient, à l'époque Anthracolithique, une masse unique, que l'on a appelée *continent à Glossopteris* et que Suess a désignée, *pars pro toto*, sous le nom de *terre de Gondwana* [0, 22, I, p. 814]. L'Australie, l'Inde péninsulaire, Madagascar, l'Afrique, les noyaux archéens de l'Amérique du Sud sont des restes, ultérieurement séparés, de cet immense continent.

La flore à *Glossopteris* n'a été rencontrée, en dehors des limites de ce continent, que dans un nombre fort restreint de points. Kashmir n'est pas assez éloigné de l'Inde péninsulaire pour qu'il y ait lieu de s'étonner que Nætling y ait trouvé des débris végétaux, qui en sont manifestement originaires. Par contre, la découverte, faite par Amalitzky, des genres *Glossopteris* et *Gangamopteris*, dans le bassin de la Dwina, dans le Permien supérieur du Nord de la Russie, est aussi déconcertante que celle de *Pareiasaurus* et d'autres Reptiles sudafricains dans cette même région. Elle indique une immigration de la flore à *Glossopteris*, qui aurait eu lieu, dans l'Europe septentrionale, tout à fait à la fin de l'époque Anthracolithique. C'est le prélude d'une extension plus grande de la flore australe au début des temps Secondaires. Mais il est encore impossible d'indiquer par quelles voies s'est opérée cette invasion.

Au Permien moyen et supérieur, l'Europe occidentale était d'ailleurs habitée par une flore voisine de la flore carbonifère, mais considérablement appauvrie, réduite à un nombre très restreint de genres (*Callipteris*, *Tæniopteris*, *Stylocalamites*, *Walchia*, *Ullmannia*, *Baiera*). *Voltzia heterophylla* est une espèce triasique, qui apparaît dès le Permien supérieur et qui s'est peut-être introduite en Europe par la même voie que les *Glossopteris* du Nord de la Russie.

CLIMAT. — L'époque Anthracolithique est caractérisée par trois ordres de faits particulièrement saillants, qui sont en relation directe avec son climat. C'est d'abord l'exubérante végétation, dont les restes ont donné naissance à la formation de la houille. Il y a lieu de rechercher dans quelles conditions de climat elle a pu se développer. C'est ensuite la grande extension glaciaire, qui nous est révélée par la présence de véritables boulder-clays en Australie, dans l'Inde, dans l'Afrique australe. C'est, enfin, le grand rôle joué par les précipita-

tions chimiques dans les lagunes de la fin de la période. Comme les trois ordres de faits s'excluent en quelque sorte, il convient de les étudier séparément.

*Conditions de la végétation houillère.* — La grande uniformité de la flore, sur toute la surface connue du Globe, au Carbonifère inférieur et moyen, permet de conclure à un climat relativement uniforme. La nature de la végétation et en particulier le rapide accroissement en hauteur des tiges indiquent un climat humide, favorisant l'établissement de marécages, où vivaient en abondance des hydrophytes pourvus de racines vigoureuses ou de rhizomes à bourgeons adventifs. Il n'est pas nécessaire d'admettre que la température moyenne de l'année ait été très élevée; au contraire, on a constaté que de nos jours il ne se forme pas de tourbières dans les régions tropicales [6], ce qui n'empêcherait d'ailleurs pas des houilles allochtones de prendre naissance soit dans des lacs, soit dans des bassins marins. On a dit souvent que la fixation de grandes quantités de carbone par les forêts houillères supposait une atmosphère plus riche en acide carbonique que celle de l'époque actuelle, mais cette hypothèse n'est basée sur aucune observation précise. On a tiré la même conclusion de la grande puissance des formations calcaires, résultant de l'abondance des organismes à test calcaire, qui ont évidemment aussi fixé des quantités considérables de carbone; mais les calcaires zoogènes et phytogènes ne jouent pas un rôle plus important au Carbonifère qu'aux époques géologiques suivantes.

L'accumulation, dans un même bassin, de couches de houille successives, en nombre souvent très élevé, s'explique par des conditions géodynamiques réalisées d'une manière plus parfaite à l'époque Carbonifère, elle n'est pas sous la dépendance de conditions climatiques spéciales. Nous y reviendrons plus loin.

*Phénomènes glaciaires.* — Signalées depuis longtemps déjà, mais sans preuves suffisantes, les traces d'actions glaciaires datant de la période Anthracolithique ont été relevées, dans les vingt dernières années, en si grand nombre, en particulier dans l'Inde, en Australie et dans l'Afrique du Sud, qu'elles ne laissent plus de doutes sur l'existence d'une véritable période glaciaire carbonifère ou permienne, au moins en ce qui concerne ces pays, car les traces signalées en Europe doivent être accueillies avec une prudente réserve.

L'assimilation à un boulder-clay des conglomérats de Talchir, par lesquels débute la série de Gondwana de l'Inde péninsulaire, fut proposée dès 1856 par W. J. Blanford. Elle est basée en première ligne sur les stries et les traces de polissage que présentent les roches

sur lesquelles s'appuient ces conglomérats [149]. Les cailloux striés recueillis par divers auteurs dans la Salt Range ne peuvent guère laisser de doute sur leur origine glaciaire. Ils proviennent d'un conglomérat qui repose sur le Cambrien et sont recouverts directement par des couches marines, avec lesquelles ils alternent parfois. Leur provenance doit être cherchée bien au sud de la région, car on retrouve parmi eux des roches éruptives très caractéristiques du bord septentrional du massif ancien de l'Inde péninsulaire [126]. Les glaciers qui recouvraient ce massif s'étendaient donc vers le nord jusqu'à la mer. La direction des stries relevées sur le substratum s'accorde également avec un écoulement de la glace vers le nord.

En Australie, l'argile à blocs couvre d'immenses étendues, elle est connue depuis la Tasmanie, au sud, jusque dans le Queensland, au nord [XXXII, 50]. Dans l'ouest et dans l'est, elle est en relation avec des formations marines; dans l'Australie du Sud, on n'observe rien de pareil, mais le conglomérat repose, en beaucoup d'endroits, sur une surface parfaitement polie. La direction des stries indique, ici aussi, une origine méridionale de la glace.

Dans l'Afrique australe, on doit surtout à Molengraaff [XXXIV, 100] des observations très précises sur les formations glaciaires anthracolithiques. Le conglomérat de Dwyka est constitué par des blocs de provenances diverses, de dimensions variées, réunis par un ciment argileux, gris ou bleu. Les blocs ont des arêtes arrondies et sont fréquemment couverts, sur un ou plusieurs côtés, d'un ou de plusieurs systèmes de stries parallèles. L'œil le plus exercé ne peut les distinguer des blocs striés des dépôts glaciaires quaternaires. Si le conglomérat de Dwyka est une moraine de fond, les couches stratifiées qui y sont intercalées représentent, par contre, les dépôts laissés par les eaux de fonte au-dessous et en avant du glacier, tandis que les couches d'Ecce correspondraient aux dépôts des torrents glaciaires et aux sédiments amoncelés dans les lacs. Nulle part les formations glaciaires ne sont ici en relation avec des dépôts marins, car la mer carbonifère et permienne restait en dehors des rivages actuels de l'Afrique australe. La surface des couches qui supportent les conglomérats est généralement burinée, polie et striée suivant une direction constante. Sur la propriété de Nauwpoort, dans le district de Vrijheid, quelques collines, formées par un quartzite de la série de Barberton, font saillie au travers du conglomérat de Dwyka, qui les entoure complètement. « Ces collines, écrit Molengraaff, hautes d'une quinzaine de mètres, ont leur surface si parfaitement polie, que l'image du soleil s'y trouve réfléchie comme dans un miroir

convexe. Il est impossible de gravir à cheval ces petites collines, parce que le sabot du cheval ne peut avoir prise sur le sol. Ce sont, en définitive, de véritables roches moutonnées. »

Partout, dans l'Inde et dans l'hémisphère Sud, ces phénomènes glaciaires sont liés à la présence des couches à *Glossopteris* et l'on ne peut résister à la tentation d'attribuer à la présence même des glaciers la différenciation de la flore à *Glossopteris*, sa grande pauvreté et sa localisation. Cependant, malgré toutes les recherches, on n'a pu trouver encore de traces glaciaires dans l'Amérique du Sud.

On a vu plus haut que les conglomérats glaciaires sont partout de même âge et qu'ils sont synchroniques de dépôts marins ouraliens. Il s'agit donc, comme l'admettait Waagen [149], d'une glaciation carbonifère et non, comme divers auteurs ont cherché à l'établir, d'une glaciation permienne.

Les points où la présence de glaciers carbonifères est connue d'une manière certaine sont exclusivement localisés, ainsi que l'a fait remarquer Penck [150], sur le pourtour de l'océan Indien actuel. Ils sont disposés suivant un cercle dont le centre vient se placer au milieu de cet océan, à peu près sur le tropique du Capricorne, par conséquent à une distance du pôle sud beaucoup plus grande que celle qui sépare du pôle nord le centre de la glaciation quaternaire. On n'a pas manqué de conclure que les pôles se sont déplacés de 60° depuis la fin des temps paléozoïques. Mais si l'on cherche des traces d'une action glaciaire carbonifère aux antipodes du point central de la glaciation carbonifère, c'est-à-dire au Mexique, on n'en trouve aucune. On n'en a pas trouvé davantage aux États-Unis, où pourtant les dépôts anthracolithiques ont été bien étudiés, ni en Chine, ni en Europe. Les prétendus conglomérats glaciaires du Carbonifère du Plateau Central sont des formations torrentielles.

Les hypothèses qui cherchent la cause des périodes glaciaires dans des conditions climatiques réglées par des facteurs astronomiques ou par des variations dans la composition de l'atmosphère terrestre s'accordent mal avec une pareille localisation dans une aire continentale déterminée. Par contre, une oscillation positive du continent de Gondwana, donnant lieu à une augmentation générale de son altitude, expliquerait assez bien la formation d'une vaste calotte glaciaire, qui aurait présenté vraisemblablement plusieurs centres d'irradiation distincts d'où la glace aurait coulé vers les régions basses du continent.

S'il n'existe pas en Europe de traces authentiques de formations glaciaires d'âge carbonifère, il y a cependant longtemps que Ramsay

a envisagé comme telles certains conglomérats permien d'Écosse. Mais les caractères des galets que l'on y a rencontrés ne paraissent pas probants. Par contre, G. Müller a découvert en 1901 [151], dans un puits de mine du bassin houiller de la Ruhr, deux lits de conglomérats à galets striés situés à la base de grès rouges à plantes, appartenant au Rothliegende, et dont l'inférieur repose directement sur la surface striée et polie des schistes argileux du Houiller.

J. Gosselet a envisagé, d'une manière hypothétique il est vrai, comme des moraines d'un ancien glacier le conglomérat de Rocourt et la brèche d'Auby, dans la région de Douai, dont l'âge permien est très probable et qui occupent une profonde dépression creusée dans la surface supérieure des terrains carbonifères. Cependant on n'y a encore rencontré aucun caillou strié.

*Grès rouges et dépôts de précipitation chimique.* — Si dans l'hémisphère Sud le remplacement de la flore carbonifère par la flore à *Glossopteris* paraît dû à une glaciation très étendue, la même cause ne peut pas être invoquée en Europe pour expliquer la destruction ou tout au moins l'appauvrissement graduel de la flore houillère au Permien. On reconnaît nettement l'intervention d'un autre facteur climatique, l'établissement d'un climat désertique.

La grande abondance des sédiments formés par précipitation chimique, gypse, sel gemme, sels déliquescents, dans les couches du Permien supérieur, indique d'une manière certaine un climat extrêmement sec.

On rencontre ces formations non seulement dans l'Allemagne du Nord, mais encore dans la Russie orientale et, sur une moindre échelle, dans les Alpes méridionales et aux États-Unis. Partout elles sont accompagnées d'argiles rouges, généralement associées à des grès de même couleur. Leur origine marine ne peut faire de doute, mais les cuvettes dans lesquelles les eaux marines ont pénétré, grâce à des mouvements du sol, se sont graduellement transformées en lagunes, où l'évaporation, en raison du climat sec et chaud, permettait la précipitation des sels contenus dans l'eau de mer.

Les mêmes conditions météorologiques régnaient certainement déjà au Permien moyen, car dans le Rothliegende, formation essentiellement continentale, on retrouve les mêmes grès rouges et des argilolithes de même couleur. Or nous savons que la coloration rouge des sédiments est un caractère des régions tropicales et suppose une insolation très intense. Le grand développement des formations détritiques à gros éléments indique, d'autre part, un régime de précipitations intenses, mais se produisant après de longs inter-

valles de sécheresse, conditions qui sont réalisées actuellement dans les déserts des régions tropicales.

Au Carbonifère, on observe aussi quelquefois des intercalations de grès rouges, mais, dans ce cas, les couches de houille font entièrement défaut et les troncs d'arbres sont silicifiés comme dans les grès permien. Fr. Frech fait remarquer avec raison [6] que *la formation de la houille et celle des grès rouges s'excluent réciproquement*. On peut conclure de cette constatation que les deux catégories de dépôts ont pris naissance dans des conditions de climat totalement différentes, les grès rouges caractérisant les périodes à climat sec et à insolation intense, le faciès houiller supposant un climat très humide, modérément chaud et probablement une atmosphère chargée de nuages. Sous un pareil climat les régions d'altitude élevée devaient recevoir d'abondantes chutes de neige et se couvraient peu à peu de calottes glaciaires. C'est pourquoi, à la fin du Carbonifère et au début du Permien, le phénomène houiller et le phénomène glaciaire ont pu coexister.

MOUVEMENTS OROGÉNIQUES ET ÉPIROGÉNIQUES. — Dans l'Europe calédonienne, aucun mouvement orogénique n'a eu lieu à la limite du Carbonifère inférieur et du Dévonien supérieur. Les deux étages sont toujours concordants et il en est de même du Carbonifère moyen. Mais l'accumulation de grandes épaisseurs de sédiments sur l'emplacement des plissements calédoniens ne peut s'expliquer que par l'hypothèse d'un géosynclinal peu profond, dont la descente avait lieu par saccades et dont l'axe possédait la même direction que ces plissements eux-mêmes. Périodiquement, cette dépression se comblait de matériaux détritiques et de débris végétaux charriés et elle se transformait alors en une région de forêts marécageuses, situées au niveau de la mer. En faisant appel à des mouvements posthumes de la chaîne calédonienne on peut expliquer d'une manière satisfaisante l'existence, dans un même bassin, de couches marines et de couches lagunaires, de houilles allochtones et de houilles autochtones. Peu après le début du Stéphanien, la région était entièrement exondée, mais le phénomène de plissement était localisé sur le bord méridional de la zone calédonienne, dans le bassin houiller franco-belge et dans son prolongement à l'ouest et à l'est. La partie septentrionale, par contre, n'a été affectée que par des ondulations à grand rayon de courbure.

Dans la partie plissée, les mouvements orogéniques carbonifères se superposèrent aux mouvements antédévoniens ou calédoniens,

mais sans épouser leur direction, car dans le Pays de Galles les plissements calédoniens N.E.-S.W. sont coupés à peu près à 45° par les plissements carbonifères qui ont affecté le sud du pays et le Devonshire. Dans l'Ardenne, la direction des plissements anciens n'est pas assez bien connue pour que, dans cette région, l'on puisse affirmer la superposition de deux systèmes de plissements de directions différentes.

La zone affectée par des plissements datant de l'époque Anthracolithique, dont nous venons de préciser la limite septentrionale (fig. 261), s'étend très loin vers le sud. Elle comprend toute l'Europe centrale et il n'y a, dans l'Europe méditerranéenne, que peu de régions qui aient été entièrement soustraites à ces mouvements. Deux directions de plissement y sont prédominantes : l'une, N.W.-S.E., correspond à la *chaîne armoricaine* de Suess, l'autre S.W.-N.E., à la *chaîne varisque* du même auteur. L'ensemble peut être réuni sous le nom de *chaîne armoricaine-varisque* ou sous celui, plus employé en France, de *chaîne hercynienne*.

Les deux directions se rencontrent à angle aigu dans le Plateau Central, tandis que, plus au nord, dans l'Ardenne, elles se raccordent insensiblement par une courbe largement ouverte au nord. Les plissements varisques contournent le massif ancien de Bohême et, sur son bord est, ils prennent assez brusquement une direction N.-S. et s'enfoncent en Moravie sous le bord externe des Karpates.

Les plissements de l'époque tertiaire masquent complètement leur continuité avec les chaînes carbonifères de la péninsule Balkanique et avec les plis de même âge de la Dobrogea.

Dans les Alpes méridionales, la chaîne des Alpes Carniques résulte également de plissements carbonifères, qui se traduisent par la discordance de l'Ouralien sur les couches plus anciennes, et la direction des plis est ici E.-W. Là encore, aucun raccordement n'est possible avec les régions voisines.

Dans les Pyrénées centrales, d'après L. Bertrand, la direction des plissements carbonifères est W.N.W.-E.S.E., elle est, par conséquent, nettement armoricaine. Dans la partie orientale de la chaîne, par contre, elle se rapproche souvent de la direction varisque. En Espagne, on retrouve les deux directions dominantes de l'Europe centrale. Les plis E.-W. des Asturies décrivent vers l'ouest une demi-circonférence et prennent graduellement la direction armoricaine, c'est-à-dire N.W.-S.E., qui est celle des plissements carbonifères dans toute la Meseta, jusqu'à son bord méridional, où les plis anciens s'annoient sous les terrains tertiaires de la vallée du Guadal-

quivre. Sur le bord est, par contre, la chaîne Ibérique, dirigée N.W.-S.E., se raccorde avec la chaîne littorale de la Catalogne, dirigée S.W.-N.E., exactement comme en France les plissements armoricains se raccordent avec les plissements varisques.

Dans les autres noyaux anciens des régions méditerranéennes, les plissements carbonifères ont été à tel point remaniés par les plissements tertiaires qu'il est impossible de reconstituer leurs directions primitives. C'est ce qui s'est produit notamment dans la chaîne Bétique et dans l'Atlas; mais, plus au sud, on retrouve les deux directions fondamentales des plissements carbonifères et la direction armoricaine reparait dans le Sud Oranais, comme il résulte des travaux de G.-B.-M. Flamand et de E.-F. Gautier [XXXIII, 49 bis], et ce faisceau de plis est situé dans le prolongement direct des plis de la Meseta Ibérique.

Les mouvements hercyniens ont donc fait sentir leur action au sud de la Méditerranée jusqu'à la zone africaine des plissements calédoniens.

Cependant, dans toute cette large zone, qui s'étend de l'Ardenne jusqu'aux confins du Sahara, les mouvements orogéniques de la fin des temps primaires ne se sont pas produits partout simultanément.

Sur le bord septentrional, c'est-à-dire dans le Sud de l'Angleterre, dans l'Ardenne, en Westphalie et dans le Harz, le plissement est postérieur au Westphalien. Comme le Stéphanien n'existe pas dans cette bande, on ne peut en préciser la date, mais il est certainement antérieur au Saxonien, qui inaugure ici la transgression du Permien.

Dans une bande plus méridionale, comprenant le massif Armoricaïn, le bassin de Saarbrück, les Vosges et la Forêt Noire, la Thuringe, la Basse-Silésie, des mouvements orogéniques ont eu lieu à la limite du Dévonien et du Carbonifère, ou bien entre le Tournaisien et le Viséen et ils ont joué soit entre le Dinantien et le Westphalien, soit entre le Westphalien et le Stéphanien. Le Carbonifère et le Permien sont concordants et ils n'ont plus guère subi de plissements.

Dans le Plateau Central, les mouvements orogéniques principaux sont également antérieurs au Stéphanien, qui repose directement en discordance sur le Dinantien ou sur des terrains plus anciens, généralement métamorphiques. C'est également l'âge des principaux mouvements paléozoïques dans les chaînes extérieures des Alpes occidentales et dans les Alpes orientales. Toutefois, dans le Sud du Plateau Central, en particulier dans le bassin du Gard, les plissements les plus intenses sont postérieurs au Stéphanien, et, dans les Alpes de Savoie, le Permien lui-même a souvent été englobé dans les mouvements antétriasiques.

Dans les Pyrénées, la principale discordance se trouve entre le Permien moyen et le Permien inférieur, qui est concordant avec le Carbonifère supérieur.

Dans les Asturies et sans doute dans la plus grande partie de la péninsule Ibérique, le Dévonien, le Dinantien et le Moscovien sont concordants, tandis que le Carbonifère supérieur serait transgressif. Ici encore les plissements de la fin du Paléozoïque sont probablement antéstéphaniens et, dans tous les cas, antépermien. Dans le Grand Atlas marocain, ils dateraient, d'après L. Gentil, de la période comprise entre le Dinantien et le Permien. Dans l'Est du Maroc et dans le Sud Oranais, on retrouve le Dévonien, le Dinantien et le Moscovien en concordance, comme en Espagne, et il est difficile de ne pas admettre que la Meseta Ibérique et le Sud Oranais ne faisaient pas partie à la fois du même géosynclinal et de la même zone de plissements.

Ce n'est que dans la zone axiale des Alpes occidentales que l'on peut observer une succession comprenant les terrains métamorphiques d'âge indéterminé, le Carbonifère, le Permien et le Trias en parfaite concordance. Le géosynclinal du Briançonnais aurait seul, dans toute l'Europe, échappé aux mouvements de compression latérale, qui partout ailleurs se sont traduits, à des moments de la période Anthracolithique qui ont varié suivant les régions, par des mouvements orogéniques plus ou moins intenses.

Le phénomène de plissement n'a pas atteint partout la même intensité, il se manifeste tantôt par des plis droits peu serrés, tantôt, et plus fréquemment, par un régime de plis déversés dans un même sens, en général isoclinaux, ou par une structure imbriquée, ou même par un système de plis couchés ou de nappes superposées.

Il n'existe pas de régions où les plissements hercyniens réalisent d'une manière aussi nette cette dernière condition que le bassin houiller franco-belge. Ici la formation, sur l'emplacement de la crête du Condroz, d'un grand pli, couché au nord, dont le noyau était constitué par du Dévonien, a été accompagnée d'une rupture suivant le flanc inverse du pli et d'un charriage suivant le plan de rupture, qui est connu dans la région sous le nom de *faille du Midi*.

Il en est résulté le recouvrement du synclinal houiller de Namur par le Dévonien du flanc normal du pli couché. Dans la région frontale du pli, plusieurs arrachements secondaires se sont produits, donnant lieu à de nouvelles superpositions anormales. De plus, la faille du Midi est accompagnée de failles plongeant comme elle vers le sud, qui délimitent des lambeaux de poussée, entraînés dans le mouvement de charriage (fig. 238).

Ces faits ont été découverts par Gosselet [153] et par Cornet et Briart [152]; Marcel Bertrand [XIV, 7; 154, 155] les a présentés sous une forme synthétique et a mis en évidence l'analogie de structure du bassin houiller franco-belge avec les plis couchés des Alpes de Glaris et de la Basse-Provence. Nous reproduisons ci-dessous (fig. 274) la coupe schématique du bassin de Valenciennes donnée par ce savant. Quoique toutes les failles secondaires y aient été supprimées, elle est particulièrement instructive, car elle montre avec évidence que, si les agents dynamiques externes avaient poussé l'ablation jusqu'à un niveau plus bas de quelques centaines de mètres, jusqu'en *bb'* par exemple, l'amorce seule du recouvrement subsis-

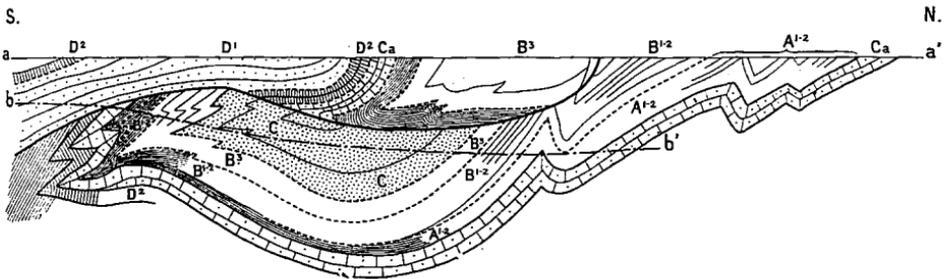


Fig. 274. — Coupe hypothétique du bassin de Valenciennes (d'après MARCEL BERTRAND).

D<sup>1</sup>, Dévonien inférieur; D<sup>2</sup>, Dévonien moyen et supérieur; Ca, calcaire dinantien; A<sup>1-2</sup>, faisceau des houilles maigres; B<sup>1-2</sup>, faisceau demi-gras; B<sup>3</sup>, faisceau gras; C, faisceau de Bully-Grenay (houilles à gaz). — aa', surface du sol à Denain, dans le bassin de Valenciennes; bb', surface du sol dans le bassin du Pas-de-Calais (les terrains situés au-dessus de cette ligne ont été enlevés par dénudation).

terait et la coupe de la région ne se distinguerait pas de celle d'un pays à structure imbriquée. C'est précisément ce qui a lieu plus à l'ouest, dans le bassin du Pas-de-Calais, et la coupe du Boulonnais (fig. 238) réalise un état de dénudation plus avancé encore.

Il est probable que beaucoup de chaînes faisant partie de la zone des plissements hercyniens présentaient des plis couchés comparables à celui du bassin franco-belge, mais les parties charriées ont dû, en général, être enlevées par dénudation, de sorte que les racines des plis subsistent seules. On ne peut guère citer que le bassin houiller du Gard, où les nappes de charriage aient été épargnées. Elles y atteignent même une ampleur et une complication que l'on ne rencontre d'habitude que dans les chaînes tertiaires [156].

On admet aujourd'hui que les plissements et les charriages ont pris naissance en profondeur, sans se manifester à la surface autrement que par des ridements de peu d'importance. Les reliefs n'apparaissent qu'à la suite de mouvements épirogéniques, qui donnent

lieu à des surélévations transversales. Il est probable qu'il en a été ainsi pour les plissements carbonifères et que l'on doit renoncer à leur attribuer la formation de massifs montagneux comparables aux Alpes ou à l'Himalaya. Cependant des rides devaient exister auxquelles les torrents pouvaient emprunter les matériaux détritiques qu'ils entraînaient dans les dépressions lacustres, en même temps que les débris végétaux, dont l'accumulation donnait naissance aux houilles stéphanienues.

Dans l'Est de l'Europe, ce n'est qu'au Permien que des zones de plissement se sont formées sur l'emplacement de géosynclinaux où tous les termes du Carbonifère, voire ceux du Permien, constituent une puissante série concordante. Dans le bassin du Donetz, le Permien supérieur a été affecté par le plissement. Dans l'Oural, par contre, les eaux de la mer permienne paraissent avoir été refoulées sur le versant occidental, et des mouvements épirogéniques ont donné lieu à une légère discordance entre le Carbonifère et le Permien. Les plissements qui ont affecté l'ensemble des terrains paléozoïques de l'Oural semblent être de date beaucoup plus récente, car, sur le versant oriental de la chaîne, ils ont affecté même les terrains secondaires.

En dehors de l'Europe, on retrouve des traces de plissements datant de la période Anthracolithique dans tous les continents actuels. On vient de voir que le pendant des plissements armoricains existe dans l'Afrique du Nord. En Asie, la large zone montagneuse située entre le faite ancien du Centre de la Sibérie et les chaînes tertiaires du Sud est en grande partie constituée par des chaînes dont le plissement principal date du milieu de l'époque Anthracolithique et qui doivent être, par conséquent, envisagées comme des homologues des chaînes armoricaines et varisques. Ce sont les *Altai*des de Suess [0,22, III]. Sans entrer dans aucun détail, qu'il nous suffise de dire que les deux principaux faisceaux qui constituent ce système de plis sont, d'une part, celui de l'Altaï et des chaînes de la Transbaïkalie, qui épouse les contours du faite primitif, d'autre part, celui du Kouen-Lun, qui s'épanouit à l'est, donnant naissance au Nan-Chan et aux chaînes du Nord de la Chine, puis au Tsing-Ling-Chan et enfin aux chaînes du Sze-tchouan et du Yunnan. Tous ces rameaux divergents enserrrent dans leurs branches les massifs beaucoup plus anciens de la Chine orientale. Entre les deux faisceaux s'intercale le Tian-Chan, qui est probablement, comme l'Oural, d'âge beaucoup plus récent. Une première discordance à la base de l'Ouralien indique des mouvements carbonifères, mais

l'Ouralien et l'Artinskien ont presque partout pris part également au plissement, de sorte que les derniers mouvements orogéniques des Altaïdes sont sans doute contemporains de ceux de la chaîne hercynienne.

Dans l'Himalaya, qui appartient à la zone des plissements alpins, une discordance existe également, comme d'ailleurs dans les Alpes orientales, dans le milieu de la série anthracolithique. De même, en Australie, il semble que le principal mouvement orogénique soit postérieur au Dinantien et antérieur à l'Ouralien.

Dans l'Amérique du Nord, tandis que dans les cordillères de l'Ouest la succession est parfaitement continue, la transgression ouralienne se retrouve dans les montagnes Rocheuses. Dans les Appalaches, le plissement principal est de date plus récente, car il affecte non seulement tout le Carbonifère, mais encore les témoins qui ont subsisté du Permien. Cette chaîne n'est pas sans analogies avec la zone axiale de l'Europe centrale, qui comprend le massif Armoricaïn, le bassin de Saarbrück, les Vosges, la Forêt Noire, la Thuringe, la Basse-Silésie et où le Westphalien et le Stéphanien sont en superposition. La discordance, sur le Dinantien, du conglomérat de Pottsville, qui marque le début du Westphalien, est à rapprocher de la discordance, au même endroit de la série, que l'on rencontre dans la Basse-Silésie.

Dans l'Amérique du Sud, on retrouve de nouveau la transgression ouralienne, aussi bien en Bolivie que dans le bassin des Amazones.

En résumé, la principale discordance qui existe dans les zones plissées dans le courant de la période Anthracolithique est la *transgression ouralienne*. Elle est toujours due à des mouvements orogéniques affectant la presque totalité des régions qui, jusqu'au Dinantien inclusivement, constituaient des géosynclinaux. Une seconde *transgression* se produit souvent, dans les mêmes régions, *au début du Permien proprement dit*, c'est-à-dire après l'Artinskien, qui est généralement concordant avec l'Ouralien. Exceptionnellement, le Permien supérieur a encore pris part aux dislocations.

Les mouvements épirogéniques, qui affectent les aires continentales et les zones plissées antérieurement à l'époque Carbonifère, ne se produisent pas dans le même sens que les mouvements orogéniques dont il vient d'être question. Ainsi, la zone calédonienne est définitivement exondée au Carbonifère supérieur, au moment même où des zones plus extérieures par rapport aux noyaux anciens sont envahies par les eaux. Le Sahara central est cependant encore occupé par la mer au début de l'Ouralien et ce n'est qu'à la fin de la période que

se produit son émergence. Plusieurs aires continentales, qui n'étaient pas recouvertes par la mer dinantienne, sont envahies par une *transgression moscovienne*. La plate-forme Russe s'enfoncé davantage sous les eaux et le Timan, qui, depuis la fin du Dévonien, fait partie de cette aire continentale, est recouvert par la mer moscovienne. La même transgression affecte l'île aux Ours. Dans le Sahara central et jusqu'au Sinaï, le Moscovien repose directement sur le Dévonien. Dans le Centre des États-Unis, qui, sous bien des rapports, est l'homologue de la plate-forme Russe, on a signalé une transgression du Moscovien supérieur. Enfin, la transgression moscovienne semble avoir atteint également l'Amérique arctique.

L'étude du Carbonifère apporte donc une nouvelle confirmation de la loi des transgressions et des régressions. La régression du Carbonifère moyen, qui est causée par des mouvements orogéniques localisés sur l'emplacement des anciens géosynclinaux, est compensée par une transgression du même étage qui se manifeste sur les aires continentales, probablement à la suite de mouvements épirogéniques. La transgression ouralienne et la transgression permienne, propres aux zones de plissement, sont de même compensées par une régression très générale sur les aires continentales, où les termes supérieurs du système Anthracolithique n'existent qu'exceptionnellement. Mais les mouvements épirogéniques permettent à la mer permienne de pénétrer dans les dépressions transversales qui séparent les diverses aires de surélévation. *C'est ainsi que la mer du Zechstein s'étendait au sud jusque dans le Palatinat, s'introduisant dans la dépression transversale située entre l'Ardenne et la Bohême, préluant ainsi à un état de choses tout à fait général au début de l'ère Secondaire.*

Les données tectoniques relatives au continent de Gondwana sont encore trop précaires pour que l'on puisse dès à présent appliquer ces conclusions à l'hémisphère Sud. En Australie, la principale transgression de la période Anthracolithique est probablement d'âge ouralien, comme on pouvait d'ailleurs s'y attendre dans un pays où les principaux mouvements orogéniques se sont manifestés après une phase de sédimentation continue, qui semble avoir duré jusqu'au Carbonifère inférieur. L'Australie orientale, tout au moins, pourrait donc être assimilée aux régions hercyniennes de l'Europe. Est-il permis d'attribuer à ces mêmes mouvements orogéniques la surrection générale du continent de Gondwana au moment où des glaciers y ont pris naissance? C'est là une question à laquelle, dans l'état actuel de nos connaissances, il est encore impossible de répondre.

PHÉNOMÈNES VOLCANIQUES ET MÉTAMORPHISME. — Les éruptions volcaniques jouent à l'époque Anthracolithique un rôle si important qu'il faudrait un chapitre entier pour étudier la distribution géographique et la chronologie de ces phénomènes. Nous nous contenterons d'en donner ici quelques exemples, empruntés à divers types de régions.

Les venues éruptives de la chaîne calédonienne, si abondantes au Dévonien, se sont continuées au Carbonifère et c'est de cette époque que datent les volcans paléozoïques d'Écosse, remarquables par leur état de fraîcheur, qui rappelle celui des volcans tertiaires. Sir Archibald Geikie a fait connaître [XVIII, 2], dans le Sud de l'Écosse, non seulement des dykes, des coulées, des sills intrusifs et des necks, dont il a été question antérieurement (ch. XVIII), mais encore des appareils volcaniques, qu'il compare à des puys et qui

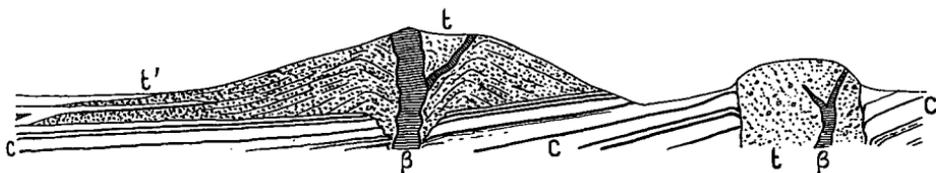


Fig. 275. — Coupe du volcan de Saline Hills, Fife (d'après ARCH. GEIKIE).

C, Carbonifère; β, basalte; t, projections; t', *id.* à une certaine distance du cône, interstratifiées avec les dépôts carbonifères.

montrent encore la forme conique primitive, avec la double pente caractéristique des cônes de cendres (fig. 275). Une pareille conservation des formes primitives d'un volcan aussi ancien ne peut s'expliquer qu'en supposant un enfouissement de tout l'appareil sous des sédiments, peu après son édification, et une dénudation toute récente. Les grandes coulées, formant de véritables plateaux, datent du début du Dinantien, car elles sont intercalées dans le Calciferos sandstone. Les cônes de débris et de cendres sont plus récents, ils sont associés au Calcaire Carbonifère et au Houiller.

La composition des produits est assez variée. Les basaltes prédominent, mais on rencontre également des labradorites, des andésites, plus rarement des limburgites, des phonolithes, des trachytes, des picrites, etc.

Il existe également, dans le Sud de l'Écosse, quelques centres éruptifs d'âge permien. On y rencontre surtout des diabases, des basaltes, des andésites en coulées ou en dykes, avec leur cortège habituel de projections.

Dans la chaîne armoricaine-varisque, on peut distinguer également une première venue de roches éruptives, remontant au Dinantien, et

une deuxième, principalement permienne. La première est antérieure au plissement; la seconde, postérieure. Les diabases sont particulièrement abondantes dans le Dinantien du Harz, dans celui de la Lahn et des Alpes Carniques. En France, le Carbonifère inférieur est marqué par des éruptions de trachytes (orthophyres) et d'andésites (porphyrites), accompagnées de tufs extrêmement abondants, surtout dans le Nord du Plateau Central, où Albert Michel-Lévy a observé, en intercalations dans le Tournaisien, des épanchements de trachytes très vitreux, semblables à des obsidiennes et à des perlites, tandis que le sommet du Viséen est marqué par des éruptions microgranulitiques. Toutes ces roches se rencontrent en galets dans les poudingues du Stéphanien et du Permien, où apparaissent en outre des rhyolithes et des roches lamprophyriques [50]. Dans l'intervalle entre le Dinantien et le Stéphanien, des coulées de rhyolithes (porphyres pétrosiliceux) et de porphyres à quartz globulaire se sont épanchées et de nombreux dykes des mêmes roches et de microgranulites traversent les couches sous-jacentes.

Les phénomènes volcaniques ont atteint au Permien une remarquable intensité. Les éruptions acides alternent avec les éruptions basiques et les produits prédominants sont des rhyolithes et des basaltes (mélaphyres). Les principaux centres éruptifs sont la Saxe, la Thuringe, le bassin de la Saar, les Vosges et la Forêt Noire, le bassin d'Autun, celui de Brives, l'Estérel, le Tyrol méridional. La coulée de porphyre de Bozen est certainement la plus puissante et la plus étendue que l'on connaisse en Europe.

Les laccolithes et filons-couches de microgranulite basique (porphyre bleu) de Saint-Raphaël, dans le Var, sont intercalés à divers niveaux dans la série permienne de l'Estérel [XVIII, 8].

Les phénomènes de métamorphisme régional, dont la mise en place du granite constitue le terme extrême, jouent un rôle très important à l'époque Anthracolithique. Dans les géosynclinaux qui ont été, au Carbonifère, le siège des mouvements orogéniques, les couches profondes ont été transformées en micaschistes, en cornes vertes, en gneiss, en granites. Albert Michel-Lévy [157] a établi très nettement que dans le Morvan le métamorphisme a envahi tous les terrains jusqu'au sommet du Tournaisien. Les conglomérats viséens renferment déjà des galets de granite provenant de cette série métamorphique. Les diorites et les diabases qui accompagnent ce granite résultent de la transformation des calcaires dévoniens.

Dans la zone externe des Alpes occidentales, les formations métamorphiques d'âge indéterminé sont antérieures au Stéphanien,

car les conglomérats renferment des fragments, remaniés à l'état de cailloux roulés, de leurs roches les plus caractéristiques. Mais au Prarion, près Saint-Gervais-les-Bains (Haute-Savoie), les granites sont poststéphanien et, dans la zone du Briançonnais, le Carbonifère et le Permien ont subi un métamorphisme intense. Des couches nettement détritiques passent latéralement à des micaschistes et à de vrais gneiss.

En dehors de l'Europe, on peut citer le Tsin-ling-chan, où les formations carbonifères très épaisses ont été, après leur dépôt, énergiquement plissées et soumises à un métamorphisme assez général, dont l'âge ne peut toutefois pas être indiqué avec précision.

---

1. — R. D. CONYBEARE and WILLIAM PHILLIPS. *Outlines of the Geology of England and Wales, with an Introductory Compendium of the General Principles of that Science, and Comparative Views of the Structure of Foreign Countries.* 1 vol. in-8°, 470 p., fig., 3 pl. London, 1822.

2. — R. I. MURCHISON. *The Permian System as applied to Germany, with collateral observations on similar deposits in other countries; showing that the Rothe-todte-liegende, Kupfer-Schiefer, Zechstein and the lower portion of the Bunter-Sandstein form one natural group and constitute the upper member of the Palæozoic Rocks.* *Brit. Assoc. Rep.*, 1843, II, p. 52-54.

3. — R. MURCHISON et DE VERNEUIL. Note sur les équivalents du système permien en Europe, suivie d'un coup d'œil général sur l'ensemble de ses fossiles et d'un tableau des espèces. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 2<sup>e</sup> sér., I, p. 475-517. 1844.

4. — JULES MARCOU. *Dyas et Trias ou le Nouveau Grès Rouge en Europe, dans l'Amérique du Nord et dans l'Inde.* *Bull. Univers. Archives des Sciences*, V, p. 5-37, 116-146, 1859.

5. — HANNS BRUNO GEINITZ. *Dyas oder die Zechsteinformation und das Rothliegende.* 1 vol. gr. in-4°, 342 p., 42 pl. Leipzig, 1861-1862.

6. — FRITZ FRECH. *Die Steinkohlenformation.* *Lethæa geognostica. Lethæa palæozoica*, II, p. 257-452, 3 cartes, 9 pl., 99 fig. 1899.

7. — ID. *Die Dyas, unter Mitwirkung von FRITZ NÖTLING.* *Ibid.*, II, p. 453-695, 13 pl., 451 fig. 1901-1902.

8. — TSCHERNICHÉW. Note sur le rapport des dépôts carbonifères russes avec ceux de l'Europe occidentale. *Annales Soc. géol. Nord*, XVII, p. 201-210, 1890.

9. — ÉMILE HAUG. Études sur les Goniatites. *Mém. Soc. Géol. Fr., Paléont.*, mém. XVIII, 113 p., 1 tabl., 12 fig., 1 pl., 1898.

10. — JAMES PERRIN SMITH. *The Carboniferous Ammonoids of America.* *Monogr. of the U. S. Geol. Surv.*, XLII, 214 p., 29 pl., 1903.

11. — H. POTONIÉ. *Die floristische Gliederung des deutschen Carbon und Perm.* *Abh. d. k. Preuss. geol. Landesanst.*, N. F., 21, 58 p., 48 fig., 1896.

12. — H. TRAUTSCHOLD. *Die Kalkbrüche von Mjatschkowa, eine Monographie des oberen Bergkalks.* *Now. Mém. Soc. Nat. Moscou*, XIII, p. 277-374, pl. V-XI, XIV, p. 1-82, pl. I-VII, 1874-78.

12 bis. — A. STRUVE. *Ueber die Schichtenfolge in den Carbonablagerungen im südlichen Theil des Moskauer Koblenbeckens.* *Mém. Acad. Imp. des Sc. de St-Pétersb.*, 7<sup>e</sup> sér., XXXIV, 6, 107 p., 1 carte, 1886.

13. — S. NIKITIN. Dépôts carbonifères et puits artésiens dans la région de Moscou. *Mém. Comité géol.*, V, 5, 182 p., 3 pl., 1890.
14. — TH. TSCHERNYSCHEW et L. LOUTOGUIN. Le bassin du Donetz. *Guide des excursions du 7<sup>e</sup> Congrès géol. intern.*, XVI, 55 p., 13 fig., 2 pl., 1897.
15. — TH. TSCHERNYSCHEW. Die obercarbonischen Brachiopoden des Ural und des Timan. *Ibid.*, XVI, 2, 752 p., 85 fig., 63 pl., 1902.
16. — FRANZ TOULA. Kohlenkalk-Fossilien von der Südspitze von Spitzbergen. *Sitzungsber. d. math.-naturw. Cl. d. kais. Akad. d. Wiss.*, I. Abth., LXVIII, p. 267-291, pl. III-V, 1874.
17. — ID. Kohlenkalk- und Zechstein-Fossilien aus dem Hornsund an der Süd-Westküste von Spitzbergen. *Ibid.*, LXX, p. 133-156, pl. I, 1875.
18. — M' COV. A Synopsis of the characters of the Carboniferous Limestone Fossils of Ireland. 1 vol. in-4°, 207 p., 29 pl. Dublin, 1844.
19. — ARTHUR H. FOORD. Monograph of the Carboniferous Cephalopoda of Ireland. *Palæontogr. Soc.*, 1897-1903, 234 p., 49 pl.
20. — WHEELTON HIND. A Monograph of the British Carboniferous Lamellibranchiata. *Ibid.*, 1896-1905, 2 vol. in-4°, 476 + 216 p., 54 + 25 pl.
21. — WHEELTON HIND and JOHN ALLEN HOWE. The Geological Succession and Palæontology of the Beds between the Millstone Grit and the Limestone Massif at Pendle Hill and their Equivalents in certain other parts of Britain. *Quart. Journ. Geol. Soc.*, LVII, p. 347-402, 3 fig., pl. XIV, 1901.
22. — R. ZEILLER. Sur les empreintes du sondage de Douvres. *Annales des Mines*, 9<sup>e</sup> sér., II, p. 599-601, 1892.
23. — L. DE KONINCK. Description des animaux fossiles qui se trouvent dans le terrain carbonifère de Belgique. 1 vol. in-4°, 716 p., 60 pl. Liège, 1842-51.
24. — ID. Nouvelles recherches sur les animaux fossiles du terrain carbonifère de la Belgique. *Mém. Ac. R. Sc. L. B.-A. Belg.*, XXXIX, p. 1-178, pl. I-XV, 1872.
25. — ID. Faune du calcaire carbonifère de la Belgique. 6 parties, in-folio, 285 + 406 + 283 + 154 p., 50 + 54 + 41 + 37 pl. *Annales du Musée d'Hist. de Belg.*, t. II-XIV, 1878-1887.
26. — MICHEL MOURLON. Géologie de la Belgique. 2 vol. in-8°, XVI + 317 + 392 p., 55 fig., 2 pl. 1880-1882.
27. — J. GOSSELET. Sur les relations du terrain dévonien et du terrain carbonifère à Visé. *C. R. Ac. Sc.*, CXIV, p. 1242-1247, 1892.
28. — J.-C. PURVES. Sur la délimitation et la constitution de l'étage houiller inférieur de la Belgique. *Bull. Acad. R. de Belg.*, 3<sup>e</sup> sér., II, p. 514-568, 1 pl., 1881.
29. — N. BOULAY. Le terrain houiller du Nord de la France et ses Végétaux fossiles. *Thèses Fac. Sc. Caen*. 1 vol. in-4°, 74 p., cartes et coupes, 4 pl., 1876.
30. — R. ZEILLER. Sur les subdivisions du Westphalien du Nord de la France d'après les caractères de la flore. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3<sup>e</sup> sér., XXII, p. 483-501, 1894.
31. — ID. Bassin houiller de Valenciennes. Description de la flore fossile. *Étude des gîtes minéraux de la France*. Texte, 731 p., atlas, 94 pl., 1886-88.
32. — CHARLES BARROIS. Observations sur le bassin houiller du nord de la France. *Congr. intern. des Mines, de la Métall.* Liège, *Section de Géol. appl.*, 1<sup>re</sup> question, p. 1-7, 1 fig., 1905.
33. — J. CORNET. Note sur des lits à fossiles marins rencontrés dans le houiller supérieur (H<sub>2</sub>) au Charbonnage du Nord-du-Flénu, à Ghlin. *Annales Soc. Géol. Belg.*, XXXIII, M., p. 35-39, 1906.
34. — CHARLES BARROIS et A. MALAQUIN. Sur les Spirorbes du terrain houiller de Bruay (Pas-de-Calais). *Annales Soc. géol. du Nord*, XXXIII, p. 50-75, pl. II, 1904.
35. — J. GOSSELET. Note sur des troncs d'arbres verticaux dans le bassin houiller de Lens. *Annales Soc. Géol. du Nord*, XXIII, p. 171-183, 3 fig., 1895.

36. — CHARLES BARROIS. Étude de galets trouvés dans le charbon d'Aniche (Nord). *Ibid.*, XXXVI, p. 248-330, 20 fig., pl. IV, 1907.

37. — E. HOLZAPFEL. Die Cephalopoden-führenden Kalke des unteren Carbon von Erdbach-Breitscheid bei Herborn. *Palæont. Abh. v. Dames u. Kayser*, V, 1, p. 3-74, pl. I-VIII, 1889.

38. — A. VON KOENEN. Die Kulm-Fauna von Herborn. *Neues Jahrb. f. Miner.*, 1879, p. 309-346, pl. VI, VII.

39. — FRANZ BEYSCHLAG und KARL VON FRITSCH. Das jüngere Steinkohlengebirge und das Rothliegende in der Provinz Sachsen und den angrenzenden Gebieten. *Abh. d. k. Preuss. geol. Landesanst.*, N. F., 10, XXII + 263 p., 7 fig., 2 pl., 2 cartes, 1900.

40. — P. V. SEMENOW. Fauna des schlesischen Kohlenkalkes. *Zeitschr. d. D. geol. Ges.*, VI, p. 317-404, 1854.

41. — H. SCUPIN. Die Trilobiten des niederschlesischen Untercarbon. *Ibid.*, LII, p. 1-20, pl. I, 1900.

42. — E. DATHE. Die Lagerungsverhältnisse des Oberdevon und Culm am Kalkberge bei Ebersdorf in Schlesien. *Jahrb. d. k. Preuss. geol. Landesanst.*, XXI, II, p. 215-237, 4 fig., 1901.

43. — DIONYS STUR. Beiträge zur Kenntniss der Flora der Vorwelt. I. Die Culm-Flora. *Abh. d. k. k. geol. Reichsanst.*, VIII, XIV + 106 + 366 p., 3 + 44 pl., 63 fig., 1875-77. II. Die Carbon-Flora der Schatzlarer Schichten. *Ibid.*, XI, 1, 418 p., 49 pl., 48 fig., 1885, XI, 2, 240 p., 26 pl., 43 fig., 1887.

44. — FERD. ROEMER. Ueber eine marine Conchylien-Fauna im produktiven Steinkohlenebengebirge Oberschlesiens. *Ibid.*, XV, p. 567-606, pl. XIV-XVI, 1863.

45. — CH. ERNST WEISS. Fossile Flora der jüngsten Steinkohlenformation und des Rothliegenden im Saar-Rhein-Gebiete. 1 vol. in-4°, 254 p., 20 pl., fig. Bonn, 1869-1872.

46. — RENÉ NICKLÈS. Sur la découverte de la houille à Abaucourt (Meurthe-et-Moselle). Observations de R. ZEILLER. *C. R. Ac. Sc.*, CXXI, p. 66-69, 1905.

47. — J. KOEHLIN-SCHLUMBERGER et W. PH. SCHIMPER. Le terrain de transition des Vosges. *Mém. Soc. Sc. Nat. Strasb.*, V, 348 p., fig., 30 pl., 1862.

48. — A. TORNIQUIST. Das fossilführende Untercarbon am östlichen Rossbergmassiv in den Südvogesen. *Abh. z. geol. Specialk. v. Els-Lothr.*, V, p. 377-800, pl. XIV-XXII, 1895-1897.

48 bis. — A. JULIEN. Le terrain carbonifère marin de la France centrale. 1 vol. in-4°, 304 p., fig., 17 pl. Paris, 1896.

49. — A. VAFFIER. Étude géologique et paléontologique du Carbonifère inférieur du Mâconnais. *Annales Univers. Lyon*, I, 7, 166 p., 12 pl., 1901.

50. — ALBERT MICHEL-LÉVY. Terrains primaires du Morvan et de la Loire. *C. R. Ac. Sc.*, CXLVI, p. 430-432, 1908.

51. — F. CYRILLE GRAND'EURY. Flore carbonifère du département de la Loire et du centre de la France. *Mém. prés. par divers savants à l'Acad. des Sc.*, XXIV, 624 p., 39 pl., 1877.

52. — R. ZEILLER. Sur l'âge des dépôts houillers de Commentry. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3<sup>e</sup> sér., XXII, p. 252-278, 1894.

53. — B. RENAULT et R. ZEILLER. Études sur le terrain houiller de Commentry. II. Flore fossile. *Bull. de la Soc. de l'Industrie minér.*, 3<sup>e</sup> sér., II, 746 p., fig., 75 pl., 1888-1890.

54. — CHARLES BRONGNIART et ÉMILE SAUVAGE. Id. III. Faunes ichthyologique et entomologique. *Ibid.*, 3<sup>e</sup> sér., II, p. 1-120, pl. I-IX, XI-XIV, 1889.

55. — CHARLES BRONGNIART. Id. Recherches pour servir à l'histoire des Insectes fossiles des temps primaires, précédées d'une étude sur la nervation des ailes des Insectes. *Ibid.*, 3<sup>e</sup> sér., VII, p. 121-615, pl. XVII-LIII, 1893. V. aussi : *Thèses Fac. Sc. Paris*, 1894.

56. — MALLADA. Memoria descriptiva de la Cuenca carbonifera de Belmez.

*Bol. de la Comis. del Mapa geol. de España*, 2<sup>a</sup> ser., VI, p. 1-80, 4 fig. pl. I, II, 1902.

57. — CARLO DE STEFANI. Flore carbonifère e permienne della Toscana. *Publicazioni d. R. Istituto di Studi Sup. in Firenze. Sezione di Sc. Fis. e Nat.*, XLI, 212 p., 14 pl., 1901.

58. — M. PELLATI, S. FRANCHI, A. STELLA, C. DE-CASTRO, D. ZACCAGNA, etc. I giacimenti di antracite nelle Alpi occidentali italiane. *Mem. descrittive della Carta geol. d'Italia*, XII, 232 p., 31 fig., 14 pl., 1903.

59. — L.-G. DE KONINCK. Recherches sur les animaux fossiles. 2<sup>e</sup> part. Monographie des fossiles carbonifères de Bleiberg en Carinthie. 1 vol. in-4<sup>o</sup>, 116 p., 4 pl. Bruxelles, 1893.

60. — ERNST SCHELLWIEN. Die Fauna des karnischen Fusulinenkalks. *Paläontogr.*, XXXIX, p. 1-56, pl. I-VIII; XLIV, p. 237-282, pl. XVII-XXIV, 1892, 1898.

61. — GEORG GEYER. Ueber die geologischen Verhältnisse im Pontafeler Abschnitt der karnischen Alpen. *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst.*, XLVI, p. 127-234, 9 fig., pl. I, 1896.

62. — FRITZ FRECH. Das marine Karbon in Ungarn. *Földtany Közlöny*, XXXVI, p. 103-154, fig., pl. I-IX, 1906.

63. — ERNST KITTL. Geologie der Umgebung von Sarajevo. *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst.*, LIII, p. 515-748, 47 fig., pl. XXI-XXIII, 1904.

64. — JULIUS ENDERLE. Ueber eine anthracolithische Fauna von Balia Maaden in Kleinasien. *Beitr. z. Pal. u. Geol. v. Oesterr.-Ung.*, XIII, p. 43-109, pl. IV-VIII, 1901.

65. — R. ZEILLER. Étude sur la flore fossile du bassin d'Héraclée (Asie Mineure). *Mém. Soc. Géol. Fr., Paléont.*, mém. XXI, 91 p., 6 pl., 1901.

66. — H. DOUVILLÉ. Mission scientifique en Perse par J. de Morgan. IV. Paléontologie, Mollusques fossiles. In-4<sup>o</sup>, p. 191-380, pl. XXV-L, 1904.

67. — ERNST SCHELLWIEN. Ueber eine angebliche Kohlenkalk-Fauna aus der ägyptisch-arabischen Wüste. *Zeitschr. d. D. geol. Ges.*, XLVI, p. 68-78, pl. VII, 1894.

68. — GUIDO STACHE. Fragmente einer afrikanischen Kohlenkalkfauna aus dem Gebiete der West-Sahara. *Denkschr. d. math.-naturw. Cl. d. k. Akad. d. Wiss.*, XLVI, p. 1-50, pl. I-VII, 1883.

69. — G.-B.-M. FLAMAND. Sur la présence du terrain carboniférien aux environs de Taoudeni (Sahara sud-occidental). *C. R. Ac. Sc.*, CXLIV, p. 1387-1390, 1907.

69 bis. — Id. Sur la présence du terrain carbonifère dans le Tidikelt (Archipel touatien), Sahara. *Ibid.* CXXXIV, p. 1533-1536, 1902.

69 ter. — Id. Observations nouvelles sur les terrains carbonifères de l'Extrême-Sud-Oranais. *Ibid.*, CXLV, p. 211-213, 1907.

70. — H. DOUVILLÉ ET R. ZEILLER. Sur le terrain houiller du Sud Oranais. *Ibid.*, CXLVI, p. 732-737, 1908.

70 bis. — LOUIS GENTIL. Recherches stratigraphiques sur le Maroc oriental. *Ibid.*, CXLVI, p. 427-430, 1908.

71. — E. VON TOLL. Geologische Skizze der Neusibirischen Inseln (en russe). *Mém. Acad. Imp. des Sciences St-Petersb.*, 8<sup>e</sup> s., IX, 1, 20 p., 2 pl., 1899.

72. — M. JANYSCHIEWSKY. Die Fauna des Carbonkalks im Gebiete des Flusses Schartymka am östlichen Abfalle des Urals. *Trav. de la Soc. des Natur. de Kazan*, XXXIV, 5, xv + 398 p., 7 pl., 1 carte, 1900.

73. — HANS KEIDEL. Geologische Untersuchungen im südlichen Tian-Schan nebst Beschreibung einer obercarbonischen Brachiopodenfauna aus dem Kukurtuk-Tal. *N. Jahrb. f. Miner.*, Beil.-Bd. XXII, p. 266-384, pl. XI-XIV, 22 fig., 1906.

74. — G. FLIEGEL. Die Verbreitung des marinen Obercarbon in Süd- und Ost-Asien. *Zeitschr. d. D. geol. Ges.*, L, p. 385-408, pl. XIV, 1898.

75. — E. SCHELLWIEN. Trias, Perm und Carbon in China. *Schriften d. phys.-ökon. Ges. zu Königsberg*, XLIII, p. 59-78, pl. III, 1902.
76. — G. ZEIL. Contribution à l'étude géologique du Haut-Tonkin. *Mém. Soc. Géol. Fr.*, 4<sup>e</sup> sér., I, 3, p. 1-20, pl. VI, VII, 1907.
- 76 bis. — H. LANTENOIS. Note sur la géologie de l'Indo-Chine. *Ibid.*, p. 1-56, pl. VIII, 1907.
- 76 ter. — C. L. GRIESBACH. Geology of the Central Himálayas. *Mem. of the Geol. Surv. of India*, XXIII, XIX + 232 p., 14 pl., 31 fig., 1891.
77. — CARL DIENER. Ergebnisse einer geologischen Expedition in den Central-Himalaya von Johar, Hundes und Paikhanda. *Denkschr. d. math.-naturw. Cl. d. kais. Akad. d. Wiss.*, LXII, p. 533-608, 16 fig., 8 pl., 1895.
- 77 bis. — ID. Die Äquivalente der Carbon- und Permformation im Himalaya. *Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. in Wien, Mathem.-Naturw. Cl.*, CVI, I, p. 447-465, 1897.
78. — ID. Himalayan Fossils. *Palæontol. Indica*, ser. XV, I, nos 2-5, 95 + 105 + 54 + 207 p., 8 + 13 + 6 + 10 pl., 1897-1903.
79. — FRITZ NOETLING. Carboniferous fossils from Tennasserim. *Rec. Geol. Surv. of India*, XXVI, p. 96-100, 1 pl., 1893.
80. — FERD. ROEMER. Ueber eine Kohlenkalk-Fauna der Westküste von Sumatra. *Palæontogr.*, XXVII, p. 1-41, pl. I-III, 1880.
81. — GEORGE H. GIRTY. The Carboniferous Formations and Faunas of Colorado. *U. S. Geol. Surv. Professional Papers*, n° 16, 546 p., 10 pl., 1903.
82. — HENRY S. WILLIAMS. On the Recurrence of Devonian fossils in strata of Carboniferous Age. *Amer. Journ. of Science*, 3<sup>d</sup> ser., XLIX, p. 94-104, 1895.
83. — STUART WELLER. Classification of the Mississippian Series. *The Journ. of Geol.*, VI, p. 303-314, 2 fig., 1898.
84. — ID. Kinderhook Faunal Studies. *Trans. of the Acad. of Sc. of St-Louis*, IX, 2, p. 9-51, pl. II-VI, 1899; X, 3, p. 57-129, pl. I-IX, 1900; XI, 9, p. 147-214, pl. XII-XX, 1901; XVI, 7, p. 433-471, pl., 1906.
85. — ID. The Northern and Southern Kinderhook Faunas. *The Journ. of Geol.*, XIII, p. 617-634, 1905.
86. — JAMES PERRIN SMITH. Marine Fossils from the Coal Measures of Arkansas. *Proc. of the Amer. Philos. Soc.*, XXXV, 72 p., pl. XVI-XXIV, 1897.
87. — CHARLES R. KEYES. Probable stratigraphical equivalents of the Coal Measures of Arkansas. *The Journ. of Geol.*, VI, p. 356-365, 2 fig., 1898.
88. — ID. Stages of the Des Moines, or chief coal-bearing series of Kansas and South-West Missouri and their equivalents in Iowa. *Rep<sup>t</sup>. of the Iowa Acad. of Sciences*, IV, p. 22-25, 1897.
89. — ID. The Missourian Series of the Carboniferous. *The Amer. Geologist*, XXIII, p. 298-316, 1899.
90. — JOHN J. STEVENSON. Carboniferous of the Appalachian Basin. *Bull. of the Geol. Soc. of America.*, XV, p. 37-210, 1904; XVIII, p. 65-228, 1906.
91. — ALCIDE D'ORBIGNY. Voyage dans l'Amérique méridionale. In-4<sup>e</sup>, III, 3<sup>e</sup> partie, Géologie, 290 p., 10 pl.; 4<sup>e</sup> partie, Paléontologie, 188 p., 22 pl. Paris et Strasbourg, 1842.
92. — FRANZ TOULA. Ueber einige Fossilien des Kohlenkalkes von Bolivia. *Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. Math.-Naturw. Cl.*, LIX, I, p. 433-445, pl., 1869.
93. — ORVILLE A. DERBY. On the Carboniferous Brachiopoda of Itaituba, Rio Tapajos, Prov. of Pará, Brazil. Morgan Expeditions, n° 2. *Bull. Cornell Univers. (Science)*, I, n° 2, p. 1-63, pl. I-XI, 1874.
94. — N. SIBIRZEV. Geologische Untersuchungen im Bassin der unteren Oka und der unteren Kliasma. *Mém. Comité géol.*, XV, 2, 283 p., fig. 1 carte, 1896.
95. — V. AMALITZKY. Ueber die Anthracosien der Permformation Russlands. *Palæontogr.*, XXXIX, p. 1-56, pl. I-VIII, 1892.

96. — ID. Sur les fouilles de 1889 de débris de vertébrés dans les dépôts permien de la Russie du Nord. 1 broch. in-8°, 25 p., 5 pl. Varsovie, 1900.

97. — P. KROTOW. Artinskische Etage. Geologisch-paläontologische Monographie des Sandsteines von Artinsk. *Travaux de la Soc. des Nat. de Kazan*, XIII, n° 5, 314 p., 4 pl., 1885.

98. — A. KARPINSKY. Ueber die Ammoneen der Artinsk-Stufe und einige mit denselben verwandte carbonische Formen. *Mém. de l'Acad. Imp. des Sc. de St-Petersb.*, 7<sup>e</sup> sér., t. XXXVII, 2, 104 p., 5 pl., 1889.

99. — A. TSCHERNOW. L'étage d'Artinsk. I. Ammonoidés des bassins de Jaïva, de Kosva et de Tchousovaïa. *Bull. des Natur. de Moscou*, 1906, p. 270-401, pl. I.

100. — J. SCHMALHAUSEN. Die Pflanzenreste der artinskischen und permischen Ablagerungen im Osten des europäischen Russlands. *Mém. du Comité géol.*, II, 4, 42 p., 7 pl., 1887.

101. — HEINRICH CREDNER. Die Stegocephalen und Saurier aus dem Rothliegenden des Plauen'schen Grundes bei Dresden. *Zeitschr. d. D. geol. Ges.*, XXXII-XL, tiré à part en 1 vol., 28 pl., 59 fig. 1881-1893.

102. — H. POTONIÉ. Die Flora des Rothliegenden von Thüringen. *Abh. d. Kön. Preuss. geol. Landesanst.*, N. F., 9, II, 298 p., 2 fig., tableaux, 34 pl., 1893.

103. — E. W. BENECKE und L. VAN WERVEKE. Ueber das Rothliegende der Vogesen. *Mitth. d. Geol. Landesanst. v. Els.-Lothr.*, III, p. 45-103, fig., 1890.

104. — R. ZEILLER. Notes sur la flore des couches permien de Trienbach (Alsace). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 3<sup>e</sup> sér., XXII, p. 163-182, pl. VIII, IX, 1894.

105. — CH. VÉLAIN. Le Permien dans la région des Vosges. *Ibid.*, 3<sup>e</sup> sér., XIII, p. 536-564, 11 fig., pl. XIX, XX, 1885.

106. — ANT. FRITSCH. Fauna der Gaskohle und der Kalksteine der Permformation Böhmens. 4 vol. in-4°, 92 + 114 + 132 + 101 p., 394 fig., 165 pl. Prag, 1883-1901.

107. — DELAFOND. Bassin houiller et Permien d'Autun et d'Épinac. I. Stratigraphie. *Études des Gîtes minéraux de la France*. 112 p., 4 pl., 15 fig., 1 carte 1/40 000, 1889.

R. ZEILLER. Id. II, Flore fossile, 1<sup>re</sup> partie. *Ibid.* 304 p., 27 pl., 1890.

B. RENAULT. Id., IV, id. 2<sup>e</sup> partie, *Ibid.*, 578 p., 89 pl., fig., 1893-1896.

H.-E. SAUVAGE. Id., III, Poissons fossiles. *Ibid.*, 31 p., 5 pl., 1890.

Id. Id., V, Nouvelles recherches sur les Poissons du terrain permien d'Autun. *Ibid.*, 34 p., 9 pl., 1893.

108. — DELAFOND. Bassin houiller et permien de Blanzay et du Creusot. I, Stratigraphie. *Ibid.*, 125 p., 29 fig., 1902.

109. — GEORGES MOURET. Bassin houiller et permien de Brive. I, Stratigraphie. *Ibid.*, 459 p., 120 fig., 2 pl., 1 carte 1/320 000, 1891.

R. ZEILLER. Id. II, Flore fossile. *Ibid.*, 132 p., 15 pl., 1892.

110. — ID. Contribution à l'étude de la flore ptéridologique des schistes permien de Lodève. *Bull. Muséum Hist. Nat. Marseille*, I, 2, p. 9-69, pl. II-IV, 1898.

111. — LÉON BERTRAND. Étude géologique du Nord des Alpes-Maritimes. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, n° 56, 214 p., 34 fig., 8 pl., 1896.

112. — ED. SUESS. Ueber die Äquivalente des Rothliegenden in den Südalpen. *Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. Wien*, I. Abth., LVII, p. 230-277, 763-807, pl. I-IV, 1868.

113. — E. SCHELLWIEN. Die Fauna der Trogkofelschichten in den Karnischen Alpen und den Karawanken. I. Die Brachiopoden. *Abh. d. k. k. geol. Reichsanst.*, XVI, 1, 122 p., 15 fig., 15 pl., 1900.

114. — GUIDO STACHE. Beiträge zur Fauna der Bellerophonkalke Südtirols. *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst.*, XXVII, p. 271-318, pl. V-VII; XXVIII, p. 92-168, pl. I-IV, 1877-1878.

115. — CARL DIENER. Ueber ein Vorkommen von Ammoniten und Orthoceren im südtirolischen Bellerophonkalk. *Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. in Wien, Math.-Naturw. Cl.*, CVI, I, 63-76, 1 pl., 1897.

116. — SCHELLWIEN und F. KOSSMAT. Vorläufiger Bericht über eine im alpinen Bellerophonkalk aufgefundene neue Fauna. *Zeitschr. d. D. geol. Ges.*, LVII, *Monatsber.*, p. 357-359, 1905.

117. — GEORG CANEVA. Ueber die Bellerophonkalkfauna, zur Frage der Perm-Triasgrenzen. *N. Jahrb. f. Miner.*, 1906, I, p. 52-60.

118. — GAETANO GIORGIO GEMMELLARO. La fauna dei calcari con Fusulina della valle del fiume Sosio nella provincia di Palermo. 1 vol. in-4°, 338 p., 37 pl. Palermo, 1887-1899. Appendice, 26 p., 4 pl. Palermo, 1888.

119. — Id. I Crostacei dei calcari con Fusulina della valle del fiume Sosio nella provincia di Palermo in Sicilia. *Mem. d. Sc. Ital. d. Sc. Napoli*, ser. 3., VIII, n° 1, 40 p., 5 pl., 1890.

120. — J. CARALP. Le Permien de l'Ariège, ses divers faciès, sa faune marine. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 4<sup>e</sup> sér. III, p. 635-650, fig., 1903.

121. — HERMANN ABICH. Geologische Forschungen in den Kaukasischen Ländern. Eine Bergkalkfauna aus der Araxesenge bei Djoulfa in Armenien. 1 vol. in-4°, 31 fig., 11 pl. Wien, 1878.

122. — R. ZEILLER. Remarques sur la flore fossile de l'Altai à propos des dernières découvertes paléobotaniques de MM. les Drs Bodenbender et Kurz dans la République Argentine. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 3<sup>e</sup> sér., XXIV, p. 466-487, 1896.

123. — HENRI DOUVILLÉ. Les calcaires à Fusulines de l'Indo-Chine. Évolution et enchaînement des Foraminifères. *Ibid.*, 4<sup>e</sup> sér., VI, p. 576-602, pl. XVII-XVIII, 10 fig., 1907.

124. — WILLIAM WAAGEN. Salt Range Fossils. *Palæont. Indica*, ser. XIII, I. Productus-Limestone Fossils. 998 p., 138 pl., 1879-1887. IV. Geological Results. 242 p., 12 pl., 8 fig., 1889-91.

125. — FRITZ NÖETLING. Beiträge zur Geologie der Saltrange, insbesondere der permischen und triassischen Ablagerungen. *Neues Jahrb. f. Miner.*, Beil.-Bd. XIV, p. 369-471, 1901.

126. — E. KOKEN. Indisches Perm und die permische Eiszeit. *Neues Jahrb. f. Miner.*, Festband 1907, p. 446-546, pl. XIX.

127. — E. BEYRICH. Ueber eine Kohlenkalk-Fauna von Timor. *Abh. d. k. Akad. d. Wiss. zu Berlin*, 1864, p. 61-98, pl. I-III.

128. — A. ROTHPLETZ. Die Perm-, Trias- und Juraformation auf Timor und Roti im indischen Archipel. *Palæontogr.*, XXXIX, p. 57-106, pl. IX-XIV, 1892.

129. — GEORG BOEHM. Geologische Mitteilungen aus dem Indo-Australischen Archipel. VI a, Vorjurassische Brachiopoden von Ambon; VI b, Jüngeres Palæozoicum von Timor. *Neues Jahrb. f. Miner.*, Beil.-Bd. XXV, p. 293-323, pl. IX-XI, 1907.

130. — YABE. On a Fusulina limestone with Helicoprion. *Journ. Geol. Soc. Tokyo*, X, 1903.

130 bis. — Id. A contribution to the genus Fusulina, with notes, on a Fusulina-limestone from Korea. *Journ. of the College of Science*, XXI, 5, 36 p., 3 pl., 1906.

131. — CHARLES S. PROSSER. Revised Classification of the Upper Paleozoic Formation of Kansas. *The Journ. of Geol.*, X, p. 702-737, 1902.

132. — CHARLES A. WHITE. The Texan Permian and its Mesozoic Types of Fossils. *Bull. U. S. Geol. Surv.*, n° 77, 51 p., 4 pl., 1891.

133. — FERDINAND BROILI. Permische Stegocephalen und Reptilien aus Texas. *Palæontographica*, LI, p. 1-120, pl. I-XIII, 1904.

134. — GEORGE H. Girty. The Upper Permian in Western Texas. *Amer. Journ. of Science*, 4<sup>th</sup> ser., XIV, p. 363-368, 1902.

135. — I. C. WHITE and WILLIAM M. FONTAINE. The Permian and Upper Carboniferous Flora of West Virginia and Southwestern Pennsylvania. *2<sup>d</sup> Geol. Surv. of Pennsylvania, Rept. of Progress*, IX, 143 p., 38 pl., 1880.

136. — L. G. DE KONINCK. Recherches sur les fossiles paléozoïques de la Nouvelle-Galles du Sud (Australie). *Mém. Soc. R. des Sc. de Liège*, 2<sup>e</sup> sér., VI, VII, 374 p., atlas in-4<sup>o</sup>, 24 pl., 1876-77.

137. — A. H. FOORD, H. A. NICHOLSON, GEORGE J. HINDE, W. H. HUDLESTON. Notes on the Palæontology of Western Australia. *Geol. Mag.*, N. S., dec. 3, VII, p. 97-106, 145-155, 193-204, pl. IV-VIII, VIIIa, 1890.

138. — FR. FRECH. Ueber marine Dyas-Brachiopoden aus Australien. *Zeitschr. d. D. geol. Ges.*, L, p. 176-182, pl. IV, 1898.

139. — R. ETHERIDGE junr., F. CHAPMAN, W. HOWCHIN. Palæontological Contributions to the Geology of Western Australia. *Western Australia Geol. Survey, Bull.* 10, 44 p., 6 pl., 1903; *Bull.* 27, 71 p., 10 pl., 1907.

140. — OTTOKAR FEISTMANTEL. Geological and palæontological relations of the Coal and Plant-bearing beds of Palæozoic and Mesozoic Age in Eastern Australia and Tasmania. *Mem. of the Geol. Surv. of N. S. Wales, Pal.* III, 186 p., 30 pl., 1890.

141. — STEPHENS. An Attempt to synchronise the Australian, South African and Indian Coal Measures. I. The Australasian and New Zealand Formations. *Proc. of the Linnean Soc. of New South Wales*, 2<sup>d</sup> ser., IV, p. 331, 1884.

142. — R. ZEILLER. Observations sur quelques plantes fossiles des Lower Gondwanas. *Palæont. Indica*, N. S., II, 1, 40 p., 7 pl. I-VII, 1902.

143. — A. C. SEWARD and A. SMITH WOODWARD. Permo-carboniferous Plants and Vertebrates from Kashmir. *Ibid.*, N. S., II, 2, 13 p., pl. VIII-X, 1905.

144. — OTTOKAR FEISTMANTEL. Ueber die pflanzen- und kohlenführenden Schichten in Indien (beziehungsw. Asien), Afrika und Australia, und darin vorkommende glaciale Erscheinungen. *Sitzungsber. d. k. böhm. Gesellsch. d. Wissensch.*, 1887, p. 1-110.

144 bis. — MARCELLIN BOULE. Sur l'existence d'une faune et d'une flore permienne à Madagascar. *C. R. Ac. Sc.*, CXLVI, p. 502-504, 1908.

145. — OTTOKAR FEISTMANTEL. Uebersichtliche Darstellung der geologisch-palæontologischen Verhältnisse Süd-Afrikas. I. Die Karoo-Formation und die dieselbe unterlagernden Schichten. *Abhandl. d. k. böhm. Gesellsch. d. Wissensch., Math.-Naturw. Cl.*, 7, III, 89 p., 4 pl., 1889.

146. — R. ZEILLER. Note sur la flore fossile des gisements houillers de Rio Grande do Sul (Brésil méridional). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 3<sup>e</sup> sér., XXIII, p. 601-629, pl. VIII-X, 1895.

147. — G. BODENBENDER. Sobre la edad de algunas formaciones carboníferas de la Republica Argentina. *Revista del Mus. de la Plata*, VII, p. 129-148, 1895.

147 bis. — J. HALLE. Note on the Geology of the Falkland Islands. *Geol. Mag.*, dec. 5, V, p. 264-265, 1908.

148. — R. ZEILLER. Les provinces botaniques de la fin des temps primaires. *Revue génér. des Sciences*, VIII, p. 5-11, 1897.

149. — W. WAAGEN. Die carbone Eiszeit. *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst.*, XXXVII, p. 143-192, fig., 1887.

150. — ALBRECHT PENCK. Die Eiszeiten Australiens. *Zeitschr. d. Ges. f. Erdk. zu Berlin*, XXXV, p. 239-286, pl. IX, 1901.

150 bis. — W. M. DAVIS. Causes of Permo-Carboniferous Glaciation. *Journ. of Geol.*, XVI, p. 79-82, 1908.

151. — GOTTFRIED MÜLLER. Zur Kenntniss der Dyas- und Triasablagerungen im Ruhrkohlenrevier. *Zeitschr. für praktische Geol.*, IX, p. 385-387, 1901.

152. — F.-L. CORNET et A. BRIART. Sur le relief du sol en Belgique après les temps paléozoïques. *Annales Soc. Géol. de Belg.*, IV, p. 71-115, pl. VI-XI, 1877.

153. — J. GOSSELET. Sur la structure générale du bassin houiller franco-belge. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 3<sup>e</sup> sér., VIII, p. 505-511, 6 fig., 1880.

154. — MARCEL BERTRAND. Sur le raccordement des bassins houillers du Nord de la France et du Sud de l'Angleterre. *Annales des Mines*, 9<sup>e</sup> sér., III, p. 5-83, pl. I-II, 1893.

155. — Id. Études sur le bassin houiller du Nord et sur le Boulonnais. *Ibid.*, 9<sup>e</sup> sér., V, p. 569-635, pl. X-XI, 9 fig., 1894.

156. — Id. Études sur les bassins houillers. Bassin houiller du Gard. *Ibid.*, 9<sup>e</sup> sér., XVII, p. 505-621, pl. IX-XI, 29 fig., 1900.

157. — ALBERT MICHEL-LÉVY. Métamorphisme et tectonique des terrains paléozoïques du Morvan et de la Loire. *C. R. Ac. Sc.*, CXLVI, p. 549-551, 1908.

V. aussi : 0, 1-4, 6, 9, 22; X, 4-22; XI, 6; XII, 7, 12; XIV, 7; XVIII, 2, 8; XXX, 4, 6; XXXI, 16-18; XXXII, 19 bis, 27, 32, 43, 50; XXXIII, 38, 39, 48, 49 bis, 68, 78 bis, 79; XXXIV, 19, 25, 41, 49, 53, 77, 100-102.

## CHAPITRE XXXVI

### PÉRIODE TRIASIQUE

- 1° Caractères généraux : Caractères paléontologiques. — Principaux faciès. — Délimitation et subdivisions.
- 2° Répartition géographique et principaux types : Europe centrale et occidentale (Trias germanique). — Alpes orientales (Trias alpin). — Apennin méridional et Sicile. — Europe orientale. — Conclusions relatives aux nappes et aux zones isopiques du Trias alpin. — Régions boréales. — Asie occidentale. — Himalaya. — Salt Range. — Indo-Chine et Chine méridionale. — Archipel Malais. — Régions circumpacifiques. — Pourtour de l'océan Indien. — Bord atlantique de l'Amérique du Nord.
- 3° Résultats généraux : Résultats paléogéographiques. — Provinces zoologiques et botaniques. — Mouvements orogéniques et épirogéniques. — Phénomènes volcaniques et métamorphisme.

C'est F. von Alberti qui, en 1834 [1], réunit pour la première fois en un système unique les trois terrains connus depuis longtemps en Allemagne sous les noms de *Buntsandstein*, de *Muschelkalk* et de *Keuper*. Il proposa pour cet ensemble la dénomination de *Trias*, qui est encore aujourd'hui en usage, pour désigner le système compris entre le système Anthracolithique et le système Jurassique, entre le Zechstein et le Lias. Les trois groupes du système Triasique étaient basés primitivement sur des caractères lithologiques propres à une région déterminée, mais les études paléontologiques récentes ont montré qu'ils correspondent à des coupures naturelles et qu'ils peuvent être conservés à peu près avec leurs limites primitives. Dans ces conditions, quoique le nom de Trias puisse s'appliquer tout aussi bien à d'autres systèmes, tels que le Dévonien ou le Crétacé, l'idée qu'évoque ce nom n'est pas en contradiction formelle avec la classification — comme c'est le cas pour le Dyas de Marcou — et il n'y a aucune raison de changer une appellation consacrée par un très long usage.

Pendant longtemps le Trias d'Allemagne avait été considéré comme la série-type du système et l'on avait pu sans peine retrouver dans

diverses régions de l'Europe occidentale les trois termes classiques. Ceux-ci sont devenus d'un emploi courant en France sous la forme de *Grès Bigarré*, *Calcaire conchylien* et *Marnes irisées*, traduction des noms allemands. Mais, lorsque l'on voulut appliquer ces dénominations au Trias des Alpes orientales et des régions méditerranéennes, on rencontra de sérieuses difficultés. On dut reconnaître que le *Trias alpin* possédait des caractères paléontologiques tout différents de ceux du type classique, que l'on devait bientôt appeler *Trias germanique*. On crut d'abord être en présence de particularités locales, mais peu à peu il devenait évident que ce type alpin était en réalité le type marin normal, tandis que c'était le Trias germanique qui constituait le type exceptionnel, en raison de son caractère lagunaire. On retrouvait les traits distinctifs du Trias alpin dans les régions méditerranéennes, en Inde, sur le pourtour du Pacifique et dans les contrées boréales. La succession des faunes, observée dans les Alpes, était elle-même incomplète et l'Inde fournissait une série de niveaux paléontologiques du Trias inférieur, qui n'a pas son équivalent en Europe.

Toutefois, on verra plus loin que le Trias alpin mérite aussi peu le qualificatif d'*océanique* que le Trias alpin celui de *continental*. Le véritable type continental se trouve dans l'Est des États-Unis et dans l'hémisphère Sud; les vrais dépôts océaniques ne sont pas accessibles à notre investigation.

## 1° CARACTÈRES GÉNÉRAUX

CARACTÈRES PALÉONTOLOGIQUES. — Grâce au grand développement que prennent au Trias à la fois les formations marines et les formations continentales, nous possédons actuellement des connaissances assez satisfaisantes aussi bien sur la flore et la faune terrestres que sur la faune marine de l'époque. L'étude des divers groupes du règne animal a été entreprise d'une manière plus méthodique qu'ailleurs, de sorte qu'une vue d'ensemble sur les caractères paléontologiques du Trias peut être plus facilement acquise aujourd'hui que ce n'eût été le cas il y a une vingtaine d'années.

Dans la flore marine, les Algues calcaires de la famille des *Dasycladées*, et en particulier les deux genres *Diplopora* et *Gyroporella*, se distinguent par leur extrême abondance.

La flore terrestre comprend principalement les éléments suivants :

## CRYPTOGAMES VASCULAIRES

## FILICINÉES.

*Marattiacées* : *Asterotheca*.

*Osmundacées* : *Cladophlebis*.

*Gleichéniacées* : *Gleichenia*, *Oligocarpia*, *Mertensides*.

Position douteuse : *Neuropteridium*, *Crematopteris*, *Thinnfeldia*, *Anomopteris*, *Lepidopteris*, *Pecopteris*, *Alethopteris*, *Caulopteris*, *Teniopteris*, etc.

## ÉQUISÉTINÉES.

*Equisetum*, *Phyllothea*, *Schizoneura*.

## LYCOPODINÉES.

*Pleuromeia*, *Stigmaria*.

## GYMNOSPERMES

## CORDAÏTÉES.

*Yuccites*, *Næggerathiopsis*.

CYCADINÉES : *Cycadites*, *Pterophyllum*, *Cycadeoidea*.

SALISBURIÉES : *Baiera*.

CONIFÈRES : *Pagiophyllum*, *Albertia*, *Voltzia*, *Widdringtonites*.

Les INVERTÉBRÉS du Trias se répartissent de la manière suivante :

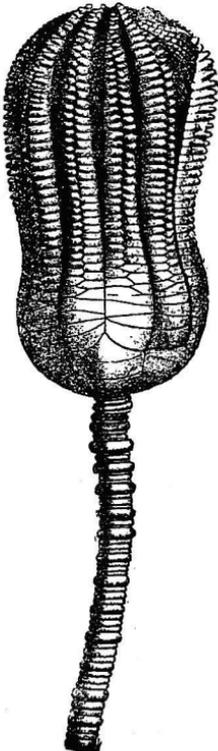


Fig. 276. — *Encrinurus uliiiformis*. Muschelkalk supérieur, Allemagne (d'après QUENSTEDT). 1/2 gr. nat.

## PROTOZOAIRES

FORAMINIFÈRES : *Lituolida* (*Ammodiscus*, *Rheophax*, *Lituola*), *Nubecularida* (*Nubecularia*), *Miliolida* (*Biloculina*), *Lagenida*, *Textularida* (*Textularia*), *Globigerinida* (*Globigerina*), etc.

RADIOLAIRES.

## SPONGIAIRES

*Silicispongia* rares.

*Calcispongia* : *Eudea*, *Peronidella*, *Corynella*, *Stellispongia*, *Rhaphidonema*, *Colospongia*, *Cryptocœlia*.

## COELENTERÉS

a) ANTHOZOAIRES.

TÉTRACORALLIAIRES : *Gigantostylis*.

HEXACORALLIAIRES : *Stylina*; *Pinacophyllida* (*Pinacophyllum*, *Coccyphyllum*); *Stylophyllida* (*Cyathocœnia*, *Astrocœnia*, *Stylophyllum*); *Astrœida* (*Isastrœa*, *Thecosmia*, *Montlivaultia*, *Phyllocœnia*); *Thamnastrœida* (*Omphalophyllia*, *Thamnastrœa*, *Tœchastœa*).

b) HYDROZOAIRES. *Lithopora*, *Heterastridium*, *Stoliczkaria*.

## ÉCHINODERMES

CRINOÏDÉS : *Encrinurus* (fig. 276), *Dadocrinus*, *Pentacrinus*, *Traumatocrinus*.

BLASTOÏDÉS (?) : *Tiarechinus*.

ÉCHINOÏDÉS : *Cidaris*, *Rhabdocidaris*, *Hypodiadema*.

ASTÉROÏDÉS : *Ophioderma*, *Aspidura*, *Acroua*, *Trichasteropsis*.

## VERMIDIENS

a) BRYOZOAIRES : *Cerriopora*, *Monotrypa*.

b) BRACHIOPODES [5].

INARTICULÉS : *Lingula*, *Discina*.

ARTICULÉS : *Thecideida* (?), *Koninckinida* (*Koninckina*, *Amphiclina*, *Thecospira*), *Spiriferida* (*Mentzelia*, *Spiriferina*, *Retzia*, *Athyris*, *Badiotella*), *Rhynchonellida* (*Rhynchonella*, *Rhynchonellina*, *Halorella*), *Terebratulida* (*Cœnothyris*, *Terebratula*, *Aulacothyris*, *Cruratula*, *Juvavella*, *Nucleatula*).

## MOLLUSQUES

## a) LAMELLIBRANCHES [6].

TAXODONTES : *Macrodona*, *Cucullæa*, *Nucula*, *Leda*.

ANISOMYAIRES : *Avicula*, *Pseudomonotis* (fig. 289, pl. XCIX, 2), *Monotis* (XCIX, 1), *Daonella* (fig. 277), *Halobia* (pl. XC), *Cassianella*, *Posidonomya*, *Gervilleia*, *Hærnesia*, *Odontoperna*, *Mytilus*, *Modiola*, *Ostrea*, *Alecryonia*, *Lima*, *Pecten*.

SHIZODONTES : *Myophoria*, *Trigonodus*, *Trigonia*.

EULAMELLIBRANCHES : *Anodontophora*, *Pachycardia*, *Cardita*, *Astarte*, *Opis*, *Megalodon*, *Physocardia*, *Dicreocardium*, *Lycodon*, *Gonodon*.

DESMODONTES : *Pleuromya* (*Myacites*).

b) SCAPHOPODES. *Dentalium*.

c) POLYPLACOPHORES. *Trachypleura*.

d) GASTÉROPODES.

*Pleurotomariidæ* (*Pleurotomaria*, *Euzone*, *Worthenia*, *Murchisonia*, *Temnotropis*), *Bellerophonidæ* (*Bellerophon*), *Euomphalidæ* (*Euomphalus*, *Straparollus*, *Cælocentrus*, *Brochidium*).

*Trochidæ* (*Turbo*, *Astralium*, *Delphinula*, *Delphinulopsis*, *Trochus*, *Monodonta*, *Phasianella*), *Neritidæ* (*Nerita*, *Neritopsis*, *Neritaria*), *Patellidæ* (*Patella*, *Acmaea*), *Littorinidæ* (*Fossariopsis*, *Lucum*), *Rissoidæ* (*Rissoa*), *Capulidæ* (*Capulus*), *Loxonematidæ* (*Niso*, *Loxonema*, *Turbonilla*, *Pseudomelania*, *Undularia*), *Actæonidæ* (*Actæonina*), *Cerithidæ* (*Fibula*, *Promathidia*), *Turritellidæ* (*Turritella*), *Vermetidæ* (*Siliquaria*, *Serpularia*), *Naticidæ* (*Naticella*, *Naticopsis*, *Marmolatella*, *Sigaretus*, *Amauropis*), *Solariidæ* (*Solarium*), *Scalariidæ* (*Scalaria*, *Cochlearia*), *Purpuridæ* (*Purpuroidea*, *Pseudoscalita*), etc.

e) *Conularidæ* (*Conularia*).

f) CÉPHALOPODES.

NAUTILOÏDÉS [7] : *Orthoceratidæ* (*Orthoceras*), *Clydonautilidæ* (*Paranautilus*, *Clydonautilus*, *Gonionautilus*), *Syringonautilidæ* (*Syringoceras*, *Juvavionautilus*), *Gryponautilidæ* (*Grypoceras*), *Temnochilidæ* (*Mojavaroceras*, *Germanonautilus*, *Thuringonautilus*, *Pleuronautilus*, *Phloioceras*).

AMMONOÏDÉS [7-9].

*Arcestidæ* : *Joannitinae* (*Joannites*), *Arcestinae* (*Arcestes*, ? *Lobites*);

*Popanoceratidæ* (*Parapanoceras*, *Megaphyllites*); *Cladiscitidæ* (*Procladiscites*, *Gladiscites*, *Sturia*);

*Ptychitidæ* (*Nannites*, *Owenites*, *Proteites*, *Nathorstites*, *Prosphingites*, *Sphingites*, *Ptychites*);

*Halaritidæ* (*Tardeceras*, *Halarites* [fig. 281], *Jovites*, *Homerites*, *Juvavites*, *Sagenites*);

*Tropitidæ* (*Tropites* [fig. 278], *Styrites*, *Margarites*, *Sibyllites*, *Didymites*);

*Sibiridæ* (*Sibirites*, *Metasibirites*, *Thetydites*);

*Cellitidæ* (*Cellites*, *Tropicellites*);

*Thalassoceratidæ* (*Ussuria*);

*Prolecanitidæ* : *Mellicotlinae* (*Episageceras*, *Pseudosageceras*, *Sageceras*, *Cordillerites*); *Noritinae* (*Norites*, *Tellerites*, *Carnites*, *Longobardites*, *Arthaberites*); *Ceratitidæ* (*Tirolites*, *Dinarites*, *Danubites*, *Ceratites* [10], *Beyrichites*, *Japonites*, *Acrochordiceras*, *Arpadites*, *Clionites*, *Daphnites*, *Dionites*, *Drepanites*, *Heraclites*, *Cyrtopleurites*, *Badiolites*, *Distichites*, *Ectolcites*, *Trachyceras* [fig. 279], *Anolcites*, *Eremites*, *Sandlingites*, *Dawsonites*, *Sirenites*);

*Orthopleuritea* (? *Clydonites*, *Polycyclus*, *Choristoceras*, *Rhabdoceras*, *Cochloceras*);

*Meekoceratidæ* : *Meekoceratinae* (*Lecanites*, *Meekoceras*, *Aspidites*, *Beneckeia*), *Hungarinitinae* (*Hungarites*, *Otoceras* [fig. 292], *Proptychites*, *Inyoites*, *Doryceranites*), *Gymnitinae* (*Ophiceras* [fig. 293], *Flemingites*, *Gymnites*, *Vishnuites*).

*Phylloceratidæ* (*Monophyllites* [fig. 280], *Discophyllites*).

*Pinacoceratidæ* (*Hedenstræmia*, *Glypites*, *Placites*, *Bambanagites*, *Pompeckjites*, *Pinacoceras*).

BELEMNOÏDÉS.

*Belemnitidæ* : *Aulacoceratinae* (*Aulacoceras*, *Asteroconites*, *Dictyoconites*, *Atractites*), *Belemnoleuthidæ* (*Phragmoleuthis*).

## ARTHIROPODES

CRUSTACÉS.

OSTRACODES : *Bairdia*, *Cythere*.

PHYLLOPODES : *Estheria*.

DÉCAPODES : *Tetrachela*, *Pemphix*.

XIPHOSURES : *Limulus*.

INSECTES : *Orthoptères*, *Neuroptères*, *Hémiptères*.

## VERTÉBRÉS

## POISSONS.

SÉLACIENS : *Plagiostomi* (*Hybodus*, *Acrodus*, *Palæobates*);

DIPNEUSTES : *Sirenoidei* (*Ceratodus*) (fig. 11, b);

GANOÏDES : *Cœlacanthidæ* (*Graphiurus*, *Heptanema*, *Undina*, *Diplurus*); *Chondrosteida* (*Belonorhynchus*, *Saurichthys*), *Heterocerci* (*Gyrolepis*, *Myriolepis*, *Apateolepis*, *Catopterus*, *Dictyopyge*, *Catopterus*, *Acentrophorus*, *Semionotus*, *Colobodus*, *Sargodon*, *Crenilepis*, *Pholidopleurus*, *Peltopleurus*, *Tetragonolepis*, *Dapedius*);

TÉLÉOSTÉENS : *Megalopterus*, *Prohalecites*, *Leptolepis*.

## AMPHIBIENS.

## STÉGOCÉPHALES.

*Temnospondyli* : *Eupelor*, *Gondwanosaurus*, *Brachiops*, *Eurycervia*;

*Stereospondyli* : *Trematosaurus*, *Metopias*, *Capitosaurus*, *Mastodonsaurus*, *Labyrinthodon*, *Diadotognathus*, *Rhytidosteus*, *Pachygonia*, *Gonioglyptus*.

## REPTILES [11].

RHYNCHOCÉPHALES : *Telerpeton*.

ANOMODONTES : *Elginia*, *Sclerosaurus*, *Gorgonops*, *Placodus*, *Cyamodus*, *Placochelys*, *Ctenosaurus*, *Lycosaurus*, *Cynognathus*, *Galesaurus*, *Gomphognathus*, *Tritylodon*, *Microlestes*, *Endothiodon*, *Hyperodapedon*, *Dicynodon*, *Ptychognathus*, *Gordonia*, *Oudenodon*, *Geikia*, *Kistecephalus*.

SAUROPTÉRYGIENS : *Mesosaurus*, *Neusticosaurus*, *Plesiosaurus*, *Nothosaurus*, *Lariosaurus*, *Parthanosaurus*.

ICHTHYOPTÉRYGIENS : *Mixosaurus*, *Shastasaurus*, *Ichthyosaurus*.

CROCODILIENS : *Belodon*, *Mystriosuchus*, *Parasuchus*, *Aëtosaurus*, *Ornithosuchus*, *Procerosaurus*.

CHÉLONIENS : *Chelyzoon*, *Arctosaurus*, *Psammochelys*.

DINOSAURIENS [12, 13] : *Zanclodon*, *Gresslyosaurus*, *Teratosaurus*, *Epicampodon*, *Anchisaurus*, *Massospondylus*, *Ammosaurus*, *Thecodontosaurus*, *Cœlophysis*.

## MAMMIFÈRES.

MARSUPIAUX : *Dromatherium*, *Microconodon*.

En résumé, la faune et la flore triasiques se distinguent par la présence d'un nombre assez considérable de genres spéciaux, dont nous ne mentionnerons que les plus caractéristiques. Ce sont, parmi les

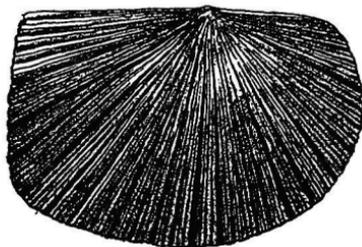
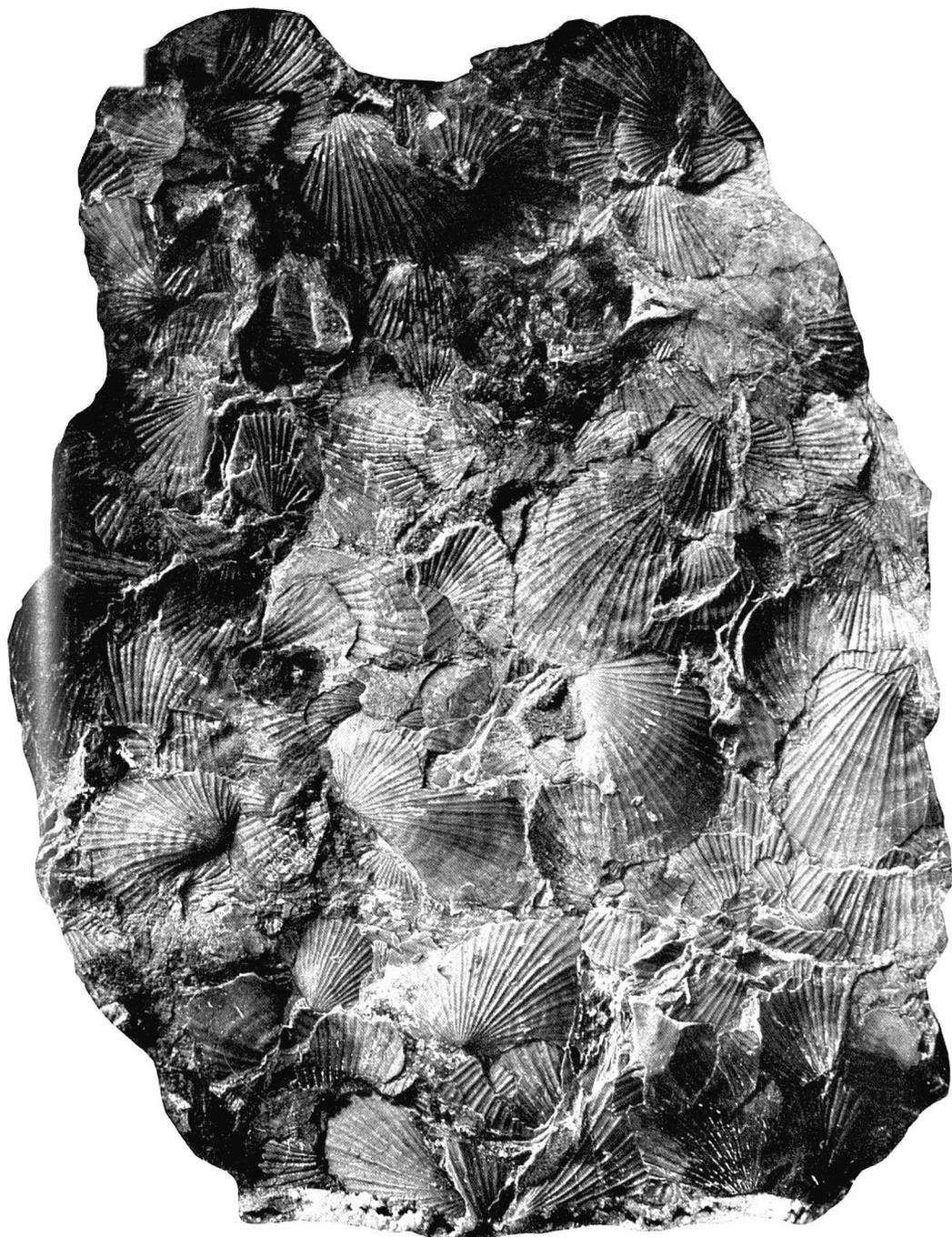


Fig. 277. — *Daonella Lommeli* (d'après E. von Mojsisovics). Ladinien, Wengen, Tyrol méridional. Gr. nat.

Crinoïdes, *Encrinus* (fig. 276), parmi les Brachiopodes, *Koninckina*, *Cænothyris*, *Halorella*, parmi les Lamelibranches, *Daonella* (fig. 277), *Halobia* (pl. XC), *Monotis*, *Cassianella*, parmi les Ammonoïdés, pour ne citer que quelques genres communs à plusieurs étages, *Arcestes*, *Ptychites*, *Megaphyllites*, *Ceratites*, *Trachyceras*, *Hungarites*, *Gymnites*, *Monophyllites* (fig. 280), *Pinacoceras*,

parmi les Crustacés, *Pemphix*. Le plus grand nombre des genres de Vertébrés que nous avons énumérés sont localisés dans le Trias et l'on peut en dire autant des Céphalopodes. Parmi ceux-ci, les familles des *Ptychitidæ*, des *Cladiscitidæ*, des *Haloritidæ*, des *Tropitidæ*, des *Ceratitidæ*, etc., sont exclusivement triasiques. Le seul ordre spécial au Trias est celui des Blastéchinides, représenté jus-



Cliché H. Ragot.

*Halobia halorica* (1/2-gr. nat.)  
Calcaire de Hallstatt norien.  
Someraukogel, près Hallstatt (Haute-Autriche).

qu'ici par un seul exemplaire de *Tiarechinus*, trouvé dans les couches de Saint-Cassian.

Il existe en outre plusieurs genres qui atteignent leur maximum au Trias, comme par exemple *Hærnesia*, *Myophoria*, *Anodontophora*, *Megalodon*, *Ceratodus*. Les Ammonoïdés à cloisons prionidiennes, qui étaient autrefois réunies sous le nom collectif de *Ceratites* et que l'on sait aujourd'hui appartenir à plusieurs phylums distincts, tout en ayant des représentants à l'époque Anthracolithique et même au Crétacé, sont un des éléments les plus caractéristiques de la faune triasique, et ils atteignent leur maximum dès le Trias inférieur.

La persistance d'un certain nombre de types paléozoïques est une des particularités les plus frappantes de la flore et de la faune du Trias. On peut citer, parmi les Végétaux, *Stigmaria*, parmi les Tétracoralliaires, *Gigantostylis*, parmi les Monticuliporidés, *Monotrypa*, parmi les Brachiopodes, les *Spiriferidæ*, parmi les Gastéropodes, *Murchisonia*, *Bellerophon*, ainsi que *Conularia*, parmi les Céphalopodes, *Orthoceras* et quelques Ammonoïdés à cloisons de Goniatites, enfin, parmi les Vertébrés, les Stégocéphales et les Théromorphes ou Anomodontes.

La plupart de ces formes s'éteignent avant la fin de la période, mais quelques-unes, telles que les *Spiriferidæ* et le genre *Conularia*, persistent encore jusqu'au Lias.

D'autre part, plusieurs éléments encore inconnus dans les faunes paléozoïques apparaissent pour la première fois. Ce sont notamment les Hexacoralliaires, les Échinides endocycles diplacidés, les Natices, les Turritelles, les Nérinées, les Cérithes, les Bélemnoidés, les Poissons osseux, encore extrêmement rares, les Sauroptérygiens, les Ichthyoptérygiens, les Crocodiliens, les Chéloniens, les Dinosauriens, et, enfin, les Mammifères, dont les plus anciens représentants connus ont été rencontrés dans le Trias des États-Unis.

La plupart de ces groupes sont cryptogènes. Ainsi, les Hexacoralliaires, qui descendent certainement des Tétracoralliaires, comme le montre leur évolution individuelle, apparaissent brusquement au Trias moyen; les formes de passage entre les deux ordres, qui devaient vivre quelque part au Permien et à l'époque du Trias inférieur, ne sont connues nulle part. Rien dans les terrains paléozoïques n'annonce les Bélemnoidés. Les Chéloniens sont représentés au Trias supérieur par des formes déjà si différenciées que l'on doit admettre que les plus anciens représentants connus de cet ordre de Reptiles ont derrière eux une longue série d'ancêtres.

Les Ammonoïdés triasiques, comme nous le verrons tout à

l'heure, dérivent, par contre, par filiation directe, des Ammonoïdés anthracolithiques et, dans plusieurs cas, les formes de passage ont pu être retrouvées. Par contre, il n'y a que fort peu de rapports entre les Ammonoïdés du Trias et ceux du Jurassique. Une seule famille, celle des *Phylloceratidæ*, est commune aux deux systèmes.

La faune triasique est donc en somme une véritable faune de passage entre les faunes primaires et les faunes secondaires, mais on n'y trouve plus ni Palæocrinoïdes, ni Productidés, ni Trilobites, ni Gigantostacés et plusieurs sous-ordres de Sélaciens et de Ganoïdes ont également disparu.

PRINCIPAUX FACIÈS. — Comme à la fin de la période Anthracolithique, les *formations continentales* continuent à jouer un rôle très important dans l'hémisphère Sud, où le Trias tout entier est constitué par des grès et des schistes à Végétaux et à Vertébrés terrestres ou d'eau douce. On y rencontre aussi quelques couches de houille.

Dans l'hémisphère Nord, on retrouve des formations tout à fait semblables dans l'Est de l'Amérique du Nord et dans le Nord de la Grande-Bretagne. Dans l'Europe centrale, le Trias inférieur seul est quelquefois entièrement continental. Il est alors représenté par des grès et des conglomérats d'origine fluviale, où la stratification torrentielle est très fréquente. On y observe aussi, en beaucoup d'endroits, des fentes de dessiccation, des ripple-marks et des empreintes de pas pentadactyles (*Chirotherium*) (pl. XCI) et tridactyles (*Ornithichnites*) que l'on attribue aujourd'hui à des Stégocéphales et à des Dinosauriens. Les colorations rouges qui prédominent sont dues à l'entraînement par les eaux des produits de décomposition à l'air libre qui recouvraient la surface des continents. On ne connaît pas jusqu'ici de formations glaciaires d'âge triasique.

Les *formations lagunaires* prennent au Trias un développement incomparable. Le faciès des marnes bariolées existe non seulement dans le Trias supérieur (Marnes Irisées ou Keuper), on le retrouve dans le Trias moyen et dans le Trias inférieur. Les formations halogènes, qui prennent naissance dans des bassins d'évaporation, acquièrent une grande importance. Le sulfate de chaux est presque toujours à l'état d'anhydrite, qui n'est transformé en gypse que sur les lignes d'affleurement. Le sel gemme forme fréquemment des masses plus ou moins épaisses, qui peuvent se trouver dans chacun des trois termes. Les marnes bariolées renferment souvent des bancs de calcaire dolomitique, qui, à l'affleurement, sont décalcifiés et transformés en dolomies cavernueuses ou cargneules.



Cliché H. Ragot.

CHIROTHERIUM.

Traces de pas de Labyrinthodontes, contre-empreintes sur la face inférieure  
d'une dalle de grès. Trias inférieur.

Fozières, près Lodève (Hérault).

Les *formations néritiques* jouent un grand rôle, même dans le Trias alpin, qualifié à tort de pélagique. Les formations détritiques sont représentées par des grès à Gastéropodes, par des schistes et grès à Poissons, par des argiles à Gastéropodes et Lamellibranches, par des marnes à Huîtres, etc. Parmi les formations organogènes, les plus répandues au Trias sont des calcaires à *Diplopora* et *Gyroporella*, presque entièrement constitués par les incrustations calcaires de ces Siphonées. Les Gastéropodes herbivores y abondent. Cependant, à côté de ces calcaires phytogènes, on rencontre des calcaires zoogènes, formés de débris de Zoanthaires ou de Crinoïdes. Les lumachelles, constituées par des fragments de coquilles, rentrent dans la même catégorie. On rencontre aussi, quoique moins fréquemment que dans les dépôts de la période précédente, des calcaires à Brachiopodes.

Nous reviendrons plus loin sur les conditions dans lesquelles les formations récifales du Trias alpin ont pris naissance.

On peut ranger dans les *formations bathyales* les calcaires noirs à *Daonella*, les calcaires noduleux ou compacts à Céphalopodes, qui alternent d'ordinaire avec des couches marneuses, les calcaires rouges du type de Hallstatt, renfermant, au milieu d'une masse peu fossilifère, des *nids* où la roche est pétrie de coquilles de Céphalopodes, de Gastéropodes, de Lamellibranches des genres *Halobia* (pl. XC) et *Monotis* (pl. XCLIX, 1), de Brachiopodes.

Quoique certains calcaires du Trias alpin soient très siliceux et renferment des squelettes de Radiolaires, il est difficile, vu leur relation avec des formations bathyales ou même néritiques, de les envisager comme des *formations abyssales*.

DÉLIMITATION ET SUBDIVISIONS. — On a vu déjà dans le précédent chapitre que l'attribution soit au Permien, soit au Trias, de certaines couches situées à la limite des deux systèmes avait été l'objet de longues discussions, qui, dans certains cas, n'ont pas encore reçu aujourd'hui une conclusion satisfaisante. Il n'y a rien d'étonnant à cela, car presque partout le passage de l'un des systèmes à l'autre s'effectue par des transitions insensibles. Ce n'est que d'une manière tout à fait exceptionnelle que l'on observe une discordance entre le Permien supérieur et le Trias inférieur. On peut citer comme exemple les Vosges méridionales et le bord sud du Plateau Central. Ailleurs, comme dans le bassin de Saarbrück, dans les Alpes Maritimes et dans les Pyrénées, le Trias inférieur est simplement transgressif.

La concordance parfaite du Permien et du Trias peut être observée aussi bien dans les séries géosynclinales que sur les anciennes aires continentales ou dans les régions qui, depuis la formation de la chaîne hercynienne, sont adjointes à ces régions stables de l'écorce terrestre. Aussi est-il nécessaire, pour délimiter les deux systèmes, de faire intervenir une coupure traditionnelle et d'adopter la limite qui est en usage chez les auteurs auxquels est due la première définition du Trias, quitte à se servir concurremment des caractères paléontologiques.

Dans le Centre de l'Allemagne, le Buntsandstein ou Grès Bigarré, qui, par définition, fait partie du Trias, fait suite au Zechstein, dont l'âge permien n'a jamais été contesté. C'est donc au-dessus des couches lagunaires par lesquelles se termine le Zechstein et à la base du Grès Bigarré qu'il convient de placer la limite des deux systèmes. La faune lagunaire du Grès Bigarré supérieur diffère d'ailleurs entièrement, malgré l'analogie de faciès, de celle du Zechstein.

Dans les Alpes méridionales, une limite tout aussi nette existe entre les calcaires à *Bellerophon* et les couches de Werfen, qui sont maintenant considérées par tous les auteurs comme le représentant alpin du Trias inférieur.

C'est surtout dans l'Inde que l'on a éprouvé de grandes difficultés à délimiter les deux systèmes. Dans la Salt Range, les calcaires à *Productus* permien sont recouverts en concordance par des calcaires, des marnes et des grès à Cératites, dont la faune possède incontestablement un cachet triasique et que leur position stratigraphique au-dessus de couches qui correspondent au Zechstein fait ranger aujourd'hui, par tous les auteurs intéressés, dans le Trias inférieur. Dans l'Himalaya, par contre, un désaccord subsiste au sujet de l'attribution, soit au Permien, soit au Trias, des couches à *Otoceras*, qui font suite en parfaite concordance aux calcaires à *Productus* de la région. Nøtling et Frech [3, 14] placent ces couches au niveau des couches à *Otoceras* de Djoulfa, quoiqu'elles ne renferment aucune des formes d'affinités paléozoïques qui, à Djoulfa, accompagnent les *Otoceras*. Diener [15] les met dans le Trias inférieur, parce qu'elles renferment déjà les genres triasiques *Meekoceras*, *Otoceras* et *Danubites* et, associés à ces Ammonoidés, des Lamellibranches et des Gastéropodes voisins de ceux des couches de Werfen.

La division classique du Trias en trois termes a été basée primitivement sur les seuls caractères lithologiques observés en Allemagne, mais peu à peu elle a pu être appliquée également à d'autres régions, où les caractères lithologiques ne sont plus les mêmes, mais où les

particularités paléontologiques des trois subdivisions sont plus accentuées que dans les régions classiques. En même temps, on constate quelquefois une certaine indépendance stratigraphique des trois termes. C'est ainsi que le Trias moyen est transgressif dans l'Ardenne, sur le bord du Plateau Central et au Spitzberg et que le Trias supérieur existe seul dans diverses régions, telles que la Scanie, l'Asie Mineure, la Nouvelle-Calédonie. Ce même terme est régressif, par exemple au Spitzberg et dans la Salt Range.

L'étude du Trias alpin a nécessité l'établissement d'un certain nombre d'étages, que l'on a pu retrouver ensuite en dehors de l'Europe, en particulier dans l'Himalaya et dans l'Amérique du Nord.

Le Trias inférieur est représenté dans les Alpes par les couches de Werfen, qui sont devenues le type de l'étage *Werfenien* [0, 1]. Elles correspondent dans l'Inde à un ensemble de couches où l'on a pu distinguer une succession de plusieurs faunes bien individualisées, aussi a-t-on proposé, pour ces régions, une division du Trias inférieur en trois étages : le *Gangétien*, le *Gandarrien* et le *Jakoutien* [17].

Le Trias moyen a été divisé dans les Alpes en deux étages, le *Virglorien* [XXX, 23, 24], aussi appelé *Dinarrien* ou *Anisien* [3, 17] et le *Ladinien* [18, 19].

Le Trias supérieur comprend le *Carnien*, à la base, et le *Norien*, au sommet. Pendant longtemps, toutefois, E. von Mojsisovics [XI, 6], qui avait fort bien distingué les faunes spéciales à chacun de ces étages, avait placé le *Norien* au-dessous du *Carnien*, induit en erreur par les superpositions anormales qui sont la règle dans la région de Hallstatt. Le *Norien* occupait ainsi le niveau du *Ladinien* et, comme les faunes de ces deux étages sont bien différentes, le savant viennois les attribuait à deux provinces zoologiques différentes, la province méditerranéenne et la province juvavique. Plus tard, reconnaissant loyalement son erreur, il abandonnait la notion de deux provinces, mais proposait de remplacer le non de *Norien*, qui prêtait à confusion, par celui de *Juvavien*.

La division en zones du Trias marin rencontre des difficultés bien plus grandes, car jusqu'à présent il n'y a qu'un petit nombre des zones distinguées dans le Trias alpin que l'on ait pu retrouver en Inde ou dans l'Amérique du Nord et, inversement, les zones du Trias inférieur de l'Inde ne s'appliquent pas à l'Europe, où la partie supérieure du *Werfenien* est seule à renfermer des Céphalopodes. Il existe cependant deux horizons *interrégionaux* [XXX, 15] qui constituent d'excellents repères pour l'établissement des parallélismes, car on retrouve leur faune à la fois dans les Alpes, dans l'Himalaya et aux

États-Unis; ce sont : la zone à *Ceratites trinodosus*, au sommet du Virglorien, et la zone à *Tropites subbullatus*, au sommet du Carnien.

Si le nombre des espèces communes aux diverses régions est trop faible pour que l'on puisse baser les parallélismes sur une échelle unique de zones, il n'en est pas de même des genres et des familles, dont la distribution dans les couches triasiques est sensiblement la même dans les différents pays. Elle va nous permettre de caractériser d'une manière précise chacun des étages.

Le tableau ci-contre permet de se rendre compte de la répartition verticale des principales familles d'Ammonoïdés triasiques et il indique en même temps leur filiation avec les familles anthracolithiques et leurs relations génétiques réciproques. Il est nécessaire de donner quelques détails sur ces deux points [XXXV, 9; 3, 9].

Il est probable que les quatre phylums entre lesquels sont répartis les Ammonoïdés du Carbonifère et du Permien ont donné naissance à des descendants triasiques.

Pour les *Glyphioceratidæ*, il n'y a plus aujourd'hui de doute à cet égard [XXXV, 9]. Plusieurs rameaux triasiques dérivent certainement de ce phylum, les deux plus importants sont les *Arcestidæ* et les *Tropilidæ*. Le premier a déjà des représentants dans le Permien; on ne lui en connaît point encore dans le Trias inférieur, mais on en trouve dans le Trias moyen, où il reparaît brusquement, aussi bien en Europe qu'en Inde. Il comprend deux sous familles ou tribus : les *Arcestinæ*, dont le type est le genre *Arcestes* et dont les ancêtres directs ne peuvent être spécifiés, et les *Joannitinae*, dont le type, *Joannites*, descend directement du genre permien *Cyclolobus* (fig. 269). D'autres familles, voisines des *Arcestidæ* par leur mode d'enroulement et par la longueur de leur dernière loge, ont une filiation beaucoup moins évidente. Le genre permien *Popanoceras*, voisin de *Stacheoceras* (fig. 257), doit être envisagé comme la forme ancestrale de *Megaphyllites* et peut-être aussi de *Procladiscites*, type primitif de la famille des *Cladiscitidæ*, mais aucun de ces genres n'a été trouvé jusqu'ici dans le Trias inférieur.

Les *Ptychilidæ*, descendants probables des *Münsteroceras* du Dinantien, apparaissent au Trias inférieur avec *Nannites*, dont les cloisons sont encore au stade goniolitique, et *Prosphingites*, à cloisons prionidiennes, c'est-à-dire en dent de scie; mais les formes triasiques, et en particulier *Ptychites*, ne sont connues qu'à partir du Trias moyen.

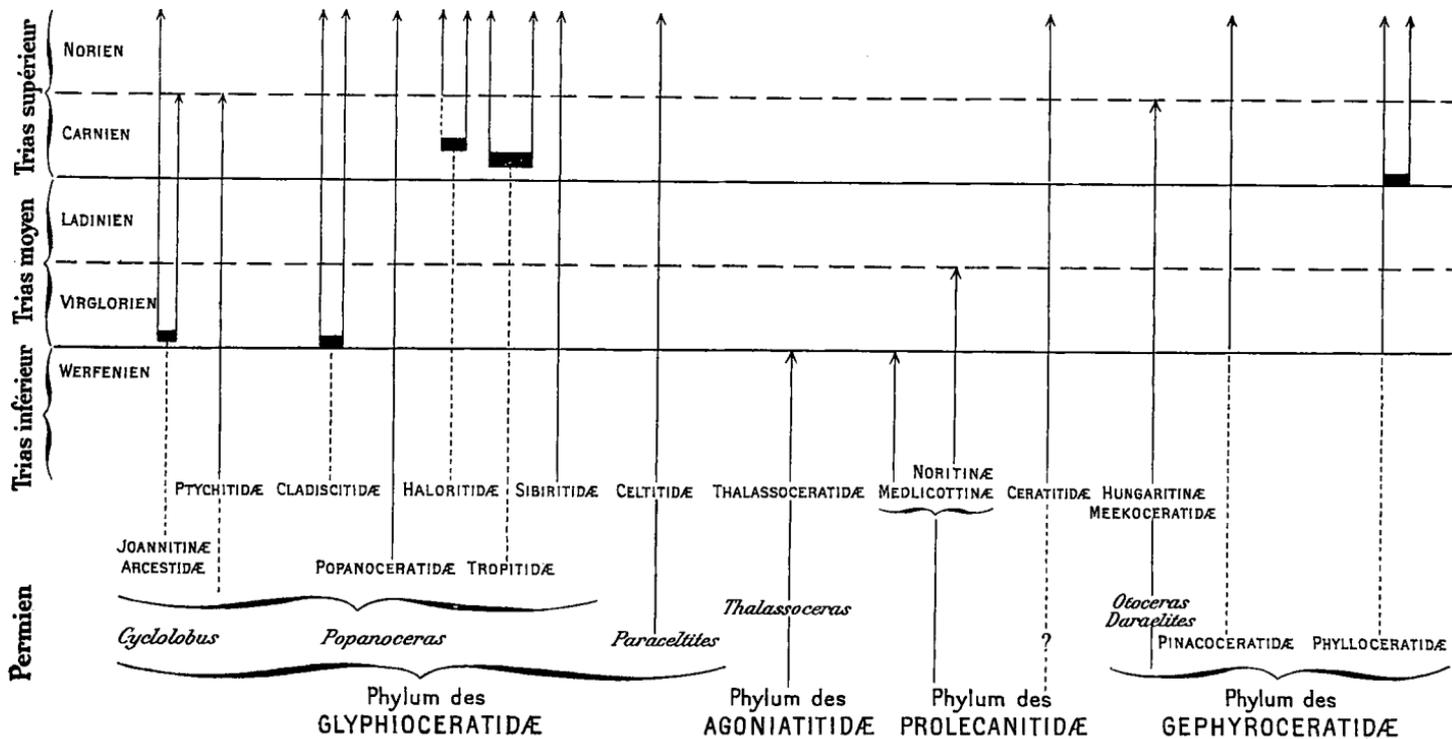
La lacune qui sépare les *Tropilidæ* (fig. 278) et les *Hatoritidæ* (fig. 281), qui en sont très voisins, de leurs ancêtres anthracolithiques est encore plus grande que dans les cas précédents, car ces deux familles apparaissent brusquement au début du Carnien, et cependant leur dérivation des *Glyphioceratidæ* est prouvée par l'évolution individuelle de leurs représentants, qui les rattache directement à *Glyphioceras* et *Pericyclus*. L'ornementation s'est beaucoup développée, rappelant celle des Ammonites jurassiques, mais les cloisons sont restées simples, tout au moins en ce qui concerne le nombre des lobes et des selles.

Il existe cependant deux familles très voisines des *Tropilidæ*, les *Sibiritidæ* et les *Celtitidæ*, qui apparaissent dès la base du Trias et dont la présence

# FILIACTION ET RÉPARTITION STRATIGRAPHIQUE DES PRINCIPALES FAMILLES D'AMMONOÏDÉS TRIASIQUES

Haug. Traité de Géologie.

(P. 858-859.)



Les grosses barres horizontales indiquent l'apparition de genres cryptogènes.

diminue dans une certaine mesure l'hiatus qui sépare les *Glyphioceratidæ* des *Tropitidæ*, d'autant plus que dans le Permien de Sicile se trouve le genre *Paracellites*, dont les affinités avec *Glyphioceras* sont encore très grandes.

La descendance triasique des *Agoniatitidæ* est beaucoup moins nombreuse que celle des *Glyphioceratidæ*. Elle est limitée au genre *Ussuria*, du Trias inférieur, qui dérive directement de *Thalassoceras* (fig. 258, e).

Les *Prolecanitidæ*, qui avaient pris un tel essor au Permien avec *Pronorites* et ses descendants, ont encore quelques représentants au Trias, mais aucun d'eux n'accroît encore davantage la singulière évolution qui avait conduit à *Medlicollia*.

Il convient de dire ici quelques mots de la vaste famille des *Ceratitidæ*, qui, telle que la définissent beaucoup d'auteurs, comprend près de la moitié des Ammonoïdés triasiques. On y range non seulement des formes à cloisons prionidiennes, qui en constituent la grande majorité, mais encore des formes qui en dérivent et dont les selles sont plus ou moins découpées, comme *Trachyceras* (fig. 279), *Heracilites*, *Distichites*. Les spécialistes ne sont pas d'accord sur

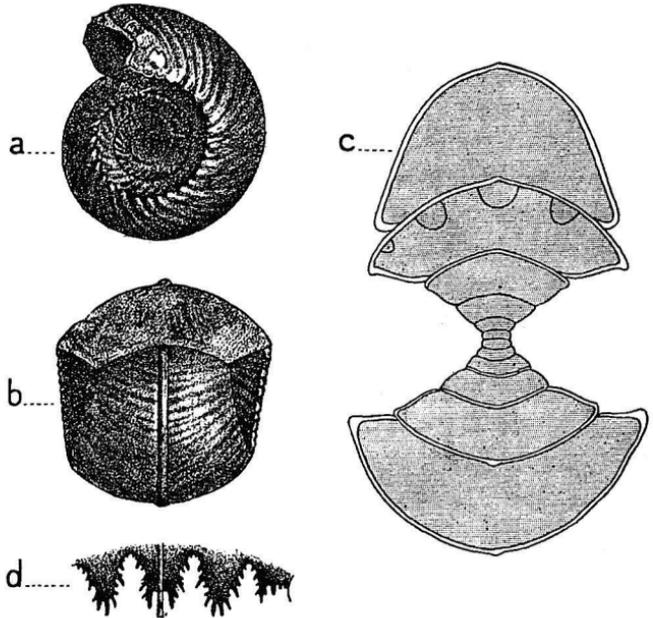


Fig. 278. — *Tropites subbullatus* (d'après E. von Mojsisovics). Carnien supérieur. Raschberg près Aussee, Styrie.

a, vue de face; b, vue de la région ventrale; c, section transversale d'un exemplaire adulte; d, cloisons.

l'origine de la famille et il est probable que l'on se trouve en présence d'un ensemble très hétérogène. D'ailleurs on connaît des genres à cloisons prionidiennes dans les familles les plus diverses, chez les *Plychitidæ* (*Prospingites*), chez les *Sibiritidæ* (*Thelidites*), chez les *Cellitidæ* (*Cellites*), chez les descendants de *Beloceras* (*Prodromites*) et chez certains *Prolecanitidæ* (*Daraelites*). Nous avons séparé provisoirement, suivant l'exemple de divers auteurs, les *Meekoceratidæ* des *Ceratitidæ* vrais. Ceux-ci, dont le point de départ est *Tirolites*, du Trias inférieur, dériveraient, d'après Perrin Smith [9], d'une forme à cloisons de Goniatite, voisine de *Prolecanites*, tandis que ceux-là, auxquels nous rattachons les *Hungarinitæ* et les *Gymnitinæ*, sont maintenant assez généralement envisagés comme des descendants des *Nomismoceras* anthracolithiques [XXXV, 9].

Les *Ceratitidæ* proprement dits aboutissent à des formes extrêmement ornées, mais à cloisons relativement simples, et certains rameaux subissent même une évolution régressive, qui se traduit par un retour à des cloisons du type Goniatite (*Clydonites*, *Polycyclus*) ou, par un relâchement

de la spire (*Choristoceras*), conduisant à des formes droites (*Rhabdoceras*)

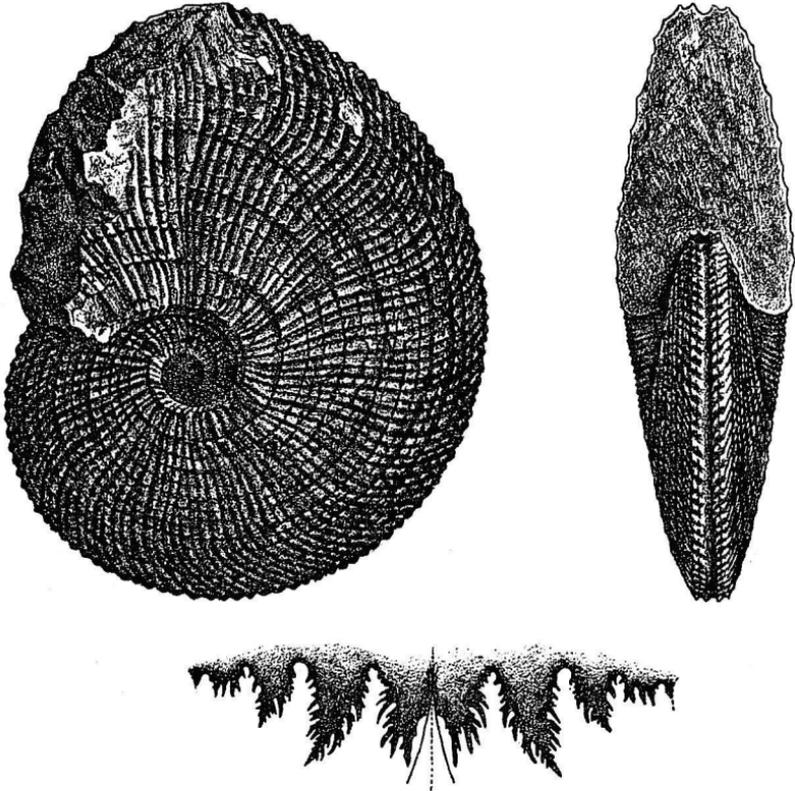


Fig. 279. — *Trachyceras aonoides* (d'après E. VON MOJSSISOVICS).  
Marbre carnien à *Lobites ellipticus*, du Feuerkogel, près Aussee, Styrie. 3/4 gr. nat.

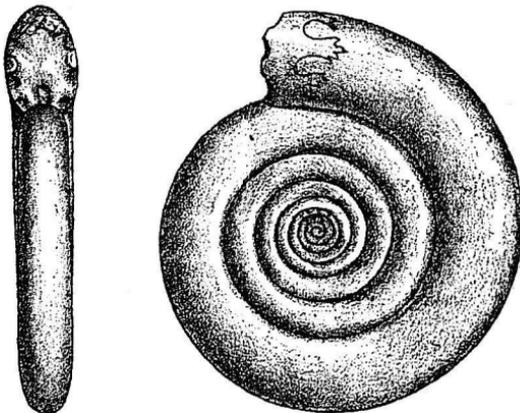


Fig. 280. — *Monophyllites Confucii* (d'après C. DIENER).  
Virglorien, Chitichun, Himalaya. Gr. nat.

ou turriculées (*Cochloceras*).

Les *Meekoceratidæ* sont représentés déjà au Permien par *Xenaspis* et *Paralecanites*. Ils atteignent leur maximum au Trias inférieur et aboutissent au Trias moyen, avec les *Gymnitinæ*, à des genres à cloisons très découpées et à tours tranchants. C'est une véritable série progressive.

D'autres descendants de *Nomismoceras*, les genres *Monophyllites* (fig. 280) et *Discophyllites*, ancêtres des *Ægoceratidæ* et des *Phylloceratidæ* jurassiques, évoluent dans le même sens, quoique avec une moins grande rapidité. *Mono-*

luent dans le même sens, quoique avec une moins grande rapidité. *Mono-*

*phyllites* apparaît brusquement au début du Trias moyen, *Discophyllites*, au Norien. Ce sont des genres cryptogènes, dont les relations avec *Nomismoceras* ou peut-être avec *Gephyroceras* sont très vraisemblables, car le mode d'enroulement qui caractérise leur coquille ne se rencontre dans aucun autre phylum.

Enfin, un autre rameau des *Gephyroceralidæ* conduit de *Beloceras*, du Dévonien, par *Prodromites*, du Dinantien, et *Hedenstrœmia*, du Trias inférieur, à des formes du Trias moyen et supérieur, dont les cloisons vont en se compliquant de plus en plus et qui constituent la famille des *Pinacoceralidæ*. Le terme ultime de cette évolution éminemment progressive est le genre *Pinacoceras*, représenté au Norien par une espèce géante, *Pinacoceras Mellernichi*, à tours extrêmement tranchants, dont la cloison atteint, à la fois comme nombre d'éléments et comme degré de découpeure, à peu près le maximum de complication que l'on connaisse chez les Ammonoidés.

Nous pouvons maintenant préciser les caractères particuliers que possèdent les faunes d'Ammonites spéciales à chacun des étages successifs du Trias.

Le Trias inférieur est relié par les *Meekoceratidæ* au Permien supérieur, où cette famille possède déjà quelques représentants. Par contre, les *Ceratilitidæ* n'ont pas d'ancêtres permien connus. Ils apparaissent brusquement au début du Trias inférieur, avec les genres *Dinarites*, *Tirolites* et *Donubites*. Le genre *Hedenstrœmia* représente les *Pinacoceralidæ*. Toutes ces formes ont des cloisons prionidiennes. Seuls *Episageceras* et *Pseudosageceras*, qui appartiennent aux *Medlicollinæ*, et *Ussuria*, qui est un dernier descendant des *Thalassoceratidæ*, sont dicranidiens. Aucun genre éotriasique ne possède de cloisons triæniennes.

Le début du Trias moyen est marqué par l'arrivée brusque des *Arcestidæ*, qui font encore entièrement défaut dans le Trias inférieur. En même temps apparaissent *Ptychites*, *Monophyllites*, dont on ne connaît aucun représentant éotriasique. *Megaphyllites* débute un peu plus haut avec *Procladiscites*, *Sturia* et *Pinacoceras*. Les *Meekoceratidæ* proprement dits deviennent rares, mais les *Gymnitinæ* atteignent un grand développement dans le Virglorien et se continuent dans le Ladinien. Les *Ceratilitidæ* sont de plus en plus abondants; le genre *Ceratiles* lui-même atteint son maximum, et les formes ornées, à selles légèrement découpées, telles que *Balatonites*, *Protrachyceras*, *Acrochoridiceras*, *Arpadites*, commencent à jouer un rôle assez considérable. *Joaninites*, qui descend sans doute directement du genre permien *Cyclolobus*, n'apparaît qu'au Ladinien.

Au début du Trias supérieur, on assiste à l'invasion simultanée des mers alpines, de l'Himalaya et de l'Ouest des États-Unis par plusieurs genres cryptogènes, qui acquièrent tout de suite une grande importance dans la faune. Ce sont, parmi les *Halorilitidæ*, *Jovites* et *Juvavites*, parmi les *Tropilitidæ*, *Anatomites*, *Isculites*, *Tropites* (fig. 278), *Margarites*, *Sibyllites*. Aucun représentant de ces deux familles n'est connu dans des couches antérieures. En même temps, les *Cellitidæ* et les *Ceratilitidæ* richement ornés prennent un grand développement, et à *Monophyllites* s'associe le genre *Discophyllites*, également cryptogène. La faune carnienne est en outre remarquable par le fait qu'un grand nombre de genres, qui avaient atteint leur maximum au Trias moyen, se rencontrent pour la dernière fois.

Le début du Norien est également marqué par l'apparition de genres cryptogènes, dont les principaux sont *Halorites* (fig. 281), *Didymites*, *Dionites*, *Phormedites*, *Drepanites*, *Heraclites*. Cet étage est caractérisé en outre par la présence des genres régressifs *Rhabdoceras* et *Cochloceras* et par le maximum des genres *Pinacoceras* et *Placites*. Dans tout le Trias supérieur des Alpes

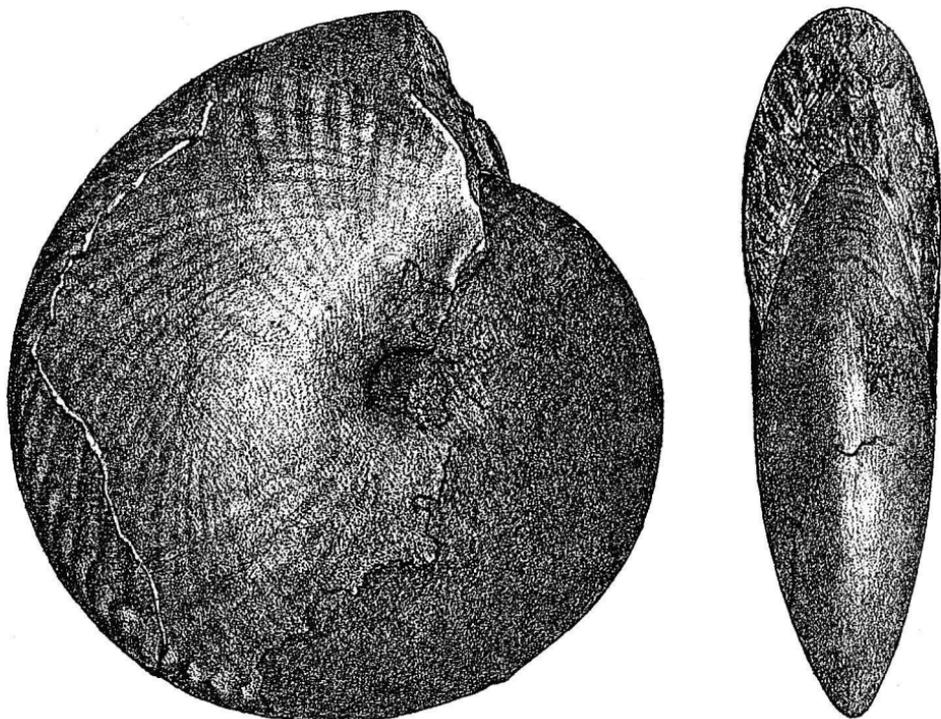


Fig. 281. — *Halorites superbus* (d'après E. von Mojsisovics).  
Marbres rouges noriens. Someraukogel près Hallstatt. 3/4 gr. nat.

orientales, les représentants du genre *Arcestes* jouent un rôle tout à fait prédominant, et comme nombre d'espèces et comme nombre d'individus.

En résumé, la faune triasique s'est enrichie à trois reprises d'éléments nouveaux cryptogènes; ces invasions, si l'on fait abstraction de celle du début de la période, sont celles du Virglorien, de la base du Carnien et du début du Norien. La division du Trias en trois groupes se trouve par le fait étayée sur des bases paléontologiques sérieuses, au moins en ce qui concerne les Ammonoidés, car la répartition verticale des autres Invertébrés et celle des Vertébrés ne sont pas connues encore d'une manière suffisamment précise pour permettre de confirmer ou d'infirmer les conclusions tirées de l'étude des Céphalopodes, qui sont à rapprocher de celles que nous avons formulées à propos du Dévonien.

## 2° RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET PRINCIPAUX TYPES

EUROPE CENTRALE ET OCCIDENTALE (TRIAS GERMANIQUE). — A l'époque Permienne, la mer s'est retirée graduellement de la plate-forme Russe et elle s'est trouvée refoulée sur le bord est et sur le bord sud, sur le versant occidental de l'Oural et dans le bassin du Donetz. Les lagunes situées entre la plate-forme Russe et l'Oural ont encore persisté au début du Trias, mais elles n'ont pas tardé à être complètement asséchées. Dans le bassin du Donetz et dans toute la Russie méridionale, on ne connaît aucune trace de dépôts triasiques et c'est le Jurassique ou le Crétacé qui repose directement sur le Permien, sur le Carbonifère ou sur les schistes cristallins. La région émergée qui comprenait le massif Finno-Scandinave et la plate-forme Russe s'étendait donc au sud jusqu'à la mer d'Azof.

Au sud du massif Finno-Scandinave, on rencontre le Trias supérieur en Scanie; le Trias inférieur est connu dans l'île d'Helgoland, et les trois termes du système affleurent en divers points, ou ont été atteints par des sondages sur toute l'étendue de la plaine de l'Allemagne du Nord. On les retrouve en Pologne et dans la Haute-Silésie. Il existait donc sur l'emplacement des plissements calédoniens une dépression dont l'axe était dirigé N.W.-S.E. et qui était occupée par la mer triasique, comme elle l'était par la mer permienne. Vers l'ouest, elle se prolongeait en Angleterre; vers le sud-est, elle communiquait par la Bukowine et la Dobrogea avec les mers de l'Europe méridionale.

Le massif Ardennais et le massif de Bohême constituaient, au sud de cette dépression marine, deux terres émergées, correspondant à des aires de surélévation des plissements varisques. Entre ces deux massifs, la mer pénétrait vers le sud et c'est suivant l'axe N.-S. de cette dépression transversale qu'elle semble avoir présenté son maximum de profondeur. Plus au sud, la mer recouvrait toute l'étendue de la chaîne du Jura, elle baignait le bord est du Plateau Central et atteignait, par le bassin du Rhône, la Basse-Provence, où le Trias présente le type classique de l'Allemagne du Sud.

Tout le long de la zone des plissements alpins et dinariques existait un géosynclinal sinueux, qui contournait quelques massifs anciens, résultant de surélévations transversales des plissements carbonifères.

Pour bien nous rendre compte des conditions de sédimentation des mers triasiques de l'Europe occidentale, nous allons d'abord décrire la succession classique du Trias germanique, en prenant notre type dans le Centre et le Sud de l'Allemagne; nous étudierons ensuite ses modifications dans les différentes directions : à l'est, c'est-à-dire en Silésie; à l'ouest, c'est-à-dire en Angleterre et en Normandie; puis sur les bords du massif Ardennais et à l'approche du massif de Bohême; nous suivrons ensuite la bordure du Plateau Central et nous donnerons un aperçu sommaire du Trias dans le Sud-Ouest de l'Europe et dans l'Afrique du Nord. C'est alors seulement que nous aborderons l'étude du Trias alpin.

*Allemagne centrale et méridionale.* — Depuis le Weser Gebirge, au nord, jusqu'au pied de la Forêt-Noire, au sud, s'étend, sans discontinuité aucune, à travers le Hanovre, la Thuringe, la Franconie et la Souabe, une large zone d'affleurements triasiques. C'est là que nous prendrons le type du Trias germanique [1, 2, 20-30].

Le TRIAS INFÉRIEUR ou BUNTSANDSTEIN fait suite en concordance au Zechstein, sauf dans la Forêt-Noire et dans les Vosges méridionales, où il est transgressif et quelquefois discordant sur le Permien moyen. Il débute par des schistes argileux rouges très fissiles et par des grès à grain fin, dans lesquels s'intercalent, sur le pourtour du Harz, des bancs de calcaire oolithique. La partie moyenne est constituée par des grès grossiers sans fossiles. La partie supérieure comprend, dans le Hanovre et en Thuringe, des argiles rouges ou vertes, avec gypse et dolomies, qui sont connues sous le nom de *Röth* [23]. C'est une formation lagunaire, avec fossiles marins, tels que *Rhizocorallium jenense*, *Myophoria costata*, *M. vulgaris*, *Myoconcha Goldfussi*, *Hærnesia mytiloides*, *H. costata*, *Monolis Albertii*, *Lingula tenuissima*.

On y trouve même un Ammonoïdé, *Beneckeia tenuis*, qui caractérise un niveau assez constant dans la partie moyenne, où les fossiles marins sont particulièrement abondants et forment quelquefois une véritable lumaçelle. Dans les couches plus lagunaires de la base et du sommet s'intercalent des grès à *Chirotherium*, empreintes de pas qui indiquent une émerison temporaire assez générale. C'est dans ces mêmes couches que l'on a trouvé à Bernburg des têtes de *Trematosaurus* et de *Capilosaurus*.

Le TRIAS MOYEN ou MUSCHELKALK constitue un ensemble de couches calcaires avec intercalations de formations lagunaires, qui présente, sur de grandes étendues, une succession de plusieurs termes remarquablement constants. On distingue généralement les subdivisions suivantes :

1° Le *Wellenkalk*, série calcaire et dolomitique, qui tire son nom de la surface fréquemment ondulée de ses couches. Les fossiles y sont très abondants, surtout comme nombre d'individus, dans certains bancs remarquablement constants, caractérisés chacun par la prédominance d'une ou de plusieurs espèces spéciales. Ainsi on distingue entre autres, de bas en haut, des bancs à *Lingula tenuissima*, à *Dentalium*, à *Cænothyris Ecki*, à *Cænothyris vulgaris*, à *Spiriferina fragilis*, à *Spiriferina hirsuta*, à *Myophoria levigata*, à *Myophoria orbicularis* [25]. *Spirigera trigonella*, *Lima lineata*, *Hærnesia socialis*, *costata* sont très communs à divers niveaux. Plusieurs de ces espèces montent jusque dans le Muschelkalk supérieur. Les Crinoïdes sont représentés par les genres *Encrinurus*, *Dadocrinus*, *Holocrinus*. Les Ammonoïdés sont toujours rares, à l'exception de *Beneckeia Buchi*, qui est probablement un descendant direct de *Beneckeia tenuis* du Trias inférieur. Les espèces suivantes sont très intéressantes, car elles sont très voisines d'espèces virgloiriennes des Alpes; quelques-unes même leur sont identiques : *Ceratites trinodosus*, *antecedens*, *Balatonites Ottonis*, *Acrochordiceras Damesi*, *Ptychites dux*, etc. Ces formes proviennent d'ailleurs presque toutes des environs de Berlin ou de la Haute-Silésie, c'est-à-dire de points situés en dehors de la région qui nous occupe en ce moment, mais *Ceratites antecedens* a été rencontré jusque dans la Forêt-Noire [25 bis].

2° Le groupe de l'anhydrite, qui tire son nom de la présence fréquente, à ce niveau, de formations lagunaires avec anhydrite et sel gemme. En général, ce sont les dolomies cloisonnées et les marnes qui prédominent. Les fossiles sont rares et appartiennent exclusivement à des groupes qui supportent de grandes variations dans la salure des eaux.

3° Le *Muschelkalk proprement dit* ou *Hauptmuschelkalk* comprend :

- a) Les calcaires à *Encrinurus liliiformis*, véritables calcaires à entroques, avec *Cænothyris vulgaris*, *Lima striata*, *Placodus gigas*, etc.;
- b) Les calcaires compacts à *Pemphix Sueuri*;
- c) Les calcaires à *Ceratites nodosus*, en bancs réguliers, alternant avec des

couches marneuses, avec *Hærnesia socialis*, *Pecten discites*, *Myophoria vulgaris*, *Germanonutilus bidorsatus* (avec ses deux mâchoires calcaires décrites sous les noms de *Rhyncholites hirundo* et *aviostris*), *Ceratlites nodosus* et ses nombreuses variétés [10];

d) Les calcaires à *Ceratlites semipartitus*.

4° Le groupe de la *Lettenkohle*, ainsi nommé parce qu'il renferme quelquefois des couches de charbon. C'est une formation lagunaire, qui, pour cette raison, est rangée par la plupart des géologues allemands dans le Keuper, mais on y observe jusqu'au sommet des récurrences de niveaux marins, dont la faune renferme les Lamellibranches les plus caractéristiques du Muschelkalk proprement-dit.

Dans les couches saumâtres, gréseuses ou marneuses, on rencontre surtout *Anodontophora lettica*, *Lingula tenuissima*, *Estheria minula*, et des empreintes végétales (*Danæopsis marantacea*, *Equisetum arenaceum*, *Pterophyllum longifolium*, etc.). Les couches marines renferment, surtout dans la dolomie-limite du sommet, *Myophoria Goldfussi* et c'est à ce niveau qu'a été recueilli également *Thuringonutilus jugalonodosus*, ainsi qu'un unique exemplaire de *Ceratlites Schmidii*. Les restes de Vertébrés sont assez fréquents dans la Lettenkohle (*Nothosaurus*, *Mastodonsaurus*, *Ceralodus*).

Le TRIAS SUPÉRIEUR OU KEUPER est exclusivement lagunaire. Les argiles bariolées avec gypse et sel gemme y alternent avec des bancs dolomitiques et avec des couches de grès. Sous l'influence d'un climat extraordinairement sec, la mer se transforme en un vaste bassin d'évaporation, où se dépose du gypse et quelquefois du sel. De vastes étendues sont momentanément envahies par des dunes, où vivaient des Reptiles terrestres (*Psammochelys*, *Zanclodon laevis*, *Aëtosaurus ferratus*). Mais des cours d'eau charriaient également dans la lagune, au moment des crues, des débris végétaux.

Les grès à empreintes végétales sont connus sous le nom de *Schilfsandstein* (grès à roseaux). Ils ont fourni une flore assez riche (*Lepidopteris stuttgartensis*, *Danæopsis marantacea*, *Equisetum arenaceum*, *Pterophyllum Jægeri*). D'autres grès renferment surtout des Poissons ganoïdes du genre *Semionotus*.

A certains moments, le degré de salure de la lagune permettait aux Mollusques marins de vivre, c'est ainsi qu'on trouve dans un niveau calcaire, situé à la base du Keuper, *Myophoria Raibliana* et *Myophoriopsis Rosthorni*, Lamellibranches caractéristiques des couches de Raibl, c'est-à-dire du Carnien inférieur des Alpes orientales, tandis qu'un niveau dolomitique plus élevé renferme des Gastéropodes, avec *Perna Keuperina* et *Avicula Gansingensis* [27].

*Haute-Silésie et Pologne.* — Les affleurements triasiques de la Haute-Silésie, qui s'étendent vers le sud-est jusqu'à Cracovie, et ceux de la Pologne russe, présentent un type spécial, qui indique, au moins pour le Virglorien, l'existence de communications, par cette région même, de la mer du Centre de l'Allemagne avec l'Europe méridionale [28, 29].

Le Trias inférieur, qui repose directement sur le Carbonifère, est peu puissant, mais il ne diffère pas beaucoup de celui de la Thuringe ou des bords du Harz.

Dans le Trias moyen, c'est le Wellenkalk qui est le mieux développé. Il atteint 160 m d'épaisseur et les fossiles y sont très abondants dans toute la série. Plusieurs espèces de Brachiopodes, telles que *Spirigera trigonella*, *Mentzelia Mentzeli*, *Rhynchonella decurtata*, qui caractérisent le Virglorien des

Alpes méridionales, y sont extrêmement fréquentes. *Dadocrinus gracilis* occupe le même niveau dans les deux régions. *Diplopora annulata*, qui fait entièrement défaut dans le Centre de l'Allemagne, forme en Silésie et en Pologne de véritables calcaires phytogènes, transformés en dolomie postérieurement au dépôt, comme dans les Alpes. On a trouvé enfin, dans le Wellenkalk de Silésie, des restes de Reptiles et de Poissons extrêmement variés.

Le groupe de l'anhydrite est représenté par des marnes dolomitiques sans fossiles. Au Muschelkalk proprement dit correspondent les calcaires de Rybna, où *Ceratites nodosus* est remplacé par *Ceratites compressus*. Les dolomies et les argiles de la Lettenkohle sont peu fossilifères.

Le Keuper présente un faciès tout à fait spécial. On n'y observe aucune formation de précipitation chimique; en revanche, des calcaires d'eau douce ont fourni des *Paludina* et des *Unio* et l'on a pu y exploiter des lignites, recouverts d'argiles à concrétions de sidérose, qui renferment une flore assez riche.

*Allemagne du Nord-Ouest et Scanie.* — La limite septentrionale de la mer triasique de l'Allemagne du Nord peut être fixée approximativement à la Baltique, car le Trias inférieur et le Trias moyen sont inconnus en Scanie, où les marnes bariolées du Trias supérieur sont transgressives. Par contre, le Muschelkalk est très bien développé à Rüdersdorf, près Berlin [30], et aux environs de Lüneburg. Dans l'île d'Helgoland, des grès rouges, concordants avec le Zechstein, constituent les falaises sur une partie de leur hauteur et représentent le Trias inférieur. Le Muschelkalk n'existe plus qu'à l'état de lambeaux ou de blocs isolés.

*Grande-Bretagne.* — En Angleterre, le Trias forme une bande continue, en bordure des terrains primaires, depuis le comté de Durham, au nord, jusqu'au Devonshire, au sud. Il repose en concordance sur le Permien, mais il est transgressif. On y distingue depuis longtemps deux divisions, l'inférieure gréseuse, assimilée au Grès Bigarré, la supérieure gréseuse et marneuse, assimilée au Keuper; toutefois, la série ne présentant aucune trace de discontinuité, le Trias moyen peut être considéré comme faisant défaut, mais il ne se trouve pas à l'état calcaire et correspond aux grès supérieurs de la division inférieure et aux grès attribués à tort au Keuper. Les fossiles les plus répandus dans cette série continentale sont des Végétaux et des Vertébrés, et c'est sur ces derniers que F. von Huenc [31] a pu établir les parallélismes avec le Trias de l'Europe centrale.

Ainsi les *Lower Keuper Sandstones* des auteurs anglais et le conglomérat dolomitique de Bristol, à ossements de Dinosauriens (*Thecodontosaurus*, *Palæosaurus*, *Rileya*) correspondent à la Lettenkohle. Il en est de même des grès à *Steganolepis* d'Elgin, en Écosse, avec *Hyperodapedon*, *Telerpeton*, etc., qu'il ne faut pas confondre avec les grès à *Elginia* et *Gordonia* de la même localité, qui sont permien.

*Massif Armoricain.* — Sur les terrains anciens du Cotentin reposent en plusieurs endroits des grès, des poudingues et des marnes rouges, que l'on attribue sans preuves paléontologiques au Trias. Ils sont concordants avec le Permien, mais débordent transgressivement au delà des dépressions du soubassement antécarbonifère qu'occupe ce terrain [XXXIV, 41].

*Pourtour de l'Ardenne et région Vosgienne.* — Dans la région centrale de l'Ardenne, le Trias n'est représenté que par des conglomérats d'origine fluviale à très gros éléments, les conglomérats de Malmédy.

Sur le bord septentrional du massif schisteux Rhénan, le Trias inférieur

est transgressif, il repose sur le Dévonien et ne dépasse pas Commern vers le sud. La mer du Muschelkalk, par contre, se serait étendue, d'après Blanckenhorn, sur une grande partie de l'Eifel et il en aurait été de même de la mer du Keuper [32].

Sur le bord méridional de l'Ardenne, le Trias prend, dans le grand-duché de Luxembourg, un faciès littoral nettement accentué, comme le montrent les belles recherches de L. van Werveke [33]. Le Grès Bigarré inférieur manque et le Grès supérieur, représenté par des alternances de grès argileux, de conglomérats, de marnes violacées, de couches dolomitiques, s'appuie directement sur le Dévonien. Le Muschelkalk inférieur fait également défaut et le groupe de l'anhydrite est constitué par des grès et des marnes sableuses. Le Muschelkalk proprement dit devient lui aussi sableux et diminue d'épaisseur.

*Ceratiles nodosus* se trouve à Gilsdorf, près Diekirch, dans un grès dolomitique. Quant à la Lettenkohle, elle est représentée par des grès et s'étend en transgression vers l'ouest, de manière à venir reposer à Rossignol, dans le Luxembourg belge, sur le Grès Bigarré supérieur. Dans le Keuper, on distingue deux séries de marnes irisées, dont la supérieure marque le maximum de la transgression, puisqu'elle débordé même au delà de la Lettenkohle et repose à Nobressart sur les terrains anciens. Il est manifeste que le massif Ardennais s'est enfoncé par saccades sous les eaux de la mer triasique.

Pour certains niveaux, le caractère littoral des dépôts persiste jusqu'à une distance assez considérable du rivage, mais il est probable qu'au large se trouvaient encore des îles ou des hauts fonds. Ainsi à Sierck, dans le Nord de la Lorraine, la Moselle a entamé un écueil dévonien, qui est entouré par le Grès Bigarré et n'a été entièrement recouvert par les eaux qu'au Muschelkalk moyen. Dans les Vosges septentrionales, on n'observe rien de pareil, la série triasique est complète et elle est concordante à la base avec le Permien. Ce n'est que bien plus au sud, dans les Vosges méridionales, que le Grès Bigarré est de nouveau transgressif et même, en quelques points, discordant avec le Permien. On croyait autrefois que les Vosges étaient, au moins en partie, émergées, sinon au Trias inférieur, du moins au Trias moyen et supérieur, mais la découverte, faite par L. van Werveke, à Aubure, à 740 ou 750 m d'altitude, d'un lambeau isolé de Grès Bigarré supérieur et de Muschelkalk inférieur pincé entre deux failles, montre bien que les Vosges granitiques étaient recouvertes par la mer du Trias (pl. XCII, 1). Il est nécessaire d'examiner de plus près la série des couches triasiques dans les Vosges [34], car elle diffère par quelques particularités essentielles de la série classique de l'Allemagne centrale.

Les différences portent surtout sur les termes inférieurs.

Le TRIAS INFÉRIEUR comprend deux divisions qui sont entièrement continentales et ne présentent aucune intercalation marine qui puisse être comparée au Röh [35].

La division inférieure est connue sous le nom de *Grès Vosgien*. C'est un grès rouge foncé ou rosé, à grains siliceux cimentés par du sesquioxyde de fer et par de petits cristaux de quartz qui scintillent au soleil. La stratification est tantôt régulière, tantôt entrecroisée et indique alors des actions torrentielles (fig. 282). Les fossiles font entièrement défaut. De petits amas d'oxyde de manganèse abondent dans la partie inférieure, où les grès prennent ainsi un aspect moucheté. Les galets isolés sont assez fréquents; on en rencontre souvent qui sont constitués par de l'argile rouge.

A la base et au sommet, se trouvent des conglomérats assez puissants, qui forment les rochers les plus pittoresques des Vosges et qui portent souvent des ruines féodales (pl. LXXXVIII, 1). Le conglomérat inférieur est polygénique et augmente d'épaisseur vers le nord; ses éléments paraissent provenir du massif schisteux Rhénan. Il repose en concordance sur des grès lie-de-vin, argileux<sup>1</sup>, que la plupart des auteurs attribuent au Trias, mais qui renferment, dans le Palatinat, ainsi qu'il a été dit plus haut (p. 796), des intercalations de bancs dolomitiques semblables au Zechstein et doivent, par conséquent, être attribués au Permien supérieur. Le conglomérat supérieur ne contient que des galets siliceux, quelquefois éclatés (v. chap. XV, p. 229). Il augmente d'épaisseur vers le sud et doit vraisemblablement son origine à des cours d'eau torrentiels qui descendaient

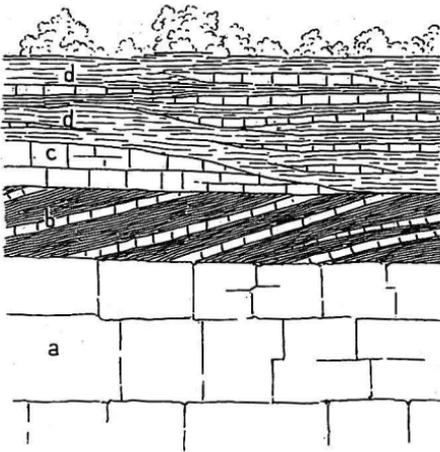


Fig. 282. — Stratification torrentielle dans le Grès Vosgien. Col du Pigeonnier, près Wissembourg, Alsace (d'après E. W. BENECKE).

a, grès en gros bancs exploités comme pierre de taille (grès blanc kaolineux); b, schistes argileux rouges avec bancs gréseux; c, bancs de grès blancs se terminant en biseau; d, schistes argileux sableux, avec bancs de grès rouges et blancs.

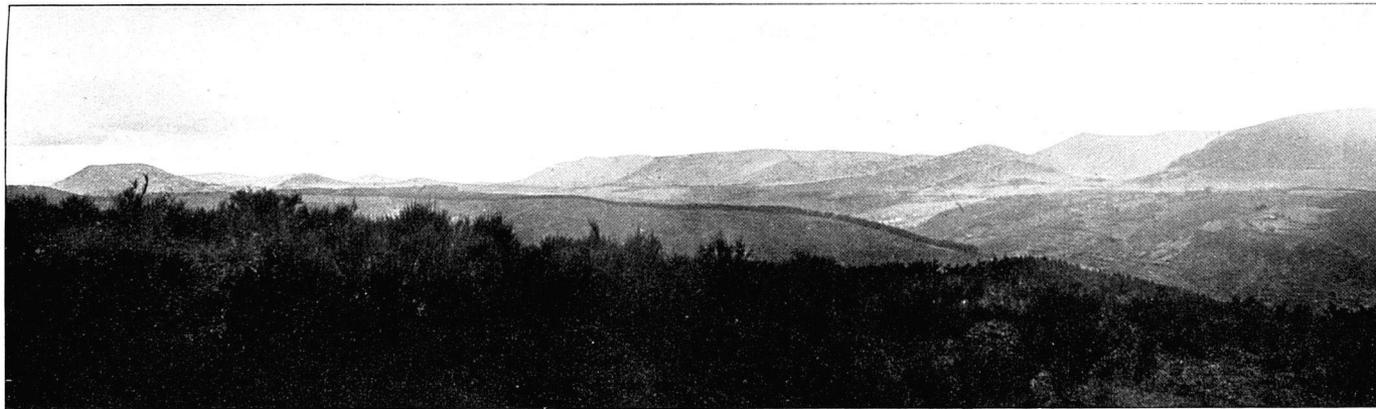
lie-de-vin, micacé, souvent dolomitique, dépourvu de fossiles et épais de 60 m environ. Les restes organiques sont localisés dans la partie supérieure, qui ne dépasse guère 15 m de puissance et qui est constituée par des alternances de grès gris ou rouges et d'argiles rouges et vertes. Les empreintes végétales sont assez communes à Soultz-les-Bains, en Alsace, à Commern, dans la Prusse Rhénane, et en divers points des départements des Vosges et de la Haute-Saône. Les espèces les plus caractéristiques sont *Anomopteris Mougeoti*, *Equisetum Mougeoti*, *Schizoneura paradoxa*, *Ethophyllum speciosum*, *Voltzia heterophylla*, *Albertia latifolia*. Les argiles ont fourni

d'une terre émergée, située au sud de la chaîne, au N. E. du Plateau Central. En divers points, les galets ont fourni des Graptolithes, dont le gisement original n'est pas connu (v. plus haut, p. 631).

Dans les Vosges septentrionales, l'épaisseur du Grès Vosgien est d'environ 400 m. Elle diminue graduellement vers le sud; au Hohnack, elle n'est plus que de 150 m. La partie inférieure n'est plus représentée. Autour d'Épinal et dans la Haute-Saône, le Grès Vosgien est réduit à son conglomérat supérieur (pl. XCII, 2, 3), qui a une vingtaine de mètres de puissance [37].

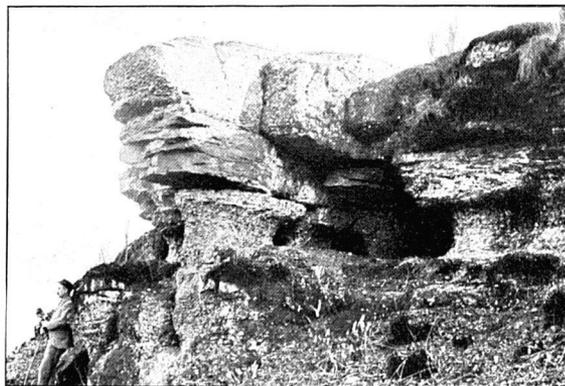
La division supérieure du Grès Bigarré a reçu le nom de *grès à Voltzia*: c'est le Grès Bigarré proprement dit des anciens géologues français. Sa partie inférieure (*Zwischenschichten*) est un grès argileux, rouge cerise ou

1. Dans les vallées des Basses-Vosges (pl. LVIII, 2) le fond plat est constitué d'ordinaire par les grès argileux du Permien supérieur, tandis que les buttes et les témoins rocheux (pl. LVIII, 1, 2) sont façonnés dans les couches de la moitié inférieure du Grès Vosgien. Le rocher du Falkenstein, qui nous a fourni de beaux exemples de structure alvéolaire (pl. XXXVIII), appartient à la même subdivision du Trias inférieur.

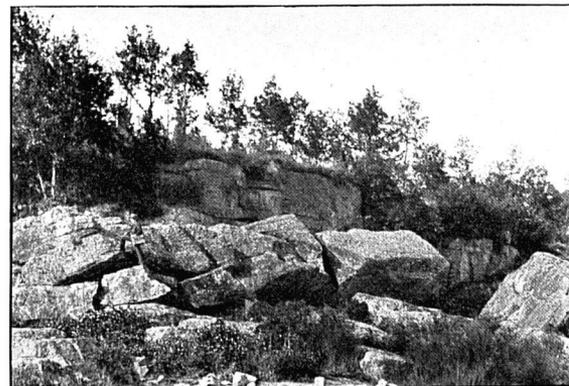


Cliché Émile Haug.

BORD MÉRIDIONAL DE LA COUVERTURE TRIASIQUE CONSERVÉE SUR LE POURTOUR DU MASSIF DU CHAMP DU FEU  
Vue prise du Mont Saint-Jean, près Fouday (Alsace). À gauche, outiers de cette couverture : Climont, Voyemont, Grand et Petit Allan.  
Au sommet affleurent les conglomérats supérieurs du Grès Vosgien.  
Le soubassement est constitué par le Grès rouge permien et par le Dévonien. Au premier plan : granite du Champ du Feu.



La Chatelaie, près Mélisey (Haute-Saône).



Clichés Ch. Vélain.

CONGLOMÉRATS DU GRÈS VOSGIEN.

La Bouloye, près Belonchamps (Haute-Saône).

des Crustacés d'eau douce : *Estheria minuta*, *Apus antiquus*, *Limulus Bronni*, *Galathea andax*, etc. Les restes de Vertébrés sont plus rares.

Le TRIAS MOYEN comprend les mêmes divisions que dans l'Allemagne centrale et méridionale (fig. 283). Le *Wellenkalk* est bien représenté sur les deux versants des Vosges septentrionales [36]; sa partie inférieure, et quelquefois l'étage tout entier, est remplacée par des grès (*Muschelsandstein*) qui renferment les mêmes Mollusques que les calcaires et les dolomies, ainsi que *Cænothyris vulgaris*, toujours très abondant. Ce faciès gréseux se rencontre jusque dans le département des Vosges (*grès de Ruauz*). Les influences littorales ne se font plus sentir plus haut. Le groupe de l'anhydrite est représenté par des marnes bariolées avec gypse et sel gemme en faible quantité, puis par des dolomies et des bancs de silex zonés. Le *Muschelkalk* proprement dit affecte exactement le même aspect qu'en Allemagne. A Luné-

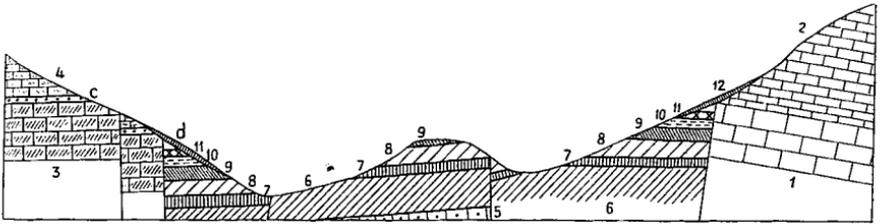


Fig. 283. — Coupe du fossé de Lembach, Alsace (d'après E. W. BENECKE).

1, grès argileux du Permien supérieur; 2, Grès Vosgien inférieur constituant le *horst* du Liebfrauenberg (pl. XVI, 2); 3, Grès Vosgien supérieur; c, conglomérat principal; 4, « Zwischenschichten »; 5, grès à *Voltzia*; 6, Wellenkalk inférieur gréseux; 7, Wellenkalk supérieur, dolomitique et calcaire; 8, Muschelkalk moyen, marnes bariolées; 9, id., dolomies à *Lingula*; 10, Muschelkalk à *Encrinurus liliiforis*; 11, Muschelkalk à *Ceratites nodosus*; 12, éboulis; d, limon quaternaire.

ville, le niveau supérieur, avec *Ceralites semipartitus* et *cinctus* de grande taille, est particulièrement bien développé. On y trouve aussi de nombreux ossements de *Nothosaurus*. La *Lettenkohle* est presque entièrement dolomitique; on n'y rencontre ni couches de lignites, ni plantes fossiles, mais elle renferme, comme en Souabe, un *bonebed* riche en restes de Poissons et de Reptiles.

Le TRIAS SUPÉRIEUR présente, sur la rive gauche du Rhin, les subdivisions suivantes :

- 1° Marnes à gypse et sel gemme, renfermant les gisements importants de Dieuze, Château-Salins et des environs de Nancy;
- 2° Grès du Keuper en masses lenticulaires;
- 3° Plaquettes dolomitiques (horizon de Beaumont);
- 4° Marnes rouges à nodules dolomitiques;
- 5° Marnes vertes et lie-de-vin avec bancs calcaires (*Steinmergelkeuper*) à Mollusques saumâtres.

Les niveaux 1 et 5 sont très constants, mais les niveaux 2-4 s'amincissent graduellement vers le nord et finissent par disparaître.

*Jura.* — Le Trias est particulièrement bien développé, avec ses trois termes, dans le Jura des Plateaux, au sud de la Forêt-Noire. Il ne diffère pas d'une manière essentielle du Trias des Vosges et de l'Allemagne méridionale. Dans les chaînes du Jura Argovien et du Jura Bernois, le Keuper et, plus rarement, le Muschelkalk affleurent dans le noyau des voûtes anticlinales. Dans le Jura français, et notamment dans la zone du Vignoble, le

Trias supérieur seul arrive à l'affleurement. Le Sel est atteint par des sondages et confère aux eaux de Salins leur teneur élevée en chlorure de sodium. Les Marnes Irisées des environs de Poligny ont fourni des restes d'un grand Dinosaurien, *Plateosaurus polignyensis* [XXX, 7; 13]. Dans le Jura méridional, le Keuper apparaît quelquefois au cœur des anticlinaux.

La montagne de la Serre, au nord de Dôle, est un massif granitique et triasique, qui forme, en avant du Jura, un jalon intermédiaire entre les Vosges méridionales et le Plateau Central. Le Muschelkalk s'y rencontre encore sous la forme de calcaires à *Encrinurus liliiformis* et de dolomies, avec une épaisseur (40 m) supérieure à celle qu'il atteint dans la Haute-Saône (15 m).

*Nord-Ouest du Plateau Central.* — Sur le pourtour du Morvan et dans tout le Nord-Ouest du Plateau Central, le Muschelkalk proprement dit ne semble pas s'être déposé. Le Grès Bigarré, représenté, par exemple dans le Mâconnais, par des arkoses ou des grès grossiers à *Voltzia heterophylla* et empreintes de *Chirotherium*, supporte directement la Lettenkohle, constituée par des calcaires dolomitiques et des grès à *Myophoria Goldfussi*. C'est exactement la répétition de ce qui se passe dans le Luxembourg, sur le bord méridional de l'Ardenne. L'analogie est encore complétée par l'absence fréquente du Grès Bigarré et probablement aussi de la Lettenkohle; ainsi, près de Dijon, les Marnes Irisées, très réduites, sont directement superposées au granite et il en est de même plus au nord, à Chalindrey, près de Langres, et probablement aussi vers l'ouest, dans le Cher et dans l'Allier. Là des grès argileux bariolés et des marnes irisées avec bancs de gypse reposent soit sur le Permien, soit sur le granite. Plus à l'ouest encore, au-delà de La Châtre, le Trias supérieur lui-même se termine en biseau et c'est alors le Lias qui vient reposer sur les terrains cristallophylliens.

En même temps, comme l'a montré A. de Grossouvre [38], le Trias du bord septentrional du Plateau Central diminue d'épaisseur vers le nord. Assez puissant à Lurcy-Lévy et à Decize, dans la Nièvre, il devient tout à fait rudimentaire autour du massif de Saint-Saulge et manque même complètement par places. De même, dans le centre et le nord-est du Morvan, le Lias repose immédiatement sur le granite. A. de Grossouvre conclut de ces faits que les dépôts triasiques du bord septentrional du Plateau Central se sont déposés dans un golfe fermé à l'est, au nord et au sud et s'ouvrant vers l'est, par où ils se reliaient à ceux des environs d'Autun et de Lyon. Sur les bords du Morvan, les argiles et les grès du Trias supérieur sont imprégnés de silice provenant de sources thermales. Plus au sud, c'est-à-dire dans l'axe du golfe, ces épanchements disparaissent et les marnes bariolées acquièrent une assez grande épaisseur. Elles se terminent, à Couches-les-Mines, par des dolomies à *Gervilleia exilis*, *Myophoria*, etc.

Nous ne savons pas jusqu'où vers l'ouest s'étendaient, sous les terrains jurassiques, les terrains triasiques qui affleurent en Lorraine, mais rien ne permet d'affirmer que la mer triasique occupait le centre du bassin de Paris.

Dans la direction opposée, elle suivait le bord est du Plateau Central. On en retrouve des dépôts dans le Mont d'Or Lyonnais, où des grès siliceux sans fossiles reposent sur les terrains cristallins et supportent des calcaires dolomitiques, dont les fossiles ne permettent pas de préciser l'âge exact.

*Bords sud-est et sud-ouest du Plateau Central.* — Il faut ensuite aller jusque dans l'Ardèche pour rencontrer de nouveau le Trias.

En face de Valence, il débute par des grès et des dolomies à *Myophoria*

*Goldfussi*, qui, d'après Munier-Chalmas, s'appuient directement sur les micaschistes. La Lettenkohle est donc, ici aussi, transgressive. A partir de Privas, des dolomies, qui sont probablement du même âge que les précédentes et qui augmentent peu à peu d'épaisseur vers le sud, s'intercalent entre deux puissantes masses de grès grossiers blancs, rosés ou brunâtres, qui forment de gros bancs alternant avec des couches d'argiles sableuses, généralement rouges. On n'y a pas trouvé de fossiles déterminables. Le Trias forme une bande continue qui borde le Plateau Central depuis Privas jusqu'aux environs d'Alais, où il repose nettement en discordance sur le Permien. On en retrouve ensuite encore des lambeaux jusqu'à l'entrée du golfe des Causses, qui lui-même n'existera comme tel qu'à partir du Lias, puisque ce terme y repose directement sur les terrains métamorphiques. De même tout le massif du Rouergue et le versant nord-ouest de la Montagne Noire étaient exondés, tandis que l'extrémité orientale et le bord sud étaient recouverts par les eaux. Aux environs de Lodève, par exemple, la série triasique est complète. Le Grès Bigarré y est représenté par des grès gris micacés avec *Equisetum* et empreintes de pas de *Labyrinthodon* ou *Chirotherium* (pl. XCI); le Muschelkalk, par des calcaires dolomitiques cloisonnés, fossilifères à Nefiez; le Keuper, par des marnes bigarrées et des calcaires marneux avec gypse [39].

Sur le bord sud-ouest du Plateau Central, au sud de Brives, on rencontre également quelques lambeaux de Trias. Ce sont des grès grossiers, blancs ou jaunâtres, avec conglomérats, qui reposent en discordance sur le Permien et passent au sommet à des marnes rouges et vertes, avec calcaires en plaquettes, dans lesquels on a recueilli quelques fossiles rhétiens. Ces grès s'étendent vers l'est jusqu'au bord ouest du golfe des Causses, mais ils ne semblent pas aller au delà. S'il existait une communication entre les eaux, probablement lacustres, du bassin de l'Aquitaine et celles du Languedoc, elle s'effectuait probablement au sud de la Montagne Noire.

*Basse-Provence.* — Les affleurements du Trias supérieur dans le centre du bassin du Rhône sont très problématiques; en revanche, nous nous trouvons, dans la Basse-Provence, en présence d'une région où le Trias joue un rôle tout à fait capital. Il couvre des surfaces très étendues dans l'est des Bouches-du-Rhône, dans le Var et dans l'arrondissement de Grasse [40].

On attribue d'ordinaire au Trias inférieur, mais sans aucune preuve paléontologique, des grès de couleur claire, alternant avec des schistes rouges. Ils débent par un conglomérat à cailloux de quartz peu roulés et présentent à leur partie supérieure des marnes dolomitiques jaunes. Comme l'existence du Wellenkalk n'est pas davantage établie par des fossiles, on pourrait attribuer à la base du Trias moyen toutes les couches situées au-dessous du Muschelkalk proprement dit. Celui-ci est constitué par environ 80 m de calcaires compacts gris foncé, dans lesquels sont intercalés deux ou trois niveaux de calcaires marneux très fossilifères. Les restes organiques sont identiques, même comme état de conservation, à ceux du Muschelkalk d'Allemagne et de Lorraine. Les espèces les plus caractéristiques sont : *Ceratites nodosus*, *Germanonautilus bidorsatus*, *Hærnesia socialis*, *Pecten laevigatus*, *Lima striata*, *Cænothyris vulgaris*, *Encrinus liliiformis*. A Rougiers, une brèche d'origine éruptive, associée à un basalte, renferme, avec *Ceratites Münsteri*, plusieurs espèces de Gastéropodes à test bien conservé, appartenant aux genres *Undularia*, *Hologyra*, *Marmolatella*, et des Lamellibranches [41]. Le Trias supérieur est représenté par des dolomies et des

cargneules, avec intercalations irrégulières de marnes bariolées et lentilles de gypse à la partie supérieure.

*Pyrénées, Espagne, Baléares.* — Dans les Pyrénées, qui doivent être considérées comme le prolongement tectonique de la Basse-Provence, on retrouve les trois termes du Trias avec les mêmes caractères lithologiques. Le Grès Bigarré débute par un conglomérat et repose soit sur le Permien, soit sur des terrains plus anciens. Le Muschelkalk, dans lequel on n'a rencontré, en fait de fossiles, que des débris d'Encrines, présente une composition identique à celui de Lorraine. C'est au Trias supérieur qu'appartiennent les affleurements de gypse et de sel gemme, associés presque toujours à des pointements d'ophites contemporains, qui sont si fréquents sur le bord septentrional de la chaîne [42], où l'on observe le contact direct de ces formations avec des termes quelconques de la série secondaire ou tertiaire.

Dans le nord de la Meseta Ibérique, le Trias existe également avec ses trois termes classiques.

Dans le Sud de l'Aragon, il repose en discordance très nette sur le Silurien ou le Dévonien et débute par une série puissante de poudingues et de grès sans fossiles, qui, dans la province de Guadalajara, ont fourni *Equisetum arenaceum*, *Eq. Brongniarti*, *Albertia elliptica*. Au-dessus de ce Grès Bigarré indiscutable viennent des calcaires, parfois dolomitiques, qui renferment quelques espèces très caractéristiques du Muschelkalk, telles que *Harnesia socialis*, *Monotis Albertii*, *Pecten Albertii*, *Myophoria vestita*, *laevigata*, *Goldfussi*. Dans la province de Guadalajara, on a même signalé *Germanonutilus bidorsalus* et, dans celle de Soria, *Ceratalites nodosus*. Le Trias supérieur est représenté par des Marnes Irisées gypsifères, qui font quelquefois suite immédiatement au Grès Bigarré. Dans les Asturies, il est transgressif et repose sur le Paléozoïque.

Tandis que le Trias n'est pas connu dans le centre et le sud de la Meseta, on le retrouve au Portugal, où il affleure dans des conditions tectoniques analogues à celles que l'on observe dans les Pyrénées [43].

A Mora d'Ebro, dans la province de Tarragone, des calcaires, qui, d'après leur position stratigraphique et leurs caractères lithologiques, doivent être attribués au Muschelkalk, renferment des Ammonoïdés appartenant, non plus au groupe de *Ceratalites nodosus*, mais à des espèces voisines de formes ladinienues des Alpes : *Protrachyceras ibericum*, *Hungarites Pradoi* [44].

Aux environs de Barcelone, ce niveau n'est pas connu, mais les affinités alpines se manifestent dès le Muschelkalk inférieur, où des calcaires en plaquettes renferment *Mentzelia Mentzeli*, *Natica gregaria* et des *Ceratalites* voisins de *Ceratalites antecedens* du Wellenkalk et d'espèces virgloriennes des Alpes [45]. Plus haut se trouve un niveau à *Myophoria Goldfussi* et *Lingula tenuissima* et un banc de calcaires blancs dolomitiques à *Natica gregaria*, *Cassianella* et autres Lamellibranches spécifiquement indéterminables, qui représente sans doute le Ladinien le plus élevé.

Dans les îles Baléares, aussi bien à Majorque qu'à Minorque, le Trias inférieur peut être qualifié de germanique. Il est constitué par des conglomérats et par un Grès Bigarré très épais à *Equisetum arenaceum*. Le Trias moyen présente les caractères lithologiques du Muschelkalk, il comprend des calcaires gris fumée et des calcaires à tubulures d'un type fréquent dans l'Allemagne du Sud, et des calcaires en plaquettes, qui renferment, à Minorque, *Daonella Lommeli* et des Céphalopodes d'affinités alpines, parmi lesquels E. von Mojsisovics [46] a reconnu *Protrachyceras Curionii*, *Villanovæ* et

d'autres espèces du même genre, des *Arpadites*, un *Gymnites*, un *Longobardites*, etc. C'est le même niveau qu'à Mora d'Ébro, et la présence de *Protrachyceras Curionii* indique d'une manière précise le Ladinien inférieur. Aussi vient des calcaires dolomitiques sans fossiles, qui représentent soit le Ladinien supérieur seul, soit toute la partie supérieure du Trias [47].

*Andalousie et Afrique du Nord.* — En présence du caractère *alpin* qu'offre le Trias moyen en Catalogne et dans les Baléares, on est d'autant plus frappé de ne constater rien de pareil dans le Trias de l'Andalousie et de l'Afrique du Nord, dont les affinités sont exclusivement germaniques.

En Andalousie, le Trias des chaînes Subbétiques rappelle celui des Pyrénées et même celui de l'Europe centrale, aussi bien par ses caractères lithologiques que par ses caractères paléontologiques; mais on ne peut y distinguer les trois termes classiques en superposition. Les marnes bariolées gypsifères et salifères prédominent du haut en bas de la série; les grès rouges et les calcaires dolomitiques s'y présentent sous forme d'intercalations. Ces dernières sont quelquefois fossilifères et renferment des espèces caractéristiques soit du Muschelkalk (*Hærnesia socialis*, *Terquemia spondyloides*, *Myophoria Goldfussi*), soit du Keuper (*Natica gregaria*, *Gervillia præcursor*, *Myophoria vestita*). Il est possible que le Trias inférieur fasse défaut.

Dans la Sierra Nevada, les calcaires et les schistes satinés prédominent. Ch. Barrois y a observé des sections de *Megalodon* [XXII, 9].

Dans le Nord de l'Afrique, on n'a pas davantage de preuves de l'existence du Trias inférieur; il est vrai que le substratum du Trias y est rarement visible et que ce terrain apparaît en boutonnières, où il est en contact avec les étages les plus divers du Jurassique, du Crétacé et même du Trias. C'est comme s'il s'était produit à sa partie supérieure un décollement des couches plus récentes, accompagné de déplacements horizontaux.

On est en présence, comme en Andalousie, d'argiles bariolées, avec grand développement de gypse et de sel gemme, comme par exemple au Rocher de Sel d'El Outaïa, près Biskra. Des calcaires en plaquettes jaune vif renferment quelquefois des fossiles. C'est la découverte de *Myophoria vulgaris* au Cheltaba, près Constantine, par Goux, qui a fourni à Marcel Bertrand la preuve décisive de l'attribution au Trias des marnes bariolées d'Algérie. On y trouve aussi *Hærnesia socialis* et *Mytilus psilonoti*, ce dernier indiquant un niveau très élevé du Trias, peut-être même le Rhétien. Des pointements de roches ophitiques traversent ce terrain en plusieurs points [48]. Les mêmes formations se rencontrent en Tunisie, exactement dans les mêmes conditions tectoniques. Dans tout l'Atlas, le Trias est donc en tous points semblable à celui d'Andalousie.

*Sardaigne et Corse.* — En Sardaigne, le Trias présente de nouveau la division classique en trois termes, il est localisé dans la partie occidentale de l'île, où il a subi des plissements intenses, accompagnés de charriages comparables à ceux de la Basse-Provence [49, 50].

Le Grès Bigarré est constitué par des conglomérats reposant en discordance sur les schistes paléozoïques et par des grès et des schistes rouges, avec bancs dolomitiques, surtout à la partie supérieure.

Le Muschelkalk comprend une partie inférieure, formée de calcaires noirs bien stratifiés, avec *Lima lineata*, *Gervillia subglobosa*, *Myophoria*, *Naticopsis pulla*, etc.; une partie moyenne dolomitique et une partie supérieure, qui est de nouveau calcaire et qui renferme, dans la Nurra de Sassari, à sa partie supérieure, deux niveaux caractérisés par la présence de *Ceratites* du groupe de *C. nodosus*. Dans le premier niveau, Tornquist signale *Pseudocor-*

*bula Sandbergeri*, *Loxonema Schlottheimi*, *Dentalium læve*; le deuxième a fourni au même auteur *Ceratites Münsteri*, *Protrachyceras longobardicum*, *Germanonautilus bidorsatus*, *Cœnothyris vulgaris*, *Diplopora*; dans l'un et dans l'autre on trouve *Hærnesia socialis*, *Myoconcha lævis* et des *Myophoria*.

Les analogies de ce Muschelkalk avec celui du Var sont assez grandes, mais c'est la première fois que nous voyons, dans les mêmes couches, des *Ceratites* du groupe de *C. nodosus* et un Trachycératidé essentiellement alpin. Nous retrouverons la même association en Vénétie.

Le Keuper est tout à fait lagunaire, comme dans la province germanique. Il comprend des marnes dolomitiques, des bancs de calcaires marneux, avec *Myophoria* et *Corbula*, et des alternances de calcaires marneux et de dolomies cristallines.

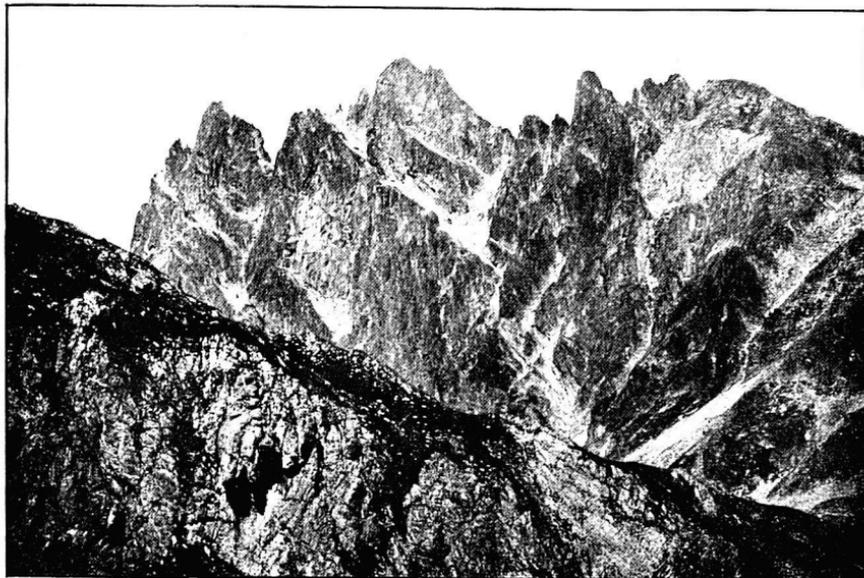
La région orientale cristalline de la Sardaigne a son homologue et son prolongement direct dans la région occidentale de la Corse, où le Trias manque, comme dans la zone cristalline de la Sardaigne. Ce terrain est localisé, en Corse, dans la région orientale. On doit donc admettre, avec Tornquist [51], que celle-ci formait une barrière entre la mer triasique de l'Ouest et celle de l'Est. La profonde différence qui existe entre les dépôts triasiques de la Corse et ceux de la Sardaigne est parfaitement en harmonie avec cette conclusion.

Tandis que le Trias de la Sardaigne se rattache à celui de la Basse-Provence, le Trias de la Corse possède des analogies frappantes avec celui des Alpes occidentales [51]. Le Muschelkalk, représenté par des calcaires gris bleu à coralliaires (*Montlivaultia*), y repose directement sur le Carbonifère. Il supporte des calcaires massifs clairs et des alternances de marnes rouges et de dolomies bréchoïdes, qui constituent le Trias supérieur.

*Alpes occidentales.* — Le Trias des Alpes occidentales possède encore de grandes affinités avec le Trias germanique; on ne peut donc lui appliquer la qualification de Trias alpin, que l'on doit réserver à des formations d'eau plus profonde. Il présente d'ailleurs des variations assez considérables dans le sens transversal, tandis que, dans le sens longitudinal, le même faciès peut être suivi avec des caractères très constants tout le long d'une même zone tectonique. Dans les zones externes, c'est-à-dire sur le versant français et suisse, le Trias est presque toujours rudimentaire, il n'atteint pas de grandes épaisseurs et souvent l'un ou l'autre de ses termes fait défaut. On peut cependant y distinguer en général trois divisions, qui correspondent approximativement aux divisions classiques, sans que l'on puisse toutefois affirmer leur synchronisme rigoureux avec celles-ci. La division inférieure comprend exclusivement des formations détritiques : grès, quartzites en bancs réguliers, conglomérats à éléments siliceux, dont la puissance dépasse rarement une cinquantaine de mètres. La discordance sur le Houiller ou sur les terrains métamorphiques sous-jacents est la règle.

La division moyenne est calcaire ou dolomitique. Dans le sud, notamment aux environs de Digne, les calcaires ressemblent encore au Muschelkalk de la Basse-Provence, auquel ils passent insensiblement dans la région de Castellane. Dans le Dauphiné et en Savoie, ce sont les dolomies qui prédominent et elles sont quelquefois seules à représenter le Trias, comme par exemple dans la chaîne de Belledonne, où elles s'appuient sur les terrains paléozoïques, sans que les quartzites soient représentés, et supportent directement le Lias. En Suisse, en particulier dans le massif de l'Aar et dans les Alpes de Glaris, ce terme a reçu le nom de *Röthi-Dolomit*.

La division supérieure, qui fait souvent défaut, est constituée par des argi-



Cliché W. Kilian.

QUARTZITES DU TRIAS EN COUCHES VERTICALES.  
Aiguille Noire, près Valloire (Savoie).



Cliché Émile Haug.

SOMMETS DE CALCAIRE TRIASIQUE.  
Vallon de la Moutière, près Fours (Basses-Alpes).

lolithes rouges et vertes, où s'intercalent des bancs de dolomies cloisonnées ou de cargneules et des lentilles de gypse. Elles sont parfois devenues schisteuses, par suite des pressions qu'elles ont subies, comme par exemple à Barles, dans les Basses-Alpes, où on les exploite comme ardoises, et dans la Suisse orientale, où on leur donne le nom de *Quarten-Schiefer*.

La faible épaisseur du Trias dans les chaînes extérieures et la fréquence des lacunes montrent que l'on est en présence d'un ensemble déposé sur un géanticlinal, qui était partiellement et temporairement exondé. L'axe se trouvait probablement plus au nord et séparait sans doute le géosynclinal alpin du bassin germanique. Divers auteurs ont supposé que cette crête émergée, à laquelle ils ont donné le nom de *crête vindélicienne*, s'étendait vers le N.E. jusqu'au massif de Bohême; mais c'est là une simple hypothèse.

Dans les chaînes intérieures des Alpes occidentales, les dépôts triasiques atteignent des épaisseurs bien plus considérables, qui ne peuvent s'expliquer que par l'accumulation des sédiments dans un géosynclinal en voie de descente continue.

Les *quartzites*, blancs ou roses, en gros bancs (pl. XCIII, 1), qui constituent la division inférieure, font suite en concordance au Permien, dans la zone du Briançonnais. Ils sont séparés soit par des gypses et des cargneules, soit par des schistes luisants ou des calcaires en plaquettes, d'une puissante masse de calcaires grisâtres, cristallins, qui renferment quelquefois des *Diplopora* ou des articles d'*Encrinus* et qui représentent le Muschelkalk. Les sommets qu'ils constituent sont remarquables par leur aspect déchiqueté (pl. XCIII, 2). On y observe souvent une transformation du calcaire en gypse, qui s'effectue suivant des zones englobant des masses de calcaire intact et ne peut s'expliquer que par la circulation d'eaux chargées de sulfate de chaux emprunté par dissolution aux couches sous-jacentes d'origine lagunaire. La série se termine par des dolomies stratifiées, qui présentent également des intercalations de gypse et qui constituent le Trias supérieur.

Dans les masses charriées des Préalpes romandes et du Chablais, qui se trouvent aujourd'hui en avant des chaînes extérieures, ou qui reposent sur celles-ci, mais qui sont originaires des zones internes, le Trias affecte encore, dans la plus basse des nappes, le faciès des chaînes extérieures, tandis que, dans les nappes supérieures, il est identique à celui de la zone du Briançonnais. On trouve également, dans les *Klippen* qui avoisinent le lac des Quatre-Cantons, des calcaires à *Diplopora* et des dolomies, tout à fait semblables à ceux des zones internes.

A l'est et au sud de la zone du Briançonnais s'étend la zone du Piémont, constituée en majeure partie par des Schistes Lustrés d'âge liasique. Le Trias apparaît dans les anticlinaux et y présente les plus grandes analogies avec celui du Briançonnais; mais, dans le Trias supérieur, le caractère *alpin* s'accroît davantage, car S. Franchi a trouvé, dans les calcaires dolomitiques qui supportent immédiatement les Schistes Lustrés, *Worthenia solitaria* et *Gervillia exilis*, espèces tout à fait caractéristiques des dolomies terminales (*Hauptdolomit*) du Trias des Alpes méridionales.

Les faciès caractéristiques des Alpes occidentales se retrouvent dans l'Apennin Ligure, dans les Alpes Apuanes et jusque dans l'Apennin central. La série comprend, comme dans le Briançonnais, des quartzites, à la base; puis des dolomies et des calcaires connus sous le nom de *Grezzoni*, qui renferment *Cænothyris vulgaris*, *Spirifera trigonella*, *Encrinus liliiformis*, *Diplopora annulata*, etc. et représentent le Trias moyen; enfin, des dolomies extré-

mement puissantes, à *Worthenia solitaria*, *Gervillia exilis*, *Gyroporella triasina*, dans lesquelles sont intercalés les fameux marbres de Carare.

Vers l'est, on rencontre les mêmes faciès dans les Hohe Tauern, c'est-à-dire dans la zone centrale des Alpes orientales, où, d'après P. Termier, la zone axiale des Alpes occidentales reparaît dans une fenêtre sous les nappes originaires du versant sud, et jusqu'au Semmering. On y observe, au-dessous des Schistes Lustrés, la même succession des Quartzites, des Calcaires phylliteux et des calcaires massifs à Gyroporelles [52].

Enfin, plus à l'est encore, il existe dans les Karpates des affleurements triasiques dont les analogies avec les Alpes occidentales sont frappantes. Dans ce pays de nappes, la nappe Haute-Tatrique présente un Trias très rudimentaire, qui se compose de schistes et de grès rouges avec cargneules, comme dans les chaînes extérieures des Alpes Suisses ou Françaises. Dans la nappe Subtatrique, qui repose sur la précédente, on constate une singulière association de faciès alpins et de faciès germaniques. Le Trias inférieur se présente sous la forme de couches de Werfen, avec leurs fossiles caractéristiques; le Trias moyen est représenté par une masse puissante de calcaires et de dolomies grises, avec Brachiopodes du Muschelkalk, et par des grès et des schistes à *Equisetum arenaceum* et *Halobia Haueri*; le Trias supérieur, par contre, est à l'état de schistes et de grès rouges, qui rappellent tout à fait le Keuper [53].

ALPES ORIENTALES (TRIAS ALPIN). — Nous venons de voir que, dans la zone cristalline axiale des Alpes orientales, le Trias accuse encore de grandes analogies avec le Trias germanique ou tout au moins avec celui des Alpes occidentales; il n'en est plus de même dans les *Alpes calcaires septentrionales* et dans les *Alpes calcaires méridionales*. Dans ces deux larges zones, constituées à peu près exclusivement par des terrains secondaires, le Trias présente en général un caractère plus profond, avec des épaisseurs plus grandes qu'ailleurs; les faciès à Céphalopodes n'y sont plus localisés dans un ou deux niveaux privilégiés; la richesse et surtout la variété des faunes y est incomparablement plus grande que dans le Trias germanique. C'est le *Trias alpin*. Mais il ne faudrait pas croire qu'il constitue un type unique, uniforme, qui se retrouve dans toutes les zones tectoniques des Alpes orientales; bien au contraire, chacune de ces zones est caractérisée par une succession particulière et les divers types du Trias alpin diffèrent souvent presque autant entre eux que du Trias germanique. Il en résulte de grandes difficultés dans l'établissement des parallélismes, qui pendant longtemps ont rendu la nomenclature extrêmement confuse. Dans les Alpes calcaires septentrionales, on trouve en diverses régions et, en particulier, dans les Alpes de Salzbourg et dans le Salzkammergut, en juxtaposition et même en superposition directe, des séries hétéropiques, dont on ne peut expliquer la coexistence dans un même massif que par l'hypothèse de nappes de charriage empilées, dont les racines sont situées au sud de la zone cristalline axiale [55]. La plus inférieure de ces nappes reposerait sur la nappe écrasée des Préalpes et sur le prolongement de la zone externe ou *zone Helvétique* des Alpes Suisses, qui s'enfonce en partie, sur la rive droite du Rhin, sous le Rhätikon, c'est-à-dire sous les Alpes calcaires septentrionales, pour se continuer au delà de Vienne par la *zone des Beskides*, l'une des zones tectoniques externes des Karpates [54]. L'auteur a donné le nom de *nappe de Bavière* à cette première nappe, que l'on peut suivre sans discontinuité depuis le Rhätikon jusqu'à Vienne. La racine est située dans les Alpes du

Gailthal, sur le versant sud de la chaîne, où le Trias affecte exactement le même faciès que dans la nappe. C'est par ce type, qui a été souvent qualifié de *type normal*, que nous commencerons notre exposé.

Sur la nappe de Bavière reposent des lambeaux d'une ou de deux nappes (fig. 284), dans lesquels le Trias possède un faciès tout à fait spécial et différent du type normal, c'est le *type de Hallstatt*. Nous essaierons plus loin de préciser l'emplacement des racines de cette nappe.

Au sommet de l'empilement de nappes des Alpes calcaires septentrionales se trouvent des lambeaux de recouvrement, témoins épargnés par les agents de dénudation, d'une nappe supérieure, la *nappe du Dachstein*, dont le Trias présente de grandes affinités avec celui des Alpes calcaires méridionales. C'est le *type des Dinarides* ou *sudalpin*, que nous étudierons en second lieu, réservant pour la fin le type de Hallstatt.

Dans l'étude du type normal, il y a lieu de décrire séparément la succession du Trias en Bavière, dans la Basse-Autriche et dans les Alpes du Gailthal. De même, dans l'étude du type des Dinarides, nous examinerons successivement les séries de Lombardie, de Vénétie, du Tyrol méridional, de la région de Raibl et des hauts massifs du versant nord.

*Haute-Bavière et Tyrol septentrional.* — La succession des couches triasiques dans le Tyrol septentrional et dans la Haute-Bavière peut être résumée de la manière suivante, d'après les travaux classiques de Gumbel [56], Wöhrmann [57], Skuphos [58, 59], E. Böse [62], Eb. Fraas [61], Rothpletz, [63], etc. :

**WERFENIEN.** Sur le massif cristallin de la Silvretta reposent en discordance des conglomérats quartzeux, des grès et des schistes rouges, rappelant l'aspect du Verrucano et du grès de Gröden, mais que l'on attribue au Trias inférieur, car ils supportent directement le Trias moyen et passent insensiblement vers l'est à des couches fossilifères.

**VIROGLORIEN.** Le col de Virgloria, dans le Vorarlberg, a donné son nom au *calcaire de Virgloria*, de Richthofen, qui est devenu le type du Virglorien. Mais il ne représente que la partie supérieure de l'étage, la partie inférieure étant constituée par des marnes sableuses à *Neritaria stanensis*, *Myophoria costata*,

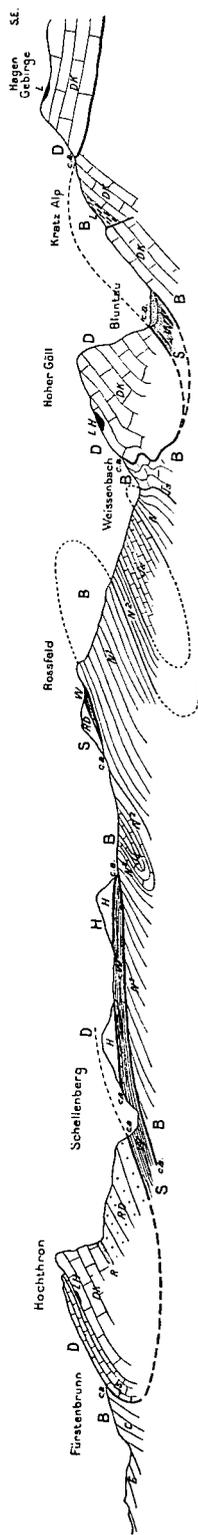


Fig. 284. — Coupe des Alpes de Salzbourg sur la rive gauche de la Salzach (d'après E. HAUG).

B, nappe de Bavière; S, nappe du Sel (dérivation de la nappe de Hallstatt); H, nappe de Hallstatt; D, nappe du Dachstein; e, a., contacts anormaux. W, couches de Werfen; H, calcaire de Hallstatt; RD, dolomie de la Ramsau; R, couches de Raibl; DK, calcaire du Dachstein; LH, couches du Hirlatz (Lias); Js, Jurassique supérieur; N<sup>1</sup>, N<sup>2</sup>, Nöcker; e, couches de Gosau (Crétacé supérieur); E, Éocène.

*Modiola triquetra*. Le calcaire de Virgloria est de couleur foncée, les fossiles y sont localisés dans certaines couches et dans quelques localités privilégiées. Ce sont tantôt des bancs à Brachiopodes, avec *Dadocrinus gracilis*, *Spiriferina fragilis*, *Mentzelia Mentzeli*, *Spirigera trigonella*, *Rhynchonella decurtata*, *Cænothyris vulgaris*, *Pecten discites*; tantôt des bancs à Céphalopodes avec *Ptychites flexuosus*, *eusomus*, *Monophyllites sphærophyllus*, *Gymnites incultus*, *Beyrichites reultensis*, *Pleuromutilus semicostatus*. Ces faunes sont caractéristiques de la zone à *Ceratites trinodosus* et du Wellenkalk d'Allemagne.

LADINIEN. Le Ladinien est représenté dans la partie ouest des Alpes calcaires septentrionales par deux faciès différents, qui peuvent se remplacer l'un l'autre, mais qui peuvent aussi coexister en superposition. Dans ce dernier cas, le faciès schisteux noir, connu sous le nom de *couches de Partnach* [58, 59], occupe la partie inférieure, le faciès des calcaires du *Wellerstein* [57], la partie supérieure. Dans les schistes, on trouve surtout *Rhynchonella bajuvarica*, *Koninckina Leonhardi*, *Daonella parthanensis*, *Megaphyllites œnipontanus*. Les calcaires en gros bancs massifs atteignent jusqu'à 1 000 m d'épaisseur et constituent de nombreux sommets des Alpes Bavaïses, entre autres la Zugspitze (pl. XCIV, 1). Ils sont d'origine organique et renferment en abondance *Diplopora annulata* et des Zoanthaires (*Thecosmilia subdichotoma*). Les Brachiopodes (*Koninckina Leonhardi*, *Rhynchonella faucensis*), les Lamellibranches (*Daonella parthanensis*), les Céphalopodes (*Ptychites acutus*, *Gymnites Palmaï*, *Japonites Ganghoferi*, *Hungarites bavaricus*, etc.), sont plus rares, sauf en quelques points, par exemple dans le massif de la Zugspitze [60].

CARNIEN. La sédimentation calcaire est assez généralement interrompue au Carnien dans les Alpes septentrionales. Les *couches à Cardita*, qui représentent cet étage, sont gréseuses ou marneuses, et les calcaires, souvent oolithiques, n'y forment que des bancs peu épais. Les fossiles les plus caractéristiques sont des Lamellibranches : *Cardita Gumbeli*, *Halobia rugosa*, *Myophoria fissidentata*, *Myophoriopsis Rosthorni*, *Gonodon Mellinigi*, *Ostrea Montis Capriliis*, etc. Les autres groupes et en particulier les Céphalopodes sont à peu près absents.

NORIEN. Le Trias se termine, dans les Alpes de Bavière et du Tyrol septentrional, par des dolomies extrêmement puissantes, connues sous le nom de *Hauptdolomit*, qui supportent immédiatement le Rhétien. Les fossiles y sont rares, on signale, outre les Siphonées (*Gyroporella vesicularis*), *Megalodon triquetel* et divers Gastéropodes, parmi lesquels *Worthenia solitaria*, l'espèce la plus caractéristique des dolomies et des calcaires noriens [64].

*Alpes autrichiennes*. — Dans la Haute et dans la Basse-Autriche, la série des Alpes de Bavière subit quelques modifications de faciès qui portent surtout sur la partie moyenne de la série et qui sont aujourd'hui bien connues, grâce aux beaux travaux de D. Stur [65] et de Bittner [66, 67]. Voici quelle est la succession habituelle (fig. 285) :

1° Couches de Werfen, avec *Naticella costata*, *Myophoria costata*, *ovata* ;

2° Calcaire de Gutenstein, noir, sans fossiles ;

3° Calcaires de Reifling inférieurs [69], gris clair, noduleux, bien stratifiés, avec bancs de silice, faune très riche, caractéristique de la zone à *Ceratites trinodosus*; nombreux *Pleuromutilus*, *Ceratites*, *Balatonites*, *Acerochordiceras*, *Ptychites*, *Gymnites*, *Proarcestes*, *Sturia Sansovinii*, *Procladiscites Brancoi*, *Megaphyllites procerus*, *Norites gondola*, etc.

4° Calcaires de Reifling supérieurs, renfermant une faune ladinienne (*Protrachyceras*, *Joannites*, *Daonella Lommeli*, *parthanensis*, *Koninckina Leonhardi*);

5° Schistes calcaires à *Trachyceras austriacum*, *triadicum*, etc., *Halobia rugosa*, Végétaux ;

6° Schistes de Reingraben à *Carnites floridus*, *Pleuromutilus Wulfeni*, *Cassianella florida*, *Amphielina Haberfellneri*;

7° Grès de Lunz, avec couches de houille, très riches en empreintes végétales (*Equisetum*

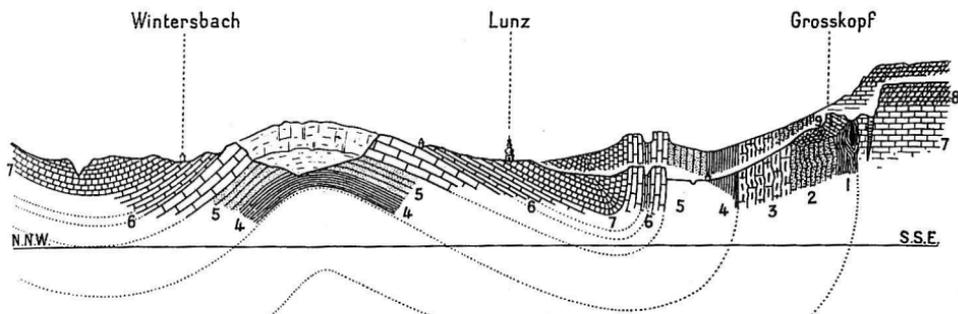


Fig. 285. — Coupe du Trias des environs de Lunz, Basse-Autriche (d'après A. BITTNER).

1, schistes de Worfen; 2, calcaires de Gutonstein; 3, calcaires de Reifling; 4, schistes de Reingraben; 5, grès de Lunz; 6, calcaire d'Opponitz; 7, Hauptdolomit; 8, calcaire du Dachstein; 9, couches de Gosau crétacées.

*arenaceum*, *Alethopteris Meriani*, *Pterophyllum Jægeri*, *Lipoldi*, etc.) et faune saumâtre (*Anodontophora lettica*, *Estheria minuta*, *Ceralodus*);

8° Calcaire d'Opponitz, remplacé quelquefois par des dolomies, avec *Ostrea Montis Caprili*, *Gonodon Mellingi*, *Odontoperna Bouei*, etc.;

9° Hauptdolomit norien.

Les couches 5 à 8 représentent le Carnien. Les grès de Lunz rappellent, aussi bien par leur faciès que par leur flore, la Lettenkohle et le Schilfsandstein du Trias germanique [68,70]. Ils disparaissent ou diminuent d'importance vers le sud de la zone, où les influences littorales ne se font plus sentir.

*Alpes du Gailthal*. — Les Alpes du Gailthal forment une zone étroite, située entre la zone cristalline axiale et la zone paléozoïque des Alpes Carniques.

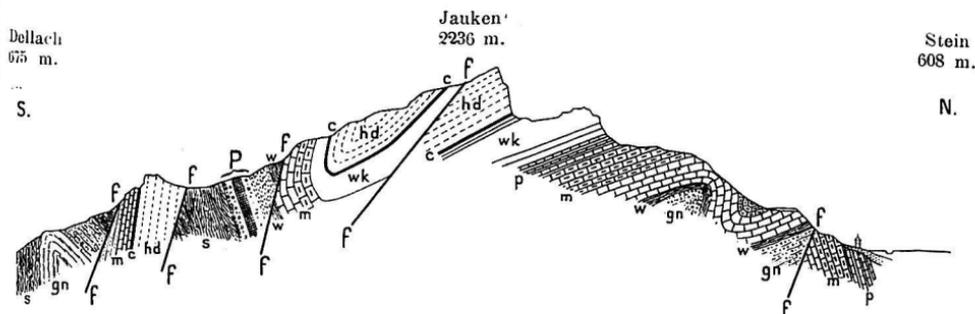


Fig. 286. — Coupe de la chaîne du Gailthal, de Stein, dans la vallée de la Drave, à Dellach, dans la vallée de la Gail (d'après GEORG GEYER).

gn, gneiss; s, micaschistes et quartzophyllades d'âge indéterminé; P, verrucano, porphyro quartzifère et grès permien; w, Werfenien; m, p, Virglorien; wk, calcaire du Wetterstein (Ladinien); c, couches à *Cardita* (Carnien); hd, Hauptdolomit (Norien). ff, chevauchements.

Elles occupent une place à part dans les Alpes calcaires méridionales, car le Trias y est représenté avec des faciès bien différents de ceux des régions

immédiatement contiguës, tandis qu'il ne diffère par aucun caractère essentiel de celui des Alpes calcaires septentrionales, que nous venons de décrire. La succession relevée par Geyer [71] (fig. 286) nous en fournit la preuve. L'étage Carnien, en particulier, accuse, dans les deux régions, des ressemblances frappantes. Ainsi le marbre coquillier de Bleiberg renferme l'espèce la plus caractéristique des schistes de Reingraben, *Carnites floridus*, qui manque plus au sud. On a conclu de ces analogies que la nappe de Bavière devait avoir ses racines dans la zone du Gailthal et que, primitivement, elle s'étendait par-dessus toute la zone cristalline axiale.

*Lombardie.* — Nous abordons maintenant l'étude du type dinarique du Trias par l'extrémité ouest des Alpes calcaires méridionales, par la Lombardie [72-79 *ter*].

Dans la région des Lacs, le Verrucano permien supporte les Grès du WERFENIEN, renfermant tantôt des Végétaux (*Voltzia heterophylla*, *Æthophyllum speciosum*), tantôt des Mollusques marins (*Tirolites cassianus*, *Pseudomonotis Clarai*).

Le VIRGLORIEN comprend des calcaires gris, à *Dacocrinus gracilis* et Brachiopodes, et des calcaires noirs en dalles, avec *Daonella Moussoni* et, localement, de nombreux Ammonoïdés : *Ptychites gibbus*, *Megaphyllites sandalinus*, *Cellites Buonarottii*, *Ceratites trinodosus*, *Balatonites euryomphalus*, *arietiformis*, *Norites gondola*, *Longobardites breguzzanus*. A Varenna et Perledo, ces mêmes calcaires ont fourni de nombreux Poissons (*Semionotus*, *Belonorhynchus*) et quelques squelettes de Reptiles (*Lariosaurus*, *Mixosaurus*).

Le LADINIEN est constitué à la base par des calcaires noduleux ou en dalles, qui se distinguent difficilement des précédents, mais le terme le plus important est le calcaire d'*Esino*, faciès phytogène (*Diplopora annulata*), qui envahit souvent tout l'étage et même le Virglorien, auquel cas il atteint jusqu'à 1 000 m d'épaisseur. On y trouve surtout des Gastéropodes de grande taille (*Omphalopychia Aldrovandi*, *Cœlostylina conica*, *Fedaiella monstrum*, *Marmolatella stomatia*, *Trachynerita depressa*, *Neritaria comensis*, etc.), des Lamellibranches (*Ostrea esinensis*, *Avicula caudata*, *Lima conocardium*, etc.), des Céphalopodes (*Arcestes esinensis*, *Trachyceras longobardicum*, *Arpadites Manzoni*, *cinensis*, *Pleuronautilus esinensis*, etc.) [73-78].

Le CARNIEN est représenté par un niveau marneux très constant, avec *Myophoria Kefersteini*, *Hærnesia bipartita*, *Myoconcha longobardica* [79, 79 *bis*]. On y observe quelquefois des intercalations de gypse et de cargneules.

Le NORIEN est constitué, comme dans les Alpes septentrionales, par des dolomies, où abondent quelquefois *Gyroporella vesiculifera*, *Gervilleia exilis*, *Megalodus Guembeli*, *Worthenia solitaria* [79 *ter*]. Au sommet se trouve un niveau à gros Lamellibranches du genre *Dicerocardium*.

*Tyrol méridional.* — Sur la rive gauche de l'Adige, la région frontière du Tyrol et de la Vénétie, connue sous le nom de *pays des Dolomies* ou *Dolomites*, est entre toutes une terre classique pour l'étude du Trias. Elle a fait l'objet des beaux travaux de F. von Richthofen [80], E. von Mojsisovics [XI, 6; 8], K. von Zittel [84], Salomon [83], Mrs Ogilvie-Gordon [81-82], etc., et cependant maint problème non résolu y retient encore l'attention des géologues. Il est peu de pays où les variations de faciès dans le sens horizontal fournissent à l'étude de pareilles facilités (pl. XCV-XCVII) et où en même temps les difficultés stratigraphiques résultant de ces variations se trouvent accumulées à un pareil degré. D'autre part, c'est précisément à cette circonstance que les Dolomites doivent leur charme tout particulier, car il n'est pas de contraste plus frappant que celui des terrains marneux aux



Cliché Würthle u. Sohn Nachfolger, Salzburg, Wien.

CALCAIRES DU WETTERSTEIN.

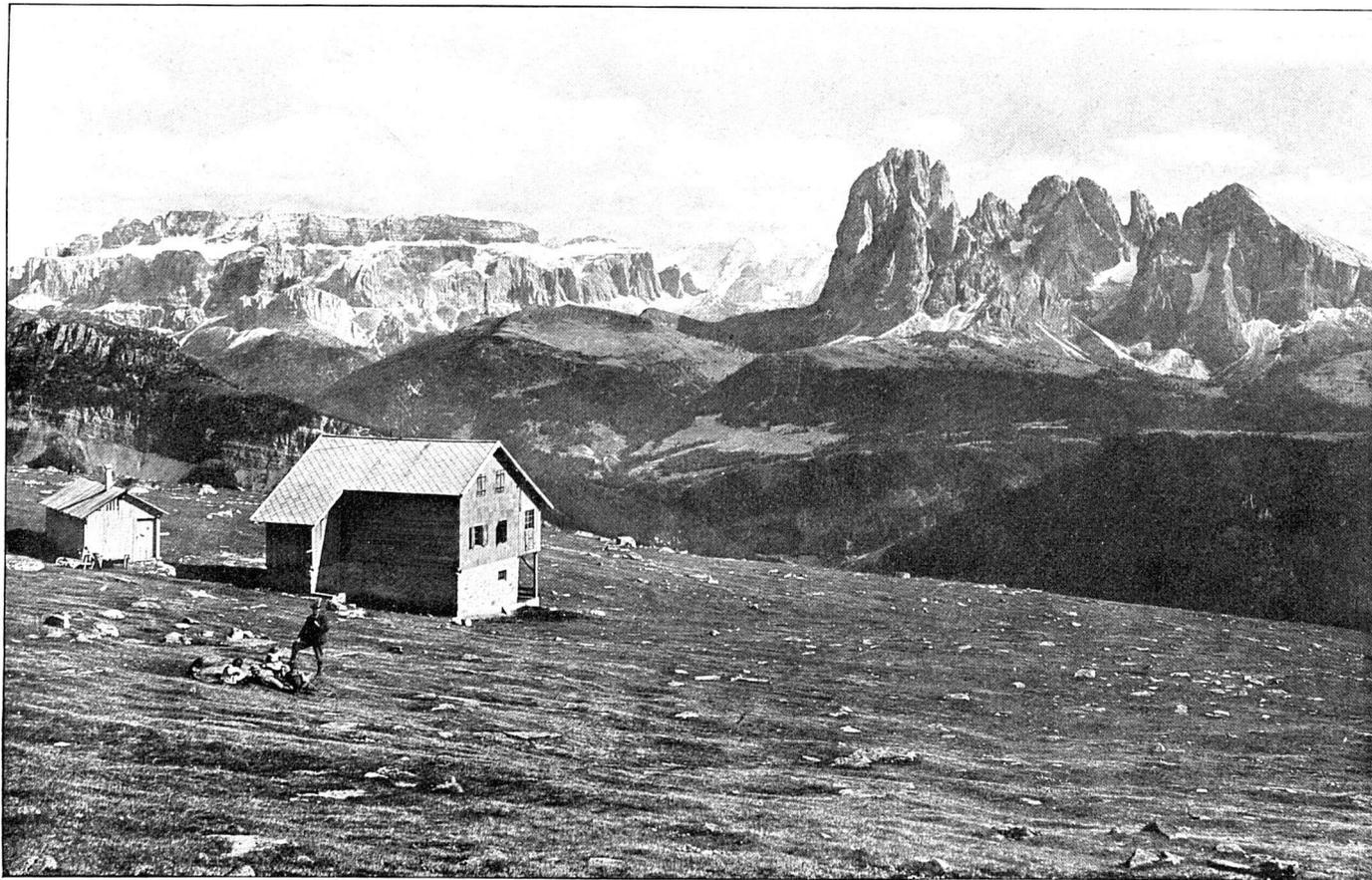
Zugspitze et Hochwanner, vus de la Knorrhütte.



Cliché Würthle u. Sohn Nachfolger, Salzburg, Wien.

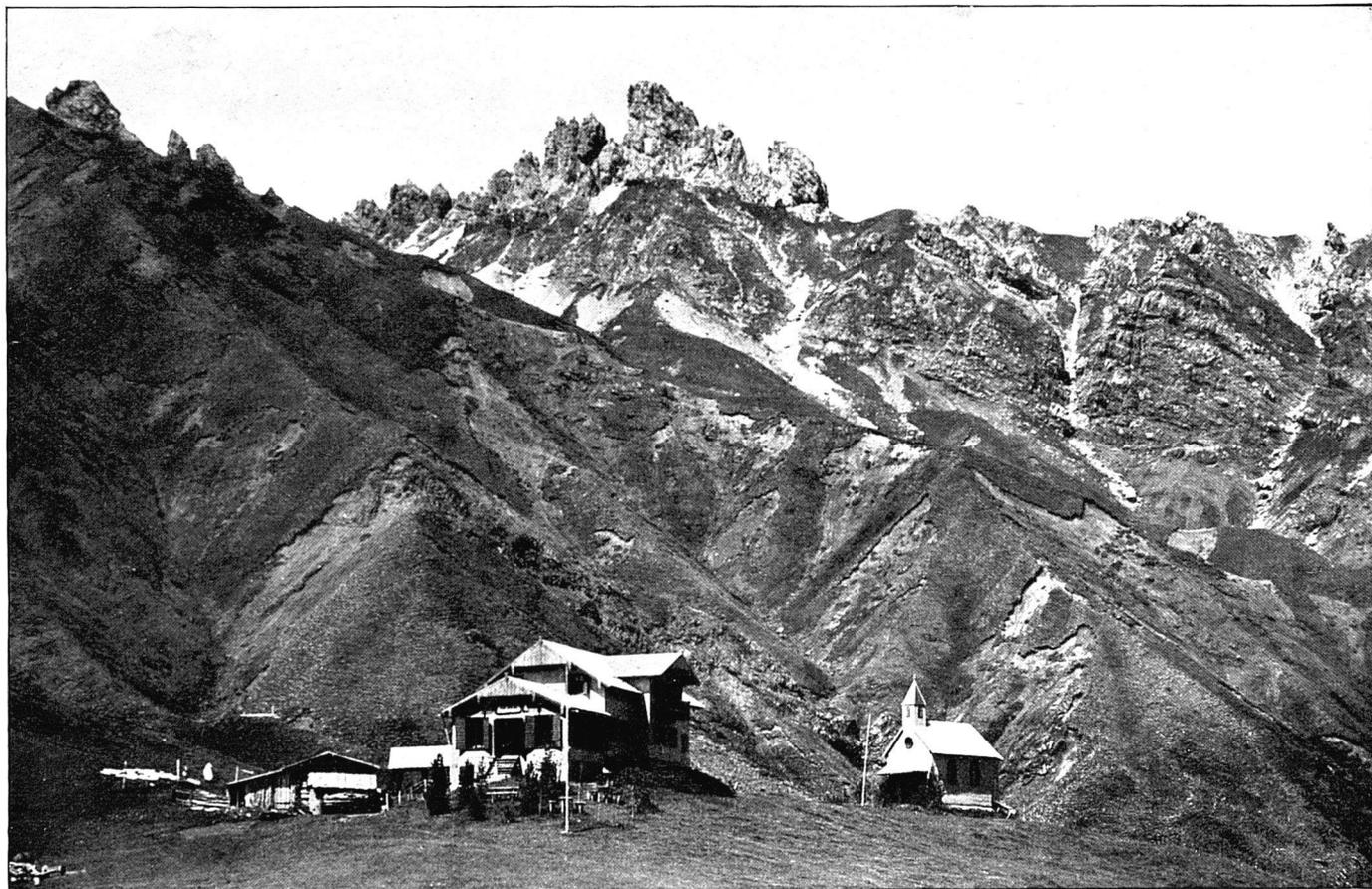
DOLOMIES LADINIENNES.

Tours de Vajolett, Rosengarten (Tyrol méridional).



Cliché Würthle u. Sohn Nachfolger, Salzburg, Wien.

MASSIFS DE SELLA ET DU LANGKOFEL  
vus du refuge de Raschötz, près St-Ulrich (Tyrol méridional).  
Massifs calcaires et dolomitiques isolés au milieu du faciès marneux.



Cliché Würthle u. Sohn Nachfolger, Salzburg, Wien.

LES ROSSZÄHNE, vus de la Seisser Alp (Tyrol méridional).  
Terminaison en biseau des couches dolomitiques dans les couches de Wengen marneuses.



Cliché Würthle u. Sohn Nachfolger, Salzburg, Wien.

LE MASSIF DE SELLA ET LE GRÖDENER JOCH, vu des Tschierspitzen.

Passage latéral des dolomies (escarpement inférieur) aux couches de Wengen marneuses (au-dessus du col) ; dolomie du Schlern (escarpement moyen) ; couches de Raibl (replat supérieur) ; calcaires noriens (escarpement supérieur) ; tufs volcaniques au premier plan.

formes reposantes et des massifs calcaires, dont chacun a son individualité propre (pl. XCV).

C'est d'ailleurs seulement dans le Trias moyen du pays des Dolomies que l'on observe de grandes modifications latérales dans la nature des sédiments, grâce au développement que les Zoanthaires constructeurs de récifs prennent en certains points. Dans le Trias inférieur et dans le Trias supérieur, l'uniformité des faciès est plus grande. D'autres complications résultent des éruptions volcaniques dont la région a été le théâtre au Trias ; nous nous en occuperons à la fin de ce chapitre. Par contre, si l'on fait abstraction de chevauchements et de failles d'importance secondaire, la tectonique de la région est assez simple, l'ensemble affectant la forme d'une immense vasque. La succession des couches, dont les dénominations remontent en grande partie à Richthofen, est résumée dans les lignes suivantes. Pour ce qui est du Ladinien elle peut servir de type, car non seulement le nom de cet étage mais encore ses zones paléontologiques sont empruntées à la région qui nous occupe.

WERFENIEN. Sur un socle constitué par la coulée de porphyre quartzifère, dont il a déjà été question (p. 801), et par les sédiments permien (grès de Gröden et calcaire à *Bellerophon*) repose une formation en grande partie détritique, qui représente le Trias inférieur. Richthofen y a établi deux subdivisions :

1° Les couches de Seis, débutant par un conglomérat de base et comprenant des schistes verdâtres micacés, des marnes sableuses, avec bancs de calcaires marneux et de dolomies, où se trouvent en abondance *Posidonomya Clarai*, *Myophoria lævigata*, *Anodontophora fassaensis*, *Bellerophon Vaccki*, etc. ;

2° Les couches de Campil, schistes rouges ou gris, micacés, très puissants, avec intercalations de grès à ripple-marks et de calcaires marneux, ces derniers devenant abondants vers la partie supérieure, où les dolomies et les couches de gypse et de sel prédominent sur les autres sédiments. Les fossiles les plus communs sont des Lamellibranches (*Pecten Fuchsi*, *Pseudomonotis aurita*, *venetiana*, *Myophoria costata*, *Anodontophora fassaensis*, etc.), des Gastéropodes (*Pleurotomaria*, *Turritella*, *Holopella gracilior*, *Natiria costata*, *Turbo rectecostatus*, Céphalopodes (*Tirolites cassianus*).

Virglorien. Tandis que, presque partout, dans les Alpes orientales, les Céphalopodes sont confinés dans le Virglorien supérieur, dans le pays des Dolomies c'est dans les calcaires sableux du Virglorien inférieur qu'on les rencontre, à l'exclusion du niveau supérieur, qui est représenté par des dolomies à *Diplopora pauciforata* et à Gastéropodes. Les Ammonoïdés sont fréquents à Prags, Dont, Val Inferna, où l'on trouve surtout *Ceratites binodosus*, *zoldianus*, *Balatonites balatonicus*, *bragsensis*, *Acrochordiceras pustericum*, *Meekoceras cadoricum*, *Ptychites Studeri*, *Arcestes Bramantei*. En divers points, ce sont les Brachiopodes qui prédominent et notamment *Rhynchonella decurtata*, *Cenothyris vulgaris*, *Mentzelia Mentzeli*.

LADINIEN. Le Ladinien du pays des Dolomies est représenté tantôt sous le faciès marneux, tantôt sous le faciès calcaire ou dolomitique et récifal. Dans le premier cas, on a pu y distinguer trois niveaux : les couches de *Buchenstein*, les couches de *Wengen* et les couches de *Saint-Cassian*. Le faciès calcaire ou dolomitique envahit quelquefois tout l'étage, mais le plus souvent il est localisé à un niveau déterminé, où il forme tantôt un massif lenticulaire, un véritable récif, passant au faciès marneux par des indentations répétées (fig. 34, 287 ; pl. XCVI, XCVII) ou délimité par une croupe d'aspect écaillé, sur laquelle s'appuient les couches du faciès marneux. C'est

surtout sur les bords du récif que les polypiers composés de Zoanthaires sont abondants; dans l'intérieur toute structure organique a d'ordinaire disparu. La transformation du calcaire en dolomie, qui est très fréquente, sans être tout à fait générale, semble s'être produite dans les eaux de la mer immédiatement après la mort des colonies.

Dans le cas des couches calcaires ou dolomitiques d'une grande extension horizontale, les Zoanthaires sont remplacés par des Algues calcaires de la famille des Codiaciées (*Diplopore*, *Sphaerocodium*). L'accumulation des incrustations calcaires de leurs thalles s'explique par l'existence de prairies d'Algues très étendues, où des Gastéropodes herbivores, dont les coquilles se rencontrent très fréquemment dans ces formations, trouvaient une nourriture abondante. Une couche de ces calcaires à *Diplopore*, particulièrement épaisse, s'intercale entre les couches de Buchenstein et les couches

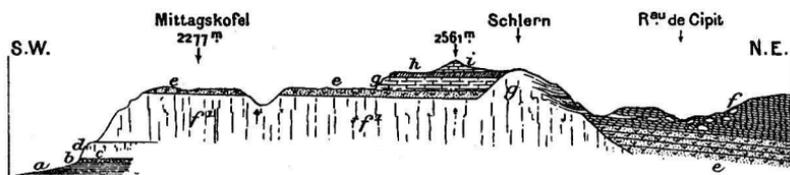


Fig. 287. — Coupe à travers le récif du Schlern, Tyrol méridional (d'après E. von Mojsisovics, figure extraite de E. SUESS, *la Face de la Terre*, t. II). Alternance de la Dolomie et des couches de Wengen sur le rebord externe et formations accumulées à l'intérieur du récif.

a, couches de Werfen; b, Virglorien inférieur; c, Virglorien supérieur; d, dolomie de Buchenstein; e, coulées de porphyre augitique; f, couches de Wengen, avec blocs arrachés au récif; g, dolomie de Wengen; h, dolomie stratifiée de Wengen et de Saint-Cassian; i, couches de Raibl; j, calcaire du Dachstein. — Échelle de 1 : 80.000 environ (hauteurs et longueurs).

de Wengen, c'est le calcaire de la Marmolata, qui renferme une faune de Céphalopodes, identique à celle d'Esino, qui n'existe pas dans le faciès marneux. La succession des niveaux est dès lors la suivante :

1<sup>o</sup> Zone à *Protrachyceras Reitzi*, ou couches de Buchenstein, avec *Proarcestes Trompianus*, *Joannites bathyolcus*, *Protrachyceras Curionii*, *Daonella Taramellii*;

2<sup>o</sup> Zone à *Dinarites avisianus*, ou calcaire de la Marmolata [8, 78, 83], avec *Pleuromitella Pichleri*, *Sageceras Waltheri*, *Megaphyllites obolus*, *Gymnites Eeki*, *Sturia forojulensis*, nombreux Gastéropodes (*Trachybembix*, *Worthenia*, *Neritopsis*, *Fedaella*, *Marmolatella*, *Hologyra*, *Neritaria*, *Lozonema*, *Omphaloptycha*, *Undularia*, etc.), *Daonella parthanensis*, *Diplopore porosa*, *herculea*; beaucoup d'espèces sont communes avec le calcaire d'Esino;

3<sup>o</sup> Zone à *Trachyceras Archelaus*, ou couches de Wengen, avec *Proarcestes subtridentinus*, *Joannites tridentinus*, *Monophyllites wengensis*, *Protrachyceras ladinum*, *doleriticum*, *longobardicum*, *Daonella Lommelii*, *Posidonomya wengensis*;

4<sup>o</sup> Zone à *Trachyceras Aon*, ou couches de Saint-Cassian [5-7, 85, 85 bis], comprenant :  
 a) les marnes à Saint-Cassian, renfermant, aux pâturages de Stuores, une faune pygmée extraordinairement riche, composée surtout de Céphalopodes (*Arcestes bicarinatus*, *Lobites pisum*, *Joannites Joannis Austriae*, *Nannites spurius*, *Monophyllites Agenor*, *Lecanites glaucus*, *Trachyceras Aon*, *Basileus*, *Badiotiles Eryx*, *Arpadites Sesostris*, *Klipsteinia Achelous*), de Gastéropodes (*Worthenia coronata*, *Trochus bistratus*, *Monodonta cassiana*, *Scalaria triadica*, *Pseudomelania subscalaris*), de Lamellibranches (*Nucula lineata*, *Macrodont strigilatum*, *Avicula Gea*, *Cardia crenata*), de Brachiopodes (*Cruratlula Eudora*, *Amphiclina amena*, *Spirigera indistincta*, *Koninckina Leonhardi*, *Koninckella triadica*), d'Echinides (*Cidaris*, *Hypodiadema*), de Crinoïdes, de Spongiaires;

b) les marnes à Spongiaires et Lamellibranches de la Seeland Alpe près Schluderbach.  
 Dans l'un et dans l'autre niveau s'intercalent des bancs de calcaires coralligènes (calcaires de Cipit) ou des récifs lenticulaires de petites dimensions.

Les tufs volcaniques prennent un grand développement dans les couches de Wengen et dans la partie supérieure des couches de Saint-Cassian; on considère également comme tels les *pietre verde*, qui, dans les couches de Buchenstein, alternent régulièrement avec des bancs de calcaire noduleux ou siliceux.

**CARNIEN.** L'étage Carnien, désigné d'ordinaire, dans les Alpes méridionales, sous le nom de *couches de Raibl*, est, dans le pays des Dolomies, un ensemble très complexe. La partie inférieure est souvent constituée par une masse épaisse de dolomie non stratifiée, la *dolomie du Schlern*, qui forme plusieurs des beaux sommets auxquels la région doit sa célébrité parmi les touristes (pl. XCIV, 2). Latéralement, cette dolomie passe, par des indentations multiples (fig. 287), à des tufs à *Pachycardia Haueri*, où l'on trouve de nombreux Gastéropodes et des Céphalopodes caractéristiques de la zone à *Trachyceras aonoides* (*Arcestes ausseanus*, *Joannites cymbiformis*). Les Gastéropodes sont surtout abondants et de très grande taille dans une couche rouge formant le sommet de dolomies stratifiées qui recouvrent le récif et qui affleurent sur le plateau du Schlern (*Undularia carinata*, *Pustularia alpina*) [86].

Certains bancs de la dolomie stratifiée sont de véritables prairies de Coralliaires. La série se termine souvent par des marnes à *Ostrea Montis Caprilis*, passant insensiblement aux dolomies de l'étage suivant.

**NORIEN.** Des calcaires et des dolomies à *Worthenia solitaria* occupent ici aussi le sommet du Trias et forment les beaux escarpements du massif de Sella (pl. XCVII) et les cimes aux formes si hardies qui environnent Cortina d'Ampezzo.

On y trouve quelquefois d'assez nombreux *Megalodon* à l'état de moules internes.

*Recoaro.* — Avant de nous diriger plus à l'est, il convient de dire quelques mots des environs de Recoaro et de Schio [87, 87 bis]. Dans cette région, située sur le bord sud des Alpes calcaires méridionales, le Trias affecte certains caractères qui montrent bien que, si la série du pays des Dolomies s'est déposée dans un géosynclinal, on se trouve ici sur le bord méridional de ce géosynclinal.

Le Werfenien rentre dans le type habituel des Alpes méridionales. Le Virglorien est connu, par contre, depuis longtemps par les remarquables affinités paléontologiques et lithologiques qu'il présente avec le Muschelkalk germanique. On y distingue :

a) calcaires à *Dadocrinus gracilis*, Ophiuridés, *Hærnesia socialis*, *Myophoria lævigata*, *Omphaloptycha gracilior*;

b) marnes bariolées et calcaires marneux à *Voltzia recubariensis*;

c) calcaires à Brachiopodes (*Rhynchonella decurtata*, *Cænothyris vulgaris*, *Spirigera trigonella*, *Mentzelia Mentzeli*, *Spiriferina hirsuta*), Lamellibranches, Crinoïdes, etc.;

d) calcaires à *Sturia Sansovinii*, Gastéropodes, Brachiopodes, Zoanthaires, représentant la zone à *Ceratites trinodosus*.

Le calcaire du *Monte Spitz* à *Diptopora* et *Sphærocodium*, avec Lamellibranches et Brachiopodes, mais sans Céphalopodes, correspond par sa position stratigraphique aux couches de Buchenstein. Il est recouvert par des alternances de tufs verts et rouges et de calcaires noduleux rouges ou gris, qui sont peu fossilifères à Recoaro, mais ont fourni à Tornquist [87] près de San Rocco, dans le Tretto, une faune tout à fait remarquable par la présence de *Ceratites Münsteri*, espèce extrêmement voisine de *Ceratites nodosus*, qui se trouve aussi dans le Muschelkalk d'Allemagne, de Provence et de Sardaigne. Ce Céphalopode est associé à des espèces caractéristiques des couches de Buchenstein et surtout des calcaires d'Esino et de la Marmolata, telles que *Protrachyceras Curionii*, *Arpadites Telleri*, *cincensis*, *Hungarites Mojsisovicsi*, et il fournit ainsi une donnée tout à fait précise, permettant d'établir le parallélisme des couches à *Ceratites nodosus* du Muschelkalk germanique avec un niveau déterminé, la zone à *Dinarites avisianus*, du Ladinien des Alpes méridionales.

Les couches à *Ceratites Münsteri* sont recouvertes par des produits volcaniques, qui les séparent du *Hauptdolomit* norien.

Il existe donc dans la région une grande lacune, correspondant au Ladinien moyen et supérieur et au Carnien. Le *Hauptdolomit* débute par un conglomérat. L'existence d'une pareille lacune et la prédominance des faciès calcaires dans le Virglorien et dans le Ladinien inférieur, à l'exclusion des faciès marneux à Céphalopodes, constituent un caractère particulier aux séries sédimentaires du bord des éosynclinaux.

*Alpes Juliennes.* — A l'est du pays des Dolomies et au sud de la chaîne paléozoïque des Alpes Carniques se trouvent les Alpes Juliennes, où la succession des couches triasiques diffère en quelques points essentiels de celle des régions voisines.

La coupe ci-dessous (fig. 288), due à Fr. Kossmat [88], résume la succession dans les environs de Raibl, en Carinthie. On y remarquera la présence de

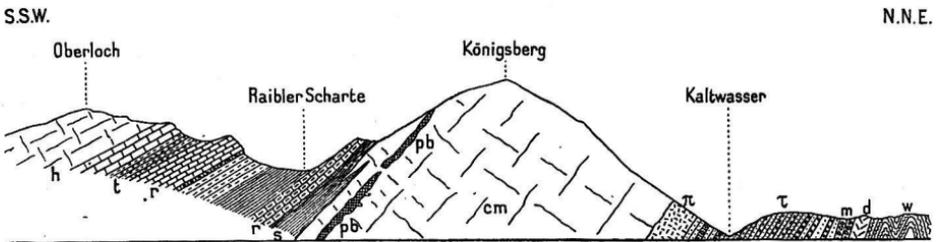


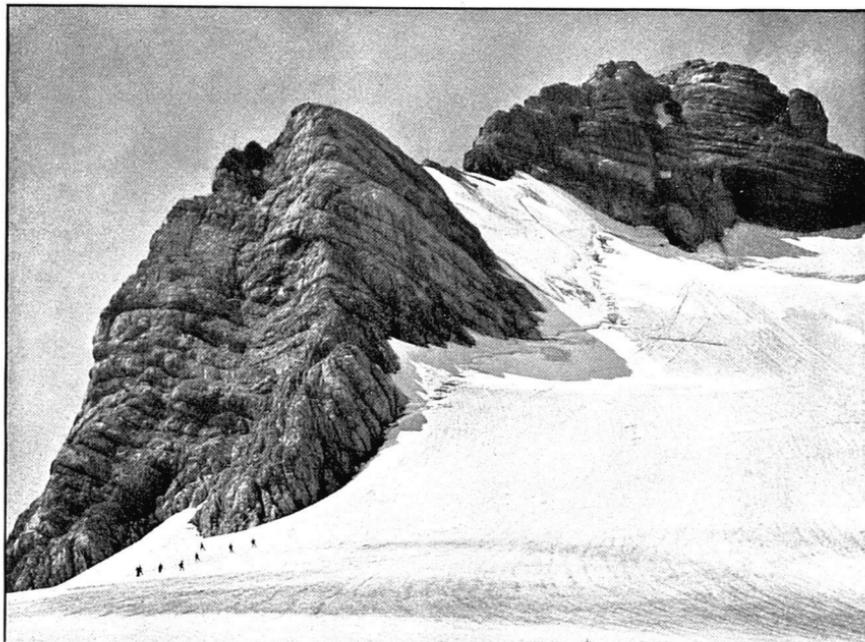
Fig. 288. — Coupe du Trias de Raibl en Carinthie (d'après FR. KOSSMAT).

w, Werfenien; d, dolomies du Werfenien supérieur; m, conglomérat de la base du Muschelkalk; τ, tufs de Kaltwasser; π, porphyre pétrosiliceux; cm, calcaire métallifère ladinien; pb, minerais de plomb et de zinc; s, schistes à Poissons; r-r, couches de Raibl proprement dites; t, couches du Torer Sattel; h, Hauptdolomit.

conglomérats dans le Virglorien et dans les tufs ladinien de Kaltwasser, puis celle de minerais de plomb et de zinc dans les calcaires et les dolomies du Ladinien supérieur, dont la partie supérieure passe latéralement aux célèbres *schistes à Poissons* de Raibl (*Belonorhynchus*, *Ptycholepis*, *Tetrachela*), qui renferment en outre des Plantes (*Voltzia*, *Pterophyllum*) et des Céphalopodes caractéristiques des deux zones à *Trachyceras Aon* et *Trachyceras aonoides*. Au-dessus viennent les *couches de Raibl* proprement dites, où abondent les Lamellibranches (*Myophoria Kefersteini*, *Whalleyæ*, *Odontoperna Bouéi*, *Myophoriopsis Rosthorni*), tandis que les Céphalopodes y sont plus rares (*Joannites cymbiformis*, *J. Joannis Austriae*), puis les *couches du Torer Sattel*, à *Ostrea Montis Caprilis* et *Joannites Gaytani*. On voit que le Carnien présente un développement tout différent de celui qui caractérise la zone du Gailthal, de l'autre côté de la chaîne paléozoïque des Alpes Carniques.

Plus à l'est, dans les Steiner Alpen, le Carnien prend quelquefois un faciès calcaire, le *Hauptdolomit* norien est de même remplacé par des calcaires coralligènes, avec Brachiopodes et rares Céphalopodes, tout à fait identiques aux calcaires du Dachstein, dont il sera question tout à l'heure. De la sorte, le Ladinien, le Carnien et le Norien viennent se confondre en une masse calcaire unique, où les fossiles permettent seuls d'établir des subdivisions.

*Hauts massifs des Alpes d'Autriche et de Salzbourg.* — Il existe sur le bord sud de la zone des Alpes calcaires septentrionales une série de hauts massifs



Cliché Würthle u. Sohn Nachfolger, Salzburg, Wien.

SOMMET DU DACHSTEIN (Haute-Autriche).  
Calcaires du Dachstein noriens.



Cliché Émile Haug.

SEUIL ENTRE GOISERN (Haute-Autriche) ET ALT-AUSSEE (Styrie).  
Calcaires de Hallstatt carniens du Raschberg, formant falaise,  
charriés sur les marnes du Zlambach noriennes, recouvertes de prairies.

aux formes abruptes, dont les plus connus sont le Steinernes Meer, le Hagen Gebirge, le Tennen Gebirge, dans les Alpes de Salzbourg, le Dachstein (pl. XCVIII, 1), la Rax Alpe et le Schneeberg, dans la Haute et la Basse-Autriche. Le Trias y présente un faciès particulier, qui contraste avec le faciès habituel de la zone et qui se trouve d'ailleurs aussi sur son bord septentrional, dans la Reiter Alm, le Latten Gebirge et l'Untersberg, près de Salzbourg<sup>1</sup>. Tous ces massifs sont de gigantesques lambeaux de recouvrement. Le Trias n'y est en général représenté que par ses termes supérieurs : Ladinien, Carnien et Norien.

Le LADINIEN est en général à l'état de dolomies, connues dans les Alpes de Salzbourg sous le nom de *dolomies de la Ramsau*. E. Böse [62] a trouvé à leur base, à l'Antenbichl, près Berchtesgaden, où elles reposent sur les couches de Werfen d'une autre nappe, des Gastéropodes caractéristiques des calcaires de la Marmolata.

Le CARNIEN est représenté par des couches à *Cardita Gumbeli*, marneuses ou calcaires, assez réduites, surtout si on les compare à la série si complexe du Carnien de la Basse-Autriche.

Le NORIEN est constitué par les *calcaires du Dachstein*, gris, d'origine organique, riches en Gyroporelles, en Coralliaires, en coquilles de *Megalodus* et de Gastéropodes. On y trouve aussi des Brachiopodes et, plus rarement, des Céphalopodes. Les calcaires sont tantôt disposés en gros bancs réguliers, comme au Dachstein et dans le Kater Gebirge, tantôt massifs, avec un aspect récifal, comme dans l'Untersberg, dans le Hagen Gebirge, au Schneeberg [89, 90], etc.

Le faciès de ces couches rappelle singulièrement celui qui caractérise le bord nord des Alpes calcaires méridionales, en particulier dans les Alpes Juliennes. Il est probable que c'est là que doivent être cherchées les racines de la nappe à laquelle appartiennent tous ces hauts massifs des Alpes de Salzbourg et d'Autriche.

*Type de Hallstatt.* — En réalité, cette nappe du Dachstein, est séparée de la nappe de Bavière sous-jacente, qui est continue depuis le Rhætikon jusqu'à Vienne, par une nappe moyenne, où le Trias affecte un type tout à fait spécial, dont la présence au milieu de formations hétéropiques est inexplicable, si l'on ne fait pas appel à l'hypothèse des nappes [55]. Peut-être cette nappe moyenne comprend-elle, en divers endroits, comme par exemple dans les environs de Hallstatt et d'Aussee, deux nappes distinctes superposées, que l'auteur de ce Traité a désignées par les dénominations de *nappe du Sel* et de *nappe de Hallstatt* [55]; ailleurs cette distinction est difficile à établir; aussi les envisagerons-nous ici, pour la commodité de l'exposition, comme une nappe unique.

Si l'on fait abstraction des affleurements de Hall, dans le Tyrol, dont l'interprétation est encore douteuse, et du lambeau peu étendu d'Unken, la nappe moyenne n'est pas connue avec certitude à l'ouest de la Saalach, pas plus d'ailleurs que la nappe supérieure. Elle prend un grand développement dans les Alpes de Salzbourg et dans le Salzkammergut, où elle apparaît dans deux grandes fenêtres (pl. X, 1), au milieu de massifs qui appartiennent à la nappe supérieure, et où elle recouvre, à son tour, la

1. Le Todles Gebirge, au nord-est d'Aussee, en Styrie, constitué en grande partie par les calcaires du Dachstein, appartient, d'après les dernières observations de l'auteur, à une nappe indépendante, inférieure à la nappe de Hallstatt. (*Note ajoutée pendant l'impression*).

nappe de Bavière, dans les endroits où l'érosion a suffisamment entamé l'empilement de nappes. Elle est d'ailleurs souvent discontinue, en raison, sans doute, de l'écrasement intense qu'elle a subi et de l'inégale plasticité de ses couches. Dans la Basse-Autriche on en connaît également des lambeaux incontestables.

La succession des couches triasiques qui caractérise la nappe de Hallstatt (nappe du Sel comprise) peut être résumée de la manière suivante [7, 91-94].

**TRIAS INFÉRIEUR.** Les *couches de Werfen* tirent leur nom du bourg de Werfen (Salzbourg), où elles prennent un grand développement et font partie de la nappe moyenne. Elles présentent la plus grande analogie avec le Verrucano de l'Apennin et des Alpes occidentales et reposent sur des schistes siluriens, qui sont également charriés. Peu à peu les grès grossiers font place à des schistes rouges et violets très sableux, qui finissent par devenir argileux, en prenant des teintes variées. Dans ces argiles bariolées s'intercalent des lentilles de gypse et des couches quelquefois épaisses de sel gemme. Le tout a souvent foisonné sous l'action des pressions que les couches ont subies et il s'est produit quelquefois une véritable injection d'une brèche salifère dans les couches supérieures, qui sont fracturées dans tous les sens.

C'est cette formation bréchoïde, appelée *Haselgebirge*, qui est exploitée, à Berchtesgaden, Hallein, Ischl, Hallstatt et Aussee, dans des salines qui ont valu son nom au Salzkammergut.

Dans la partie supérieure des argiles bariolées, s'intercalent des bancs de grès à *Lingula tenuissima*, d'oolithes à *Myophories* et de calcaires à *Natiria costata*. Ces derniers ont fourni le seul exemplaire de *Tirolites cassianus* trouvé dans les Alpes de Salzbourg. Dans la Basse-Autriche, par contre, on a recueilli, en plusieurs points, mais sur le bord sud des Alpes calcaires septentrionales seulement, outre cette espèce, *Tirolites idrianus* et de nombreux Lamellibranches caractéristiques du Werfenien des Alpes méridionales. Il est très probable que ces couches fossilifères appartiennent à la nappe moyenne et non à la nappe inférieure.

**TRIAS MOYEN.** Le Virglorien est souvent représenté par des dolomies sans fossiles, mais celles-ci peuvent être remplacées soit par des calcaires noirs noduleux du type de Reifling, soit par des calcaires rouges, marmoréens, qui représentent la zone à *Ceratites trinodosus*. A la Lärcheck, près Hallein [94], et surtout à la Schreyer Alm et à la Schiechlinghöhe [95], près Hallstatt, certains bancs sont très riches en Céphalopodes (*Atracites*, *Proarcestes Bramantei*, *Procladiscites Brancoi*, *Sturia Sansovinii*, *Ptychites flexuosus*, *eusomus*, *gibbus*, *Megaphyllites sandalinus*, *Monophyllites sphaerophyllus*, *Ceratites trinodosus*, *Pinacoceras Damesi*, *Pleuronautilus Mosis*, *Orthoceras campanile*) et en Brachiopodes (*Rhynchonella*, *Spirigera*, *Spiriferina*, etc.).

On a souvent indiqué l'existence d'une lacune dans la succession du Trias du type de Hallstatt, correspondant au Ladinien, mais cet étage paraît représenté par des dolomies sans fossiles ou par des calcaires analogues à ceux de Reifling.

**TRIAS SUPÉRIEUR.** Dans le Salzkammergut, on observe souvent, au-dessus des dolomies du Trias moyen, des marnes grises assez puissantes, connues sous la dénomination de *couches du Zlambach*. Leur faune comprend surtout diverses espèces de Céphalopodes déroulés, appartenant aux genres *Choristoceras*, *Cochloceras*, *Rhabdoceras*, des *Celtites*, des *Arcestes*, des *Cladiscites*, *Megaphyllites insectus*, puis *Monolis salinaria*. C'est là, comme on le verra tout à l'heure, une faune norienne. Des bancs calcaires à nodules de silex, qui s'y trouvent intercalés, contiennent, en abondance, un Brachiopode du

calcaire du Dachstein, *Halorella pedata*. Vers le haut, les calcaires noduleux deviennent prédominants et renferment, à la Pötschenhöhe, près Aussee, une faune appartenant à un niveau tout à fait élevé du Norien, caractérisé par *Distichites Minos* et *Sirenites Argonautæ*. Au sommet, les couches du Zlambach passent insensiblement au Rhétien. Il y a des points toutefois où elles supportent, certainement en superposition anormale, des calcaires de Hallstatt d'âge carnien ou norien (pl. XCVIII, 2), qui, ailleurs, font suite normalement à des dolomies ladinienes.

Ces calcaires constituent le type le plus répandu du Trias supérieur de la nappe moyenne. Leurs relations stratigraphiques avec les faciès marneux sont encore mal connues et ce n'est que récemment que la succession vraie des faunes a pu y être établie d'une façon satisfaisante, car, en aucun point, on n'a pu observer en superposition directe leurs différentes zones paléontologiques. Les fossiles y sont répartis d'une manière très irrégulière, en lentilles ou en nids, où certaines espèces se rencontrent en très grande abondance, tandis qu'à peu de distance le même banc est à peu près dépourvu de restes organiques [91].

La roche prédominante dans les calcaires de Hallstatt est un calcaire à pâte fine, à cassure esquilleuse, rougeâtre, jaunâtre, ou gris clair, en bancs épais, sans délits marneux. On rencontre aussi des bancs rouge foncé, quelquefois noduleux, ou des calcaires bréchoïdes, ou encore des dolomies. La ressemblance des calcaires de Hallstatt avec certains calcaires jurassiques, avec les marbres griottes du Dévonien ou encore avec les marbres cambriens de la vallée de la Laize est assez frappante.

Leur épaisseur totale est d'environ 200 m et contraste avec l'immense épaisseur des calcaires du Dachstein. Ils forment d'ailleurs souvent des lambeaux de peu d'étendue, fragments d'une nappe écrasée entre la nappe inférieure et la nappe supérieure.

Les organismes les plus abondants sont les Lamellibranches à test mince des genres *Daonella*, *Halobia* (pl. XC) et *Monotis* (pl. XCIX, 1), puis les Céphalopodes [7] et en particulier le genre *Arcestes*. Les Gastéropodes [96], les Brachiopodes [5] pullulent également en certains points. On a signalé en outre un Crinoïde, le genre *Traumatocrinus*, et un Hydrozoaire, *Heterastridium*. Il est évident que l'on est en présence de formations appartenant aux parties les plus profondes de la région bathyale. La succession des zones paléontologiques à laquelle E. von Mojsisovics s'est arrêté dans ses derniers travaux est reproduite ci-dessous avec l'indication des principales localités du Salzkammergut et des Ammonoïdés les plus caractéristiques. Elle peut servir d'échelle stratigraphique pour les comparaisons avec les dépôts carniens et noriens des autres régions du Globe

#### CARNIEN :

1° Zone à *Trachyceras aonoides*, comprenant les lentilles à *Trachyceras austriacum*, à *Lobites ellipticus* du Feuerkogel, du Röthelstein et du Raschberg, près Aussee : *Proarcestes Gaytani*, *bicarinatus*, *Arcestes periolcus*, *Joannites cymbiformis*, *J. Joannis Austriae*, *Jovites dacus*, *Juvavites subinterruptus*, *Tropites styriacus*, *Styrites tropitifformis*, *Margarites circumspinitus*, *Cellites faustus*, *Tropicellites Raimundi*, *Arpadites Dorceus*, *Clionites Doræ*, *Protrachyceras Rudolphi*, *Clydonites Vesta*, *Sirenites senticosus*, *Diplosirenites Raineri*, *Pompeckjites Layeri*, *Megaphyllites Jarbas*, *Sageceras Haidingeri*, *Carnites floridus*, *Monophyllites Simonyi*;

2° Zone à *Tropites subbullatus*, comprenant les lentilles du Vorderer Sandling et du Raschberg, près Aussee, où cette espèce abonde, et la lentille à *Thisbites Agricola* du Vorderer Sandling : *Arcestes Ciceronis*, *Sagenites inermis*, *Paulotropites Janus*, *Paratropites Phæbus*, *Margarites Jokelyi*, *Polycyclus nasturtium*, *Anasirenites Menelaus*, *Megaphyllites humilis*, *Pinacoeras rex*, *Mojsvarites eugyrus*.

## NORIEN :

1° Zone à *Discophyllites patens*, très riche en Gastéropodes au Someraukogel, près Hallstatt : *Arcestes colonus*, *Dimorphites fissicostatus*, *Placites myophorus*;

2° Zone à *Sagenites Giebeli*, calcaires bréchoïdes du Leisling, près Goisern : *Cladiscites obesus*, *Halorites ferox*, *Polycyclus leisingensis*, *Rhabdoceras Suessi*, *Pinacoceras parma*, *Discophyllites neojurensis*;

3° Zone à *Cladiscites ruber*, comprenant la lentille à Gastéropodes du Milchbrunnkogel, près du Vordere Sandling et celle à *Glyphitides docens* du Röthelstein, près Aussee : *Arcestes agnatus*, *nannodes*, *biceps*, *Cladiscites neortus*, *Paracladiscites diurnus*, *Sibirites protractus*, *Dionites Asbolus*, *Megaphyllites insectus*;

4° Zone à *Cyrtolepturites bicrenatus*, du Milchbrunnkogel et du Someraukogel : *Didymites globus*, *tectus*, *Halorites superbus*, *Juvavites Ehrlichi*, *Clionites Laubei*, *Drepanites Hyatti*, *Heraclites robustus*, *Distichites Harpalos*, *Discophyllites debilis*;

5° Zone à *Pinacoceras Metternichi*, signalée dans plusieurs localités dans des marbres gris et dans les calcaires blancs à Crinoïdes du Steinbergkogel, près Hallstatt : *Arcestes gigantogaleatus*, *oligosarcus*, *Cladiscites tornatus*, *Halorites calenatus*, *Sagenites princeps*, *Rhabdoceras Suessi*, *Celittes Arduini*, *Placites oxyphyllus*.

Cette dernière zone se place exactement au même niveau que le niveau fossilifère des couches du Zlambach, avec lequel elle possède en commun de nombreuses espèces. D'après Mojsisovics, elle serait un peu plus ancienne que les calcaires à *Sirenites Argonautæ* de la Pötschenhöhe, qui renfermeraient la faune la plus récente du Norien.

On voit par cet aperçu que le type de Hallstatt du Trias alpin ne présente guère d'affinités avec la série caractéristique de la nappe inférieure des Alpes calcaires septentrionales. En revanche, divers termes possèdent des relations très étroites avec les niveaux correspondants des Alpes calcaires méridionales au sud de la Gail. Pour le Werfenien les rapports lithologiques et paléontologiques sont frappants. Les calcaires rouges de la zone à *Ceratites trinodosus* se retrouvent avec des caractères identiques, comme nous le verrons tout à l'heure, en Bosnie et sur toute la longueur des Alpes Dinariques. Les calcaires de Hallstatt ont leurs analogues dans le Carnien des mêmes régions. De plus, la faune de la zone à *Tropites subbullatus* a été découverte par Geyer, près de Sappada, dans le Frioul septentrional, dans des calcaires noirs à Céphalopodes (*Tropites*, *Juvavites*, *Sagenites*, *Dimorphites*) et à Brachiopodes [97].

Dans la même région, des calcaires rouges et gris, rappelant en tous points les calcaires de Hallstatt, ont fourni, au Monte Clapsavon, une faune ladiniennne riche en Céphalopodes : *Dinarites Misanii*, *Arpadites Arpadis*, *Protrachyceras Archelaus*, *Sturia semiarata*, *Monophyllites wengensis*, *Proarcestes*, etc.) [98].

Aucune formation semblable n'a été signalée jusqu'ici dans la nappe de Bavière. Par contre, la faune des calcaires à *Halorella* intercalés dans les couches du Zlambach et quelques Céphalopodes noriens ont été rencontrés dans les calcaires du Dachstein de la nappe supérieure, dont nous avons été amenés à placer la racine au sud de la zone du Gailthal. Tout conduit donc à rechercher les racines de la nappe moyenne dans les Alpes calcaires méridionales. L'étude du prolongement vers l'est des diverses zones des Alpes orientales nous permettra de serrer de plus près le problème du lieu d'origine des diverses nappes.

APENNIN MÉRIDIONAL ET SICILE. — Auparavant, il est nécessaire de revenir en arrière et d'indiquer sommairement les caractères du Trias dans la partie des Dinarides qui constitue le prolongement occidental et méridional des Alpes méridionales, c'est-à-dire dans l'Apennin et en Sicile; nous aurons ainsi fermé la ceinture de dépôts triasiques qui entoure la Méditerranée occidentale, puisque nous nous sommes déjà occupés de l'Afrique du Nord.

L'Apennin central n'est autre chose, dans ses parties profondes tout au moins, que la réapparition des Alpes calcaires méridionales de l'autre côté de la plaine quaternaire du Pô et au delà du manteau schisteux qui masque la continuité des deux chaînes. Le Trias supérieur seul y apparaît dans les anticlinaux sous la forme de calcaires ou de dolomies noriennes à *Megalodus*. Dans la Calabre, par contre, on voit affleurer la série triasique jusqu'au Ladinien, représenté, d'après E. Böse et G. de Lorenzo [99], par des calcaires à *Halobia*, par des schistes siliceux à Radiolaires et par des calcaires zoogènes, qui renferment quelques-unes des Ammonites les plus caractéristiques des calcaires d'Esino et de la Marmolata. Le Carnien a fourni plusieurs espèces de Lamellibranches des couches de Raibl et le Norien continue à être caractérisé par *Worthenia solitaria* et *Gervilleia exilis*.

En Sicile, les dislocations atteignent une telle ampleur que nulle part une succession complète des couches triasiques n'a pu être observée. Les termes inférieurs sont mal définis et peu fossilifères, en revanche le Carnien et le Norien renferment des faunes extrêmement riches, qui font l'objet d'un beau mémoire posthume de Gemmellaro [100].

Les deux étages sont représentés, dans les provinces de Palerme et de Girgenti, par des calcaires à *Halobia* (*H. sicula*, *insignis*, *mediterranea*), *Donaella styriaca*, *Monotis Stoppanii* et Posidonomyes, alternant avec des bancs à Céphalopodes, qui se répartissent dans les deux zones à *Trachyceras aonoides* et à *Tropites subbullatus* du Carnien et dans les niveaux inférieurs du Norien. La répartition des diverses espèces dans ces différents horizons est assez mal connue. Les genres d'Ammonoidés les plus abondants sont les suivants : *Arcestes*, *Clatiscites*, *Megaphyllites*, *Tropites*, *Eutomoceras*, *Margarites*, *Sagenites*, *Jovites*, *Gonionotites*, *Juvavites*, *Didymites*, *Discophyllites*, *Pinacoceras*, *Styrites*, *Buchites*, *Thisbites*, *Siculites*, *Drepanites*, *Mojsisovicsites*, *Sirenites*, *Rhabdoceras*. Si l'on fait abstraction de quelques genres spéciaux à la Sicile, on voit que la composition de la faune est sensiblement la même que celle des calcaires de Hallstatt. Le nombre des espèces signalées à la fois dans les deux groupes de gisements est peu considérable, il le serait certainement davantage, si les deux auteurs qui ont étudié les deux faunes ne professaient pas une conception aussi étroite de l'espèce. On peut citer surtout *Megaphyllites humilis*, *insectus*, *Margarites Jokleyi*, *Sagenites inermis*, *Didymites globus*, *Styrites collegialis*, *Sirenites Pamphagus*, etc.

L'existence, dans la Sicile occidentale, de faunes possédant un caractère alpin aussi accentué est d'autant plus extraordinaire que dans l'Atlas, dont les plissements ont été souvent envisagés comme la continuation directe de ceux de la Sicile, on ne connaît aucune formation analogue et que, en particulier en Tunisie, le Trias affecte un caractère lagunaire très prononcé. Cette anomalie ne s'explique que si l'on admet que le prolongement occidental de la zone triasique de Sicile passait au nord de l'Atlas, au large des côtes actuelles de l'Afrique du Nord.

EUROPE ORIENTALE. — Revenons maintenant à l'extrémité opposée de la chaîne des Alpes et voyons ce que deviennent vers l'est, c'est-à-dire dans les Karpates, en Hongrie et dans les Alpes Dinariques, les zones isopiques que nous avons distinguées dans les Alpes orientales.

*Karpates*. — Il a déjà été question plus haut du Trias de la nappe Tatrique et de la nappe Subtatrique des Karpates. Cette dernière est envisagée par V. Uhlig [54] comme la suite de la nappe inférieure des Alpes calcaires septentrionales, c'est-à-dire de la nappe de Bavière, quoique le Trias se

termine, dans les deux cas, par des formations totalement différentes. Au sud des affleurements de ces deux nappes vient la *ceinture interne* des Karpates.

Le Trias y présente beaucoup d'analogies avec le type de Hallstatt. Il débute par des couches de Werfen très fossilifères, sa partie moyenne est en général dolomitique et sa partie supérieure est constituée par des calcaires qui ressemblent beaucoup à ceux de Hallstatt. A Dernö, dans le comitat de Gömör, ils renferment une faune [92] qui indique la présence de la zone à *Pinacoceras Metternichi* du Norien supérieur (*Stenarcestes subumbilicatus*, *Cladiscites tornatus*, *Mojsvarites Clio*, *Celtites Arduini*, *Peripleurites Bæckhi*, *Placites oxyphyllus*, Gastéropodes, Lamellibranches, Brachiopodes). Uhlig pense actuellement que cette série triasique appartient, de même que le Carbonifère de Dobschau, à une nappe supérieure à la nappe Subtatrique et d'origine plus méridionale.

Dans les monts Bihar et Kodru, dans le nord-ouest de la Transylvanie, le Trias présente les mêmes faciès et appartient peut-être à la même nappe de Hallstatt. On y a signalé des calcaires rouges virgloriens à *Ptychites Loczyi* et *Ceratites hungaricus*, des dolomies ladinienes à *Diplopora annulata* et Gastéropodes, des couches carniennes à *Tropites subbullatus*, des calcaires rouge brun noriens à *Cladiscites tornatus*.

De vastes lambeaux de recouvrement, qui font manifestement partie de la même nappe, existent dans les Karpates orientales, en Bukowine et, dans la haute vallée de la Bistritsa, sur les confins de la Moldavie et de la Transylvanie [53]. Fait très remarquable, ici le faciès des calcaires de Hallstatt se rencontre non seulement dans le Virglorien et dans le Trias supérieur mais encore, comme au Monte Clapsavon, dans le Ladinien. Les calcaires rouges de Pareu Kailor ont fourni *Monophyllites wengensis*, *Protrachyceras Archelaus*, *Sageceras Walteri*, *Daonella Lommeli*, *Posidonomya wengensis*, espèces caractéristiques des couches de Wengen. Au-dessus viennent des calcaires carniens à *Jovites dacus* et des calcaires noriens à *Arcestes*, *Cladiscites*, *Halorites*, *Megaphyllites insectus*, *Discophyllites neojurensis*, *Distichites celticus*, etc.

*Dobrogea*. — Il est difficile de ne pas attribuer encore à la même nappe une partie des couches triasiques de la Dobrogea, en Roumanie. Les calcaires rouges de Haghghiol à *Procladiscites*, *Ptychites*, *Megaphyllites sandalinus*, *Monophyllites sphaerophyllus*, *Sturia Sansovini* sont identiques aux calcaires virgloriens de la Schreyer Alm, près Hallstatt. Le faciès des calcaires de Hallstatt embrasse également, comme en Bukowine, le Ladinien, le Carnien et le Norien, dont les espèces les plus caractéristiques ont été recueillies par Redlich, par Anastasiu [101] et par Kittl [102]. Par contre, le Muschelkalk à *Encrius liliiformis* et *Ceratites Münsteri* var. *romanica* [103], signalé par Anastasiu, appartiendrait à la série autochtone. Les observations récentes n'en ont toutefois pas confirmé l'existence.

*Forêt de Bakony*. — Avec la nappe de la ceinture interne et de la Transylvanie, la série des nappes des Karpates, qui se succèdent du nord au sud, n'est pas épuisée; Uhlig considère encore comme telle la chaîne du Centre de la Hongrie, que l'on désigne d'habitude sous le nom de Forêt de Bakony, et il y voit, avec toutes les réserves qu'impose le défaut de continuité, la continuation vers l'est de la plus élevée des nappes des Alpes orientales, par conséquent de la nappe des Alpes calcaires méridionales. La succession des couches triasiques, qui est actuellement, au moins au point de vue paléontologique [3, 104], une des mieux connues d'Europe, confirme abso-

lument cette manière de voir; la voici, très sommairement résumée<sup>1</sup>, d'après G. von Arthaber [3]:

WERFENIEN. 1° Grès micacés à *Pseudomonotis Clarai* (couches de Seis);

2° Marnes et oolithes à *Myophoria præorbicularis*, *Balatonis*, *Natiria subtilistriata* (couches de Campil inférieures);

3° Calcaires marneux à *Tirolites cassianus*, *spiniplicatus*, *Dinarites nudus*, *muchianus*, *Aspidites eurasiaticus*, *Natiria costata* (couches de Campil moyennes);

4° Calcaires en plaquettes à *Myophoria costata* (bancs à Myophories du Tyrol méridional).

VIROGLORIEN. 1° Dolomies à *Balatonites balatonicus*, *Ptychites domatus* (couches à *Ceratites binodosus* de Prags);

2° Calcaires à *Rhynchonella decurtata*, *Cænothyris vulgaris*, *Spirigera trigonella*, *Mentzelia Mentzeli* (calcaires à Brachiopodes de Recoaro);

3° Calcaires noirs, rarement rouges, à *Ceratites trinodosus*, *cordevolicus*, *Balatonites Zitteli*, *Ptychites flexuosus*, *gibbus*, *Longobardites breguzzanus*, *Halobia Sturi*, etc. (calcaires noirs à *Ceratites trinodosus* de Lombardie);

4° Couches de passage au Ladinien, avec *Dinarites Laczkoi*, *Hungarites Emiliae*, etc.

LADINIEN. 1° Calcaires noduleux, avec marnes vertes, bancs de silex et tufs, à *Protrachyceras Reitzi*, *Ceratites hungaricus*, *Arpadites Liepoldti*, *Hungarites Majsisovicsi*, *Ptychites aculus* (couches de Buchenstein);

2° Calcaires rouges à silex, avec *Proarcestes subtridentinus*, *Protrachyceras Villanova*, *Arpadites Arpadis*, *cinensis* (? calcaires d'Esino et de la Marmolata);

3° Calcaires de Füred, bien stratifiés, à *Protrachyceras Archelaus*, *Trachyceras doleriticum*, *Celtites epolensis*, *Joannites tridentinus*, *Daonella Lommeli* (couches de Wengen);

4° Marnes et calcaires marneux à *Rhynchonella lingulifera*, *Koninckina Leonhardi*, *Amphiclina amœna*, *Ctenodonta elliptica*, *Nucula strigillata* (couches de Saint-Cassian).

CARNIEN. 1° Marnes à *Cuspidaria gladius*, *Myophoria chenopus*, *Hærnesia Joannis Austriae*, *Halobia rugosa*, *Trachyceras austriacum*, *Carnites floridus*, *Sirenites Iphigeniae* (couches de Raibl inférieures);

2° Calcaires marneux et marnes à *Physocardia Hornigi*, *Ostrea Montis Caprilis*, *Gonoacus Mellingeri*, *Avicula aspera*, *Placochelys placodonta* (couches de Raibl supérieures).

NOIEN. Dolomies stratifiées, avec *Megalodus triquetus*, *Tofanae*, *Guembeli*, à la base, et *Megalodus Loczyi*, *Laczkoi*, *Bœckhi*, au sommet, accompagnés de *Worthenia solitaria* (Hauptdolomit).

De cet aperçu ressort l'identité parfaite avec la succession dans les Alpes calcaires méridionales et l'absence totale d'affinités lithologiques et paléontologiques avec les Alpes calcaires septentrionales ou avec la zone du Gailthal, si ce n'est toutefois dans les marnes qui correspondent aux couches de Raibl inférieures.

*Alpes Dinariques.* — Les Alpes Dinariques sont incontestablement la continuation directe des Alpes calcaires méridionales, néanmoins on constate, en divers points de cette région, avec le type de Hallstatt, des analogies frappantes, qui portent sur certains termes, sans s'étendre à l'ensemble de la succession.

Déjà dans un chaînon plus septentrional, dirigé de l'ouest à l'est, dans la Kuna gora, près Pregrada, en Croatie, se trouve un affleurement de calcaires rouges virglorensiens, identiques, même par leur faune, à ceux de la Schreyer Alm, près Hallstatt. Gorjanović-Kramberger [103] y a recueilli de nombreuses espèces qui ne laissent aucun doute à cet égard (*Ptychites Studeri*, *Sutneri*, *Sturia Sansovinii*, *Monophyllites sphærophyllus*, *Suessi*, *Norites gondola*, *Ceratites trinodosus*, *Balatonites gemmatas*, *Gymnites incultus*, *Palmai*, *Norella retractifrons*, etc.).

Les Ammonites sont fortement déformées, car les couches presque verti-

1. Les équivalents dans le pays des Dolomies ou dans d'autres régions des Alpes calcaires méridionales sont indiqués entre parenthèses.

cales ont subi un laminage intense. D'autres calcaires renferment des *Halobia* et représentent probablement les calcaires de Hallstatt. Des lambeaux de diabase et de mélapyre complètent encore les analogies avec la nappe de Hallstatt, où l'on a signalé des pointements de ces deux roches, tandis que l'on n'en connaît point dans les deux autres nappes des Alpes calcaires septentrionales.

Plus au sud, sur le bord septentrional des Alpes Dinariques, on ne retrouve pas tout d'abord ces faciès spéciaux, et le Trias de la Carniole et de la Croatie méridionale diffère peu de celui du Tyrol méridional et de la Vénétie. Par contre, sur le bord adriatique des Alpes Dinariques, les affinités avec la nappe de Hallstatt reparaissent.

Le Werfenien ne diffère guère du type habituel des Alpes méridionales, si ce n'est qu'en divers points de la Croatie méridionale, de la Dalmatie et de l'Herzégovine, et en particulier à Muç, en Dalmatie, la partie supérieure de l'étage est plus riche en Ammonoïdés que dans n'importe quelle autre région de l'Europe. E. Kittl [106] a décrit de ces localités une soixantaine d'espèces, qui se répartissent dans les genres *Dinarites*, *Tirolites*, *Stacheites*, *Ceratites*, *Kymatites*, *Meekoceras*, *Dalmatites*. Les deux premiers offrent une variété de formes extraordinaire, tandis que tous les autres ne sont représentés chacun que par une seule espèce.

Le Virglorien est représenté tantôt par un faciès à Brachiopodes et Lamellibranches, calcaire, marneux ou sableux, tantôt par un faciès calcaire à Céphalopodes, identique à celui de la Schreyer Alm. Les caractères lithologiques et l'état de conservation des fossiles sont absolument les mêmes, dans quelques localités dalmates aussi bien en Bosnie [107, 107 bis] et au Montenegro [108-109], que dans les gisements du Salzkammergut. La faune de Han Bulog et de Haliluci en Bosnie est d'une richesse remarquable [107, 107 bis], elle renferme la plupart des espèces caractéristiques de la zone à *Ceratites trinodosus* de la Schreyer Alm et surtout des *Ptychites*, des *Ceratites* et des *Cellites* très nombreux, puis, en outre, plusieurs *Hungarites* nouveaux et les genres spéciaux *Proteites* et *Bosnites*. *Acrochordiceras Damesi* est une espèce décrite tout d'abord du Wellenkalk d'Allemagne, qui se retrouve en Bosnie.

Le Ladinien est constitué soit par des calcaires et dolomies à *Diplopora annulata*, Brachiopodes et Gastéropodes, soit par des calcaires noduleux ou en plaquettes, avec lits de jaspe, couches de tufs, à *Daonella Lommeli* et *Pichleri*.

Le Carnien possède de nouveau, au moins en certains points, comme par exemple à Dragolac, en Bosnie, et dans le Sud de la Dalmatie, le faciès des calcaires de Hallstatt. Des calcaires gris ou rouges renferment *Daonella styriaca*, *Halobia sicula*, *Monotis salinaria* et des Céphalopodes, tels que *Arcestes Gaytani*, *Joannites cymbiformis*, *Cladiscites subtornatus*, *Monophyllites Simonyi*, *Trachyceras austriacum*, *Januarius*, *Polycyclus Henseli*, *Pinacoceras Layeri*, par conséquent les espèces les plus caractéristiques de la zone à *Trachyceras aonoides*.

Le Norien, par contre, rappelle plutôt les calcaires du Dachstein coralligènes. On y trouve des *Megalodus*, des Zoanthaires, *Halorella amphitoma* et d'autres Brachiopodes. Des calcaires rouges à *Halobia distincta*, du faciès de Hallstatt, ne se rencontrent qu'exceptionnellement et on n'y a pas encore trouvé de Céphalopodes.

En résumé, le Trias de Dalmatie et de Bosnie présente un caractère mixte, intermédiaire entre le type sudalpin et le type de Hallstatt. On ne

peut donc pas songer à chercher ici les racines de l'une ou l'autre des nappes des Alpes calcaires septentrionales. Le déversement des plis vers l'Adriatique s'opposerait d'ailleurs également à une pareille conception. D'autre part, rien n'indique l'approche du bord sud-ouest du géosynclinal alpin; pour trouver un noyau ancien analogue au massif de Recoaro, il faudrait aller jusqu'au Monte Gargano, sur la rive opposée de l'Adriatique.

*Péninsule des Balkans.* — Dans le prolongement des Alpes Dinariques vers le S. E. on rencontre du Trias alpin jusqu'à l'extrémité méridionale de la péninsule Balkanique.

Si les données précises font encore défaut en ce qui concerne le Trias en Albanie et en Épire, il n'en est pas de même, grâce aux belles recherches de Carl Renz [110], pour les îles Ioniennes et pour la Grèce occidentale.

A Corfou et à Zante, des calcaires noirs carnien, semblables à ceux du Monte Judica, dans la province de Catane, ont fourni *Cardita Guembeli* et *Mysidia orientalis*. Il existe en outre, dans le nord-ouest de Corfou, des calcaires siliceux en plaquettes, à *Daonella cassiana*, et des dolomies, qui représentent probablement le Trias supérieur.

Des schistes, des couches à silex, des calcaires à *Daonella* et *Halobia* ont été découverts récemment par Renz sur le versant occidental du Pinde, dans les montagnes d'Étolie et dans l'Ouest du Péloponèse. Mais c'est surtout en Argolide, où le Trias avait déjà été indiqué précédemment par divers auteurs, que les travaux de Renz ont fait connaître des successions intéressantes et des séries fossilifères, dont les Céphalopodes ont été étudiés par Fr. Frech [111].

Le Trias inférieur n'est pas connu encore; par contre, tout le Trias moyen et le Carnien sont représentés à Épidaure par des alternances de calcaires coralligènes, de tufs verts, de bancs de silex et de calcaires rouges très fossilifères. Ces derniers sont identiques comme aspect aux calcaires virgloriens de la Schreyer Alm et de Bosnie et aux calcaires de Hallstatt de diverses localités.

Les calcaires virgloriens renferment une faune très riche, qui comprend presque exclusivement des espèces caractéristiques des calcaires à *Ceratites trinodosus* de la Schreyer Alm et de Han Bulog. Les genres *Ptychites*, *Monophyllites*, *Gymnites* sont prépondérants.

La présence de la zone inférieure du Ladinien résulterait de l'existence, dans une même couche, de *Proleites labiatus*, *Hungarites arietiformis*, *Reiflingites intermedius*, qui, d'après Frech, occuperaient en Bosnie un niveau plus élevé que le Virglorien. Celle du niveau de Wengen est basée exclusivement sur la présence de *Lobites aberrans* et *Daonella Lommeli*. Des couches correspondant au niveau de Saint-Cassian ont fourni *Trachyceras Aon*, *Eremites orientalis*, *Clionites Catharinæ*, etc.

La faune du Carnien inférieur est beaucoup plus riche. On y rencontre les espèces les plus caractéristiques du niveau inférieur des calcaires de Hallstatt et notamment *Proarcestes ausseanus*, *Joannites Klipsteini*, *cymbiformis*, *Megaphyllites Jarbas*, *Trachyceras aonoides*, *Pinacoceras Layeri*, etc.

La zone supérieure du Carnien n'est indiquée que par *Jovites dacus*, mais les couches à silex contiennent *Halobia austriaca*, *Daonella styriaca*, etc.

Le Norien est représenté, comme en Dalmatie, non par des calcaires de Hallstatt, mais par des calcaires identiques à ceux du Dachstein, avec Coralliaires et *Megalodon*.

Les formations bathyales, qui indiquent la présence d'un géosynclinal sur l'emplacement des Alpes Dinariques, se poursuivent donc jusque dans

le Péloponèse et il semble que, du Nord-Ouest au Sud-Est, la profondeur des eaux soit allée en s'accroissant. L'axe de ce géosynclinal, que nous appellerons le *géosynclinal des Dinarides*, semble coïncider à peu près avec l'axe orographique des chaînes de l'Ouest de la péninsule Balkanique. Plus à l'est, en effet, on retrouve une prédominance des formations néritiques. Ainsi Carl Renz signale, dans la forêt de Tatoi, au nord d'Athènes, des dolomies blanches à *Diplopora porosa* et Deprat attribue au Trias supérieur des calcaires dolomitiques, des calcaires gris en plaquettes et des calcaires noirs à Bryozoaires, qui reposent sur une série de conglomérats et de grès et qui supportent des calcaires à *Megalodon*.

En Crète, où le Trias est extrêmement puissant, la succession étudiée par Cayeux [112] comporte des intercalations de grès et de conglomérats dans une série dolomitique et calcaire, à la base, et schisteuse, dans sa partie supérieure. Les fossiles sont presque exclusivement des Brachiopodes et des Lamellibranches, parmi lesquels les Myophories prédominent. On est donc beaucoup plus près du rivage que dans le Péloponèse.

Par contre, les calcaires rouges à Céphalopodes (*Monophyllites*, *Ceratites*) reparaissent dans l'île de Chio et constituent un jalon intermédiaire entre le Trias de Grèce et celui de l'Asie Mineure, dont il sera question plus loin. On a également signalé du Trias dans l'île de Kos.

Dans le Nord de la péninsule Balkanique, le Trias n'est encore connu que dans le Balkan occidental, où Toula l'a rencontré sur le versant méridional de la Stara Planina, sous la forme de calcaires marneux et de grès werfeniens, à *Myophoria costata*, *lævigata*, etc., et de calcaires à Crinoïdes, renfermant les Brachiopodes les plus caractéristiques du Wellenkalk et du Virglorien des Alpes (*Spiriferina fragilis*, *Mentzelia Mentzeli*, *Spirigera trigonella*).

*Russie méridionale.* — La Crimée est généralement envisagée comme le prolongement tectonique des Balkans, aussi pouvait-on s'attendre à y rencontrer également le Trias alpin, qui suit généralement les zones de plissements tertiaires. En effet, C. von Vogdt annonça, en 1902 [113], la découverte, près de Simferopol, d'un système presque vertical de conglomérats, de schistes, de grès et d'arkoses, renfermant des empreintes de *Voltzia*, des Lamellibranches et, notamment, *Pseudomonotis okhotica*, espèce caractéristique du Trias supérieur des régions circumpacifiques, trouvée ici pour la première fois en Europe.

Tout récemment, Th. Tschernyscheff [113 bis] a annoncé l'existence, au Caucase, dans le territoire de Kouban, sous le Rhétien, de calcaires rouges noriens à *Pseudomonotis okhotica* et nombreux Brachiopodes et de grès carnien à *Amphiclina Telleri* et Lamellibranches. Les couches sous-jacentes n'ont pas encore fourni de fossiles.

Enfin, au mont Bogdo, dans la steppe d'Āstrakhan, on a signalé depuis longtemps [XXXII, 19 bis], au-dessus d'argiles harioolées, avec gypse et sel gemme et bancs de grès à Plantes, à Poissons et à Reptiles, qui appartiennent au Permien, des marnes, des calcaires marneux et des grès, avec Céphalopodes et Lamellibranches. Les Ammonoïdés y sont représentés par deux espèces, *Dorycranites bogdoanus* et *rossicus*, appartenant à un genre à cloison de Cératite spécial à cette localité, et par *Tirolites cassianus* et *Smiriagini* [8], qui ne laissent aucun doute sur l'âge werfenien de ces couches. La mer s'étendait donc, au Trias inférieur, jusque dans la Russie méridionale, mais on n'y connaît aucun dépôt indiquant, en dehors du Caucase, la présence du Trias moyen et supérieur.

CONCLUSIONS RELATIVES AUX NAPPES ET AUX ZONES ISOPIQUES DU TRIAS ALPIN.  
— L'existence de nappes superposées rend malaisée la reconstruction des conditions bathymétriques des mers triasiques dans la région alpine, néanmoins le problème est aujourd'hui posé et l'on peut tout au moins essayer de lui trouver une solution.

On a vu que les mêmes faciès se retrouvent depuis la Sicile au sud-ouest jusqu'à la Dobrogea à l'est, en passant par l'Apennin, les Alpes orientales et les Karpates. Il est donc nécessaire d'envisager en même temps tout cet ensemble, que l'on réunit d'ordinaire sous la dénomination de système alpin. D'autre part, les Alpes orientales se prolongent, comme l'a indiqué Uhlig [54], dans les Karpates, de sorte que leurs racines respectives doivent se poursuivre vers l'est au delà des limites de la région alpine. Sans entrer dans une discussion que ne comporte pas le cadre de cet ouvrage, on peut résumer par le tableau suivant les correspondances entre les nappes des Alpes orientales et des Karpates et leurs racines respectives.

NAPPES DES ALPES ORIENTALES.	NAPPES DES KARPATES.	RACINES.
Nappe helvétique.	Nappe des Beskides.	Cachées.
Nappe lépontienne ou briançonnaise.	Nappe haute-tatruque.	Cachées.
Nappe de Bavière.	Nappe subtatruque.	Zone du Gailthal.
Nappe de Hallstatt.	Ceinture interne, nappe transylvanienne et lambeaux de la Bukowine.	Alpes Carniques et chaîne d'Ivanščica.
Nappe du Dachstein.	Forêt de Bakony.	Bord nord des Alpes calcaires méridionales.

Il ne peut guère y avoir de doute sur les relations de la nappe de Bavière avec la zone du Gailthal, qui a tous les caractères d'un pays de racines (fig. 286). On ne niera pas davantage les frappantes analogies de faciès qui existent entre les lambeaux de la nappe du Dachstein et de la Forêt de Bakony, d'une part, et le bord septentrional des Alpes calcaires méridionales, de l'autre, et l'on peut parfaitement admettre, avec Termier [52], que les Dinarides, dont les dislocations témoignent en général de poussées dirigées vers le sud, sont poussées au nord sur leur bord septentrional et charriées sur les Alpes proprement dites, au moins depuis l'Adige jusqu'en Croatie.

Les difficultés sont plus grandes lorsqu'il s'agit de déterminer les racines de la nappe de Hallstatt, qui a son prolongement vers l'est dans la ceinture interne des Karpates, dans la nappe de Transylvanie, dans les lambeaux de recouvrement de la Bukowine et de la Moldavie et peut-être jusque dans la Dobrogea. Il est clair que la nappe de Hallstatt se trouvant, sur le versant nord des Alpes, interposée entre la nappe de Bavière et la nappe du Dachstein, ses racines doivent être cherchées entre la zone du Gailthal et le bord nord des Alpes calcaires méridionales. Or, entre ces deux régions hétéropiques viennent s'intercaler la chaîne paléozoïque des Alpes Carniques et la *cicatrice tonalitique* de Suess [0,22. III, p. 444]. Le Silurien et le Carbonifère inférieur y présentent les mêmes faciès que dans la nappe de Hallstatt et ni l'un ni l'autre de ces terrains n'existe dans aucune autre zone des Alpes orientales. Quant au Trias, il n'y est plus représenté que par des lambeaux charriés ou par des masses imbriquées originaires du sud,

dont le faciès est le même que celui des régions plus méridionales. Les accidents tectoniques posttriasiques indiquent tous des poussées dirigées vers le nord et le resserrement intense qu'a subi la zone est un des caractères des pays de racines. Mais il y a plus : il existe dans le Nord de la Croatie, à peu de distance au sud des derniers vestiges de roches cristallines anciennes qui jalonnent la cicatrice tonalitique, un chaînon, celui de la Kuna gora et d'Ivansčica, où le Trias renferme les deux termes les plus caractéristiques de la série de Hallstatt, les calcaires rouges à *Ceratites trinodosus* du type de la Schreyer Alm et les calcaires à *Halobia* du type de Hallstatt. Nous rappellerons que ces couches sont presque verticales et qu'elles ont subi un laminage intense, ce qui est encore une particularité fréquente dans les zones de racines. Malheureusement ce chaînon disparaît à l'ouest, en territoire autrichien, sous une couverture de dépôts néogènes, mais il se raccorde sans doute en profondeur avec l'un ou l'autre des chaînons paléozoïques qui apparaissent dans son prolongement<sup>1</sup>. Il est infiniment probable que, si la couverture triasique des Alpes Carniques était conservée, on y verrait des faciès identiques à ceux de la Kuna gora et des étirements non moins intenses.

Rappelons encore la présence de diabases et de mélaphyres à la fois dans la nappe de Hallstatt et dans le chaînon que nous envisageons comme sa racine.

Connaissant l'emplacement des racines des diverses nappes des Alpes orientales, nous pouvons par la pensée replacer les zones isopiques dans la situation primitive qu'elles occupaient les unes par rapport aux autres ; mais, bien entendu, il ne peut s'agir que de déterminer la position relative de ces zones et il ne peut être question de préciser leurs coordonnées géographiques, aussi n'essaierons-nous pas de figurer leur emplacement sur une carte. Voici comment ces zones isopiques se succèdent du nord au sud :

La *zone helvétique* correspond au nord à un géanticlinal, qui sépare du géosynclinal alpin le bassin où se déposait le Trias germanique. On la suit sans difficultés depuis les Alpes Maritimes jusque dans les Karpates, tout le long des massifs centraux des Alpes occidentales et de la zone dite axiale des Alpes orientales.

La *zone lépontique* lui fait suite au sud ; elle est caractérisée par des formations grossièrement détritiques à la base et, dans sa partie moyenne et supérieure, soit par des formations lagunaires, soit par des calcaires phytogènes. La mer y possédait donc une faible profondeur et ne communiquait sans doute qu'imparfaitement avec les eaux du large. Elle suit la zone tectonique du Briançonnais dans toute sa longueur et se prolonge au sud en Corse et à l'est dans les massifs calcaires qui accompagnent la zone axiale (Brenner, Radstädter Tauern, etc.) et dans la zone haut-tatarique des Karpates.

La *zone du Gailthal*, dont dépend également la nappe de Bavière, accuse une profondeur un peu plus grande ; les formations lagunaires n'y jouent qu'un rôle insignifiant, il s'y dépose des calcaires à Brachiopodes, des marnes à Lamellibranches, mais aussi des calcaires phytogènes. Vers l'ouest, il ne reste que peu de traces de cette zone, sur le bord interne des

1. C'est avant tout la Velka Planina ou chaîne de Tüffer qui peut entrer en ligne de compte. Les restes de la couverture triasique y sont refoulés vers le nord, comme dans les Steiner Alpen.

Alpes occidentales; vers l'est, ses racines sont cachées par des nappes plus internes, mais ses dépôts se retrouvent, d'après Uhlig, dans la nappe subalpine.

La zone de Hallstatt correspond au maximum de profondeur de la mer qui baignait les Alpes; c'est donc, au moins au Trias moyen et supérieur, la région axiale du géosynclinal. Elle n'a laissé que peu de traces à l'ouest du méridien de Salzbourg, soit que, dans cette direction, les formations bathyales aient fait défaut, soit qu'elles soient aujourd'hui entièrement cachées par une nappe plus élevée. Vers l'est, il est probable que l'on pourra suivre ses terrains en place jusque dans le Banat. On sait que des témoins de la nappe qui émanait de cette racine se trouvent sur les deux versants des Karpates et peut-être jusque dans la Dobrogea.

Avec la zone des Alpes calcaires méridionales, nous atteignons de nouveau des régions de profondeur moindre; sur son bord septentrional s'élevait même, à la fin de la période, un haut fond couvert de récifs coralliens, dont les restes sont conservés principalement dans les lambeaux de la nappe du Dachstein.

Le pays des Dolomies formait d'ailleurs dans toute sa largeur un plateau sous-marin, tantôt parsemé de petits récifs coralliens, entourés de toutes parts de fonds vaseux, tantôt couvert d'un tapis d'Algues calcaires. Au début de la période, toutefois, c'est là que le géosynclinal avait son maximum de profondeur, comme le montre la présence de calcaires werneriens et celle de Céphalopodes quelquefois assez nombreux. Les faciès caractéristiques de cette zone se retrouvent au sud, tout le long de l'Apennin; vers l'est, on peut les suivre dans les chaînes septentrionales des Alpes Dinariques et dans la partie orientale de la péninsule Balkanique.

Entre les deux branches de la courbe que décrit cette zone isopique se trouvent cependant des régions où le faciès du Trias était bien différent: c'est, d'une part, le massif de Recoaro, avec ses dépôts littoraux et les lacunes que l'on y constate dans la série triasique et qui indiquent l'existence de terres émergées, s'étendant probablement au sud jusqu'au Monte Gargano; c'est, d'autre part, le bord adriatique des Alpes Dinariques, avec ses formations bathyales, qui prennent un développement de plus en plus important vers le sud, c'est-à-dire vers le Péloponèse.

Il existait donc deux géosynclinaux dans lesquels se déposaient des calcaires de Hallstatt; l'axe de l'un était dirigé E.-W., celui de l'autre N.W.-S.E., et ils se relayaient en quelque sorte. Ils étaient séparés par une zone moins profonde, où les conglomérats prenaient, dans le Virglorien, un assez grand développement.

Il est possible que l'on doive envisager les lambeaux de Trias à faciès de Hallstatt de la Calabre et du Nord-Ouest de la Sicile comme la contrepartie du géosynclinal dinarique, sur le bord opposé des terres émergées qui occupaient une partie de l'emplacement de l'Adriatique actuelle.

En résumé, si nous envisageons le géosynclinal alpin dans son ensemble, nous pouvons distinguer la succession suivante des phases de sédimentation:

- 1° Une époque de sédimentation détritique, correspondant au Trias inférieur;
- 2° Une époque de sédimentation calcaire, en certains endroits presque ininterrompue, correspondant au Trias moyen;
- 3° Un régime lagunaire, avec sédimentation chimique ou détritique et charriage de débris végétaux, caractérisant partout le Carnien, sauf dans la partie axiale du géosynclinal;
- 4° Une époque de sédimentation calcaire très générale, correspondant au Norien.

On voit qu'il existe une certaine coïncidence entre cette succession des phases de sédimentation et celle qui caractérise le Trias germanique [114], avec, toutefois, cette différence fondamentale que le Norien est, en dehors des Alpes, une période essentiellement lagunaire; mais on peut envisager les bancs dolomitiques qui s'intercalent dans le Keuper supérieur comme un équivalent très réduit du Hauptdolomit des Alpes.

Le synchronisme entre les dépôts alpins et les dépôts extraalpins peut d'ailleurs être établi d'une manière presque rigoureuse, grâce à l'existence de certains niveaux paléontologiques où se retrouvent, de part et d'autre, les mêmes associations d'espèces. Voici les horizons qui peuvent ainsi servir de repères :

1° Le niveau à *Myophoria costata*, que l'on observe à la fois au sommet du Werfenien et dans le Röh, c'est-à-dire dans le Grès Bigarré supérieur;

2° La zone à *Ceratites trinodosus*, dont plusieurs espèces, outre celle qui donne son nom à la zone, se retrouvent dans le Wellenkalk supérieur ou sont remplacées par des espèces très voisines (v. p. 864);

3° La zone à *Dinarites avisianus* (calcaire d'Esino, de la Marmolata, etc.), qui renferme, dans le Tretto, *Ceratites Münsteri*, espèce très voisine de *Ceratites nodosus*, qu'elle accompagne dans l'Europe centrale et en Provence;

4° Les couches de Raibl, dont plusieurs espèces caractéristiques (*Myophoria Raibliana*, *Myophoriopsis Rosthorni*) se retrouvent dans l'Allemagne du Sud, dans la partie inférieure du Keuper.

Le synchronisme du Ladinien moyen et du Hauptmuschelkalk est confirmé par la découverte, faite par Tornquist, en Sardaigne, de *Ceratites nodosus* et *Germanonutilus bidorsatus*, associés avec *Protrachyceras longobardicum* dans une même couche.

On peut conclure dès lors que le Ladinien supérieur des Alpes est représenté par la Lettenkohle et que le Norien correspond à la partie supérieure du Keuper, où l'on a d'ailleurs également signalé la présence de *Gervillea exilis*.

RÉGIONS BORÉALES. — Pendant toute la seconde moitié de l'ère Paléozoïque, les régions méditerranéennes communiquaient avec les régions boréales par l'Est de la Russie. Il n'en est plus de même au Trias, car on ne connaît de dépôts marins datant de cette période ni sur le versant asiatique ni sur le versant européen de l'Oural. Sur ce dernier, les lagunes de la fin du Permien ont subsisté encore pendant quelque temps au début du Trias, mais elles n'ont pas tardé à s'assécher complètement, et il semble même que la mer ait abandonné la région d'Astrakhan aussitôt après le Werfenien. De cette absence de communications entre les mers de l'Europe méridionale et les régions boréales résulte, pour ces dernières, une individualisation assez marquée, qui nous permitra de les envisager, avec E. von Mojsisovics [115, 116], comme une province spéciale.

*Ile aux Ours.* — Nous commençons l'étude du Trias boréal par l'île aux Ours, où Nathorst et J. G. Anderson ont découvert, au mont Misery, un témoin peu étendu de couches triasiques, reposant en concordance sur des calcaires à *Spirifer* artinskiens, dont elles sont séparées par 140 m de schistes et de grès sans fossiles. Les couches fossilifères, qui constituent les trois sommets de la montagne, comprennent une quarantaine de mètres de grès à Myophories. De nombreuses espèces sont communes aux deux niveaux, qui paraissent appartenir à une même zone paléontologique. Leur faune, étudiée par Joh. Böhm [117], comprend surtout des Ammonoïdés

(*Monophyllites*, *Nathorstites lenticularis*, *Lindströmi*, *Dawsonites canadensis*, *Clionites Barentsi*, *spinus*), quelques Gastéropodes (*Undularia*, *Promathildia*, *Sisenna*) et surtout des Lamellibranches (*Gonodon*, *Pleurophorus*, *Myophoria*, *Palæoneilo*, *Gervilleia*, *Eumorphotis*, *Daonella*, etc.), enfin, quelques Brachiopodes (*Lingula polaris*, *Discina Barentsi*). La présence de *Clionites* et de *Dawsonites* leur assigne comme âge le Carnien. L'absence de fossiles laisse pendante l'identification des couches sous-jacentes.

*Spitzberg*. — Les mêmes difficultés se présentent au Spitzberg, où les premières couches triasiques de l'Isfjord, qui reposent en concordance sur le Permien, ne renferment que des Lamellibranches indéterminables. Au-dessus viennent des calcaires bitumineux à *Posidonomya Mimer*, *Arctoceras polare*, *simplex*, *Øbergi*, *Meekoceras furcatum*, *Monophyllites spetsbergensis*, que Mojsisovics attribue au Virglorien inférieur [115]. Ils sont recouverts par des schistes noirs, à nodules calcaires, qui renferment en abondance *Daonella Lindströmi*, *arctica*, de nombreux *Ptychites*, des *Ceratitis*, des *Parapopanoceras*. Tous ces Ammonoïdés appartiennent à des espèces spéciales au Spitzberg, mais les *Ptychites* sont presque tous très voisins d'espèces de la zone à *Ceratitis trinodosus* de la Schreyer Alm et de Bosnie, mais présentent cependant quelques différences, qui s'expliquent par la séparation géographique des deux provinces. Les calcaires à *Daonella* du Spitzberg appartiennent donc au Virglorien supérieur.

Les étages supérieurs du Trias sont encore mal connus au Spitzberg. Ils sont constitués, au mont Tschermak, par des schistes bitumineux, dans lesquels on a pu distinguer un niveau à *Halobia Zitteli* et un niveau à *Lingula polaris*. Cette dernière espèce se retrouve à l'île aux Ours.

*Sibérie septentrionale*. — Dès 1844, Middendorf avait découvert, sur le cours inférieur de l'Olenek, non loin de l'embouchure du Mengiläch, des schistes noirs à concrétions calcaires, renfermant des Cératites. Des matériaux plus abondants furent recueillis plus tard par Czekanowski et étudiés par E. von Mojsisovics [115-116]. La faune est riche en espèces appartenant aux genres *Dinarites* (*D. spiniplicatus*, *densiplicatus*, etc.), *Keyserlingites*, *Sibirites*, *Xenodiscus*, *Meekoceras*, *Prospingites*, mais toutes spéciales à cette localité sibérienne. Néanmoins Mojsisovics a conclu de l'association des genres à l'âge werfenien des couches.

Un niveau un peu plus récent, qui affleure un peu en aval du précédent et en quelques autres points, en particulier dans l'anticlinal du rocher de Magyl, sur la Iana, est caractérisé par *Hungarites triformis*, *Meekoceras affine*, *Monophyllites*, *Prospingites*, etc., et représente probablement le Virglorien inférieur. A Verkhoïansk, des schistes renferment en abondance *Pseudomonotis ochotica* (fig. 289), ainsi que d'autres espèces du même genre et d'autres

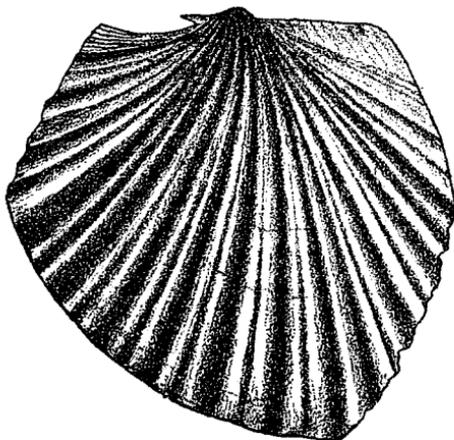


Fig. 289. — *Pseudomonotis ochotica* (d'après TELLER). Valve droite. Norien. Verkhoïansk, Sibérie orientale. Gr. nat.

Lamellibranches, appartenant aux genres *Oxytoma*, *Meleagrina*, *Pecten*, etc. L'âge de ces schistes, dont la faune a été étudiée par Teller [115], n'a pu être déterminé avec précision qu'après que l'on eût retrouvé leurs espèces les plus caractéristiques en plusieurs autres points du Globe, où ils occupent tout à fait le sommet du système Triasique. On rencontre le même niveau sur les côtes du golfe d'Okhotsk. Plus au sud, dans la province d'Oussouri, on a signalé, par contre, les étages inférieurs du Trias. Nous y reviendrons plus loin, lorsque nous aurons étudié le Trias de l'Asie méridionale.

Ajoutons que Toll a recueilli à l'île Kotelny, dans la Nouvelle-Sibérie, diverses espèces de *Halobia* et d'Ammonites voisines de formes carniennes [3].

Aux données extrêmement rudimentaires que nous possédons sur le Trias arctique sont venus récemment s'ajouter quelques renseignements sur l'existence du Trias à l'Heureka Sund, dans l'Amérique boréale, que l'on doit à P. Schei, de la deuxième expédition du *Fram*. De l'étude paléontologique faite par E. Kittl [118], il résulte que plusieurs niveaux ladinien, carniens et peut-être noriens existent dans la région. Les fossiles, à l'exception de quelques *Protrachyceras*, sont presque tous des Lamellibranches et, parmi ceux-ci, *Halobia Zitteli* indique des affinités avec le Spitzberg.

ASIE OCCIDENTALE. — Le Trias apparaît en Asie Mineure pour ainsi dire dès que l'on a franchi le Bosphore. Il a été découvert par Toula [119] sur les côtes du golfe d'Ismid, où ses étages inférieurs sont bien représentés. Le Trias inférieur rappelle les couches de Werfen des Alpes orientales, aussi bien par ses caractères lithologiques que par ses caractères paléontologiques (*Gervilleia exprorecta*, *Myophoria ovata*, *Naticella costata*, etc.). Au-dessus viennent des calcaires gris, à entroques, très fossilifères, avec Ammonoïdés, appartenant surtout aux genres *Beyrichites*, *Ceratites*, *Hungarites*, *Acrochordiceras*, *Ptychites*, *Monophyllites*, *Procladiscites*, etc. Toutes les espèces sont spéciales, mais l'association des genres indique que l'on a affaire à du Virglorien inférieur, détermination confirmée d'ailleurs par la présence de *Mentzelia Mentzeli*. Au-dessus viennent des calcaires gris et rouges, puis des calcaires marneux, avec cordons de silex, le tout sans fossiles. Un échantillon isolé de *Protrachyceras* indique peut-être l'existence du Ladinien dans la région.

A Balia Maden, en Mysie, c'est le Trias le plus élevé qui est seul représenté [120]. Il est constitué, à la base, par des conglomérats et des grès, qui reposent en discordance angulaire sur les calcaires du Carbonifère supérieur et sont caractérisés par *Spirigera Manzavini*, *Terebratula turcica*, *Spiriferina Suessi*, *uncinata*, puis par *Cassianella angusta*, *Mysidia orientalis* et autres Lamellibranches. Cette faune présente, d'après Bittner [121], déjà quelques affinités rhétiennes. Cependant *Mysidia orientalis* a été trouvé dans les îles Ioniennes avec *Cardita Guembeli*. Au-dessus viennent encore des schistes à *Halobia Neumayri*, *Pergamidia eumenea*.

Le Werfenien à *Tirolites* et *Pseudomonotis Clarai* a été signalé par Frech et Arthaber [XXXIV, 77], à Djoulfa, en Arménie, au-dessus du Permien. Le même niveau a été découvert, par A. von Krafft, à Ravnau, dans la province de Darwas, en Boukharie, où des grès et des schistes rouges ont fourni [122] *Meekoceras caprilense* et surtout des Lamellibranches (*Pseudomonotis*, *Myophoria ovata*, *Anodontophora fassaensis*). Les termes moyens et supérieurs du Trias ne sont pas connus en ce point; par contre, dans le Pamir, on n'a trouvé jusqu'ici que des calcaires à *Monotis salinaria* et des calcaires à *Halorella pedata*, indiquant la présence du Norien, et, d'autre part, dans la province

d'Herat, en Afghanistan, des grès extrêmement puissants renferment, à la base, *Monotis salinaria* et *Daonella indica* et, au sommet, des empreintes végétales, telles que *Schizoneura* et *Equisetum*. Au col de Karakorum, la présence du Trias supérieur est basée sur plusieurs espèces d'Hydrozoaires globuleux, appartenant aux genres *Stoliczkania* et *Heterastridium*, que plusieurs explorateurs ont recueillies et qui ont été étudiées en dernier lieu par Oppenheim [122 bis].

Enfin, dans le Belouchistan, on a observé des schistes à *Monotis* et *Halorites* et on a recueilli, dans l'Afghanistan, un échantillon isolé du genre norien *Didymites* (*D. afghanicus*).

Comme on le voit, les jalons intermédiaires entre le Trias alpin et celui de l'Himalaya, dont nous allons nous occuper, sont fort peu nombreux. Ils ne sont pas suffisants, dans tous les cas, pour permettre d'affirmer que, sur tout ou partie de la zone des plissements tertiaires, une communication marine a existé entre les deux régions. Il semblerait même que, souvent, le Trias inférieur et le Trias supérieur s'excluent dans une même région. Ailleurs, comme en Perse, le Trias paraît faire entièrement défaut; aussi Nœtling a-t-il conclu de ces faits et des différences profondes qui séparent le Trias inférieur de l'Arménie et de la Boukharie de celui de l'Inde à l'existence d'une terre émergée séparant les deux provinces.

**HIMALAYA.** — Avec l'Himalaya, nous sommes de nouveau en présence d'une région où les documents paléontologiques relatifs au Trias sont particulièrement abondants. Il n'existe en aucun point du Globe une succession aussi complète de couches à Céphalopodes et, même dans les Alpes, on ne connaît nulle part, dans une même coupe, une série dont tous les termes soient aussi fossilifères. De plus, on observe, dans l'Himalaya, un passage insensible du Trias, à la fois au Permien, à la base, et au Lias, au sommet.

Cependant ce n'est que dans l'Himalaya central que des observations de détail et que des récoltes systématiques de fossiles ont pu être opérées; aussi passerons-nous entièrement sous silence les données encore incomplètes qui ont été recueillies, par divers auteurs, sur le Trias du Kashmir et du pays de Hazara, dans l'Himalaya occidental.

Il est nécessaire, toutefois, de dire quelques mots des lambeaux de recouvrement de la frontière méridionale du Tibet, qui appartiennent probablement à une nappe d'origine septentrionale et qui renferment, non seulement, comme on l'a vu dans le chapitre précédent, un Permien tout à fait spécial, mais qui sont caractérisés en outre par un type assez spécial du Trias. On y a signalé des couches éotriasiques à *Hedenstræmia*, un Virglorien tout à fait particulier, des couches à *Daonella indica*, des calcaires rouges à *Jovites*, rappelant beaucoup ceux de Hallstatt, et un calcaire gris, semblable au calcaire coralligène de la nappe du Dachstein. Les calcaires virgloriens du lambeau de Chitichun renferment une faune très différente de celle des régions centrales de l'Himalaya. Diener en a décrit une douzaine d'espèces d'Ammonoïdés, toutes spéciales à la localité, appartenant aux genres *Monophyllites* (5 espèces, fig. 280), *Procladiscites*, *Sturia*, *Danubites*, *Sibirites*, *Xenodiscus*, *Gymnites* [123].

Dans l'Himalaya central, ce sont surtout les régions de Spiti et de Niti, la chaîne de Bambanag et le district de Byans qui ont fourni des coupes très complètes du Trias. Nous donnons ci-dessous comme exemple celle de Muth, dans la région de Spiti (fig. 290), ainsi que la vue de la falaise de

Shal-Shal, près Rimkin Paiar, dans la région de Niti (fig. 291). Voici, en résumé, d'après les travaux de Griesbach [123], Diener [XXXV, 77; 124-128], A. von Krafft, Hayden [XXXIII, 39] et Nötling [3], la succession générale des couches triasiques dans l'Himalaya central :

**TRIAS INFÉRIEUR.** 1° Couches à *Otoceras* : calcaires et schistes bleu foncé, divisés par Nötling en 4 zones (dont la valeur est contestée par Diener); nombreux Ammonoïdés [124], dont les espèces, toutes spéciales à l'Himalaya, se répartissent dans les genres *Prospingites*, *Nannites*, *Proptychites*, *Danubites*, *Otoceras* (6 espèces, fig. 292), *Ophiceras*

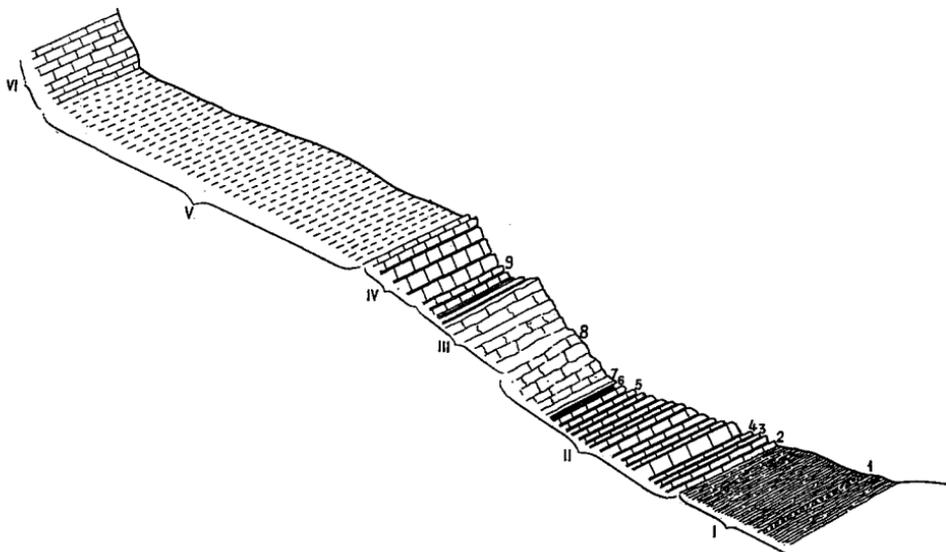


Fig. 290. — Coupe du Trias inférieur et moyen au S.E. de Muth, Spiti, Himalaya central (d'après H. H. HAYDEN).

I, schistes à *Productus* anthracolithiques; II, Trias inférieur; III, Virglorien inférieur; IV, Virglorien supérieur; V, schistes à *Daonella* ladinien; VI, calcaires à *Daonella* ladinien.

1, horizon à *Cyclolobus* et *Xenaspis*; 2, horizon à *Otoceras*; 3, horizon à *Ophiceras*; 4, horizon à *Meekoceras*; 5, calcaire à *Pseudomonotis himaica*; 6, calcaire à *Rhynchonella Griesbachi*; 7, calcaire à *Tirolites* sp.; 8, calcaire à *Nannites* sp.; 9, horizon à *Spiriferina Stracheyi*; 4-5, couches à *Hedenstræmia*.

(10 espèces, fig. 293), *Aspidites*, *Meekoceras*, *Episageceras*, etc.; Lamellibranches plus rares (*Pseudomonotis*, *Avicula*, *Gervilleia*); *Bellerophon Vaceki*, *Rhynchonella procreatrix*;

2° Calcaires à *Hedenstræmia Mojsisovicsi*, *Flemingites rohilla*, *Rhynchonella Griesbachi*.

**VIRGLORIEN.** 1° Calcaires gris à *Durgaites Dieneri* (*Ceratites subrobustus*), *Sibirites Praha*, *Gymnites depauperatus*, *Monophyllites*, *Spiriferina Stracheyi* [125];

2° Calcaires noduleux noirs, extrêmement fossilifères (127 espèces d'Ammonoïdés) [125, 127], correspondant à la zone à *Ceratites trinodosus*, dont ils renferment plusieurs espèces (*Proarcestes Balfouri*, *Joannites proavus*, *Monophyllites sphaerophyllus*, *Sturia Sansovinii*, *Aerochordiceras Carolinæ*, *Gymnites incultus*, *Ceratites trinodosus*, *Mentzelia Mentzeli*, etc.); les autres genres représentés sont : *Joannites*, *Ptychites* (19 espèces), *Japonites*, *Hollandites*, *Keysertingites*, *Sageceras*, *Pinacoceras*, etc.;

**LADINIEN.** 1° Schistes à *Daonella Lommeli*, *Joannites tridentinus*, *Protrachyceras Archelaus*, *Hungarites Pradoi*, *Rimkinites nitiensis*, *Arpadites rimkinensis*;

2° Calcaires à *Daonella indica*, *Joannites Kossmati*, *Cellites trigonalis*, *Styrites lilangensis*, etc.

Dans le massif de Bambanag, où l'on admettait autrefois une lacune correspondant au Ladinien, cet étage est constitué par un calcaire à *Traumatocrinus*, très pauvre en Céphalopodes.

**CARNIEN.** 1° Calcaires et schistes à *Halobia comata*, représentant tout l'étage avec une épaisseur de près de 300 m., et des Ammonites assez nombreuses (*Anatomites*, *Griesbachites*, *Paracladiscites*, *Placites*, *Mojsvarites*, etc.).

2° Schistes et calcaires gris de Spiti, avec *Joannites cymbiformis*, *Carnites floridus*, *Monophyllites*, *Trachyceras*;

3° Schistes et calcaires gris à Lamellibranches (*Lilangina*, *Pomarangina*), Brachiopodes (*Spiriferina gregaria*, *Dielasma julicum*), *Distichites*;

4° Schistes à *Tropites*, avec *Tropites discobullatus*, *Paratropites*, *Trachysagenites*, *Jovites*, *Sandlingites*, *Clionites*, etc.;

5° Calcaires dolomitiques à *Lima austriaca*, *Daonella styriaca*, etc.

**NORIEN.** 1° Calcaire à *Proclydonautilus Griesbachi* de Bambanag, avec *Metacarnites*, *Parajuavites*, etc., et schistes à *Juvavites* de Spiti, avec *Paratibetites*, *Anatomites*, etc.;

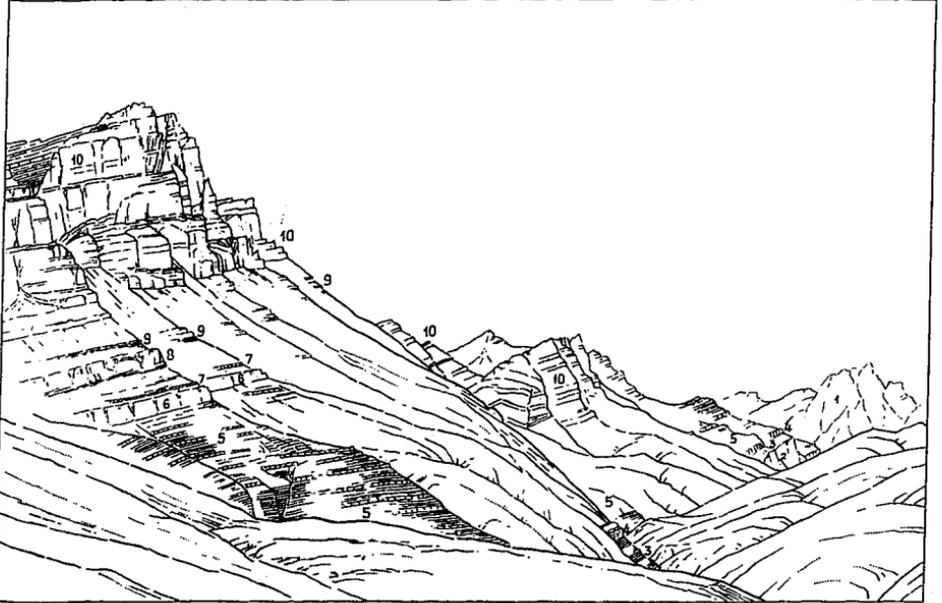


Fig. 291. — Falaise de Shal-Shal, près Rimkin Pair, Himalaya (d'après C. DIENER), altitude entre 4 700 et 5 700 m

1, Paléozoïque ancien; 2, quartzites carbonifères; 3, couches à *Productus* et Trias inférieur; 4, Virgilorien; 5, couches à *Daonella*; 6, couches à *Hauerites*; 7, couches à *Halorites*; 8, couches à *Spiriferina Griesbachi*; 9, couches à *Sagenites*; 10, calcaires massifs rhétiens.

2° Calcaires à *Halorites* de Bambanag, très fossilifères, avec *Halorites* (5 espèces), *Parajuavites* (12 espèces), *Thetidites*, *Anatibetites*, *Tibetites*, *Paratibetites*, *Steinmannites*, *Clionites*, *Sirenites*, *Sandlingites*, *Bambanagites*, *Placites*, parmi lesquels beaucoup d'espèces sont voisines de formes du Norien inférieur et moyen de Hallstatt [129];

3° Calcaire coralligène à *Spiriferina Griesbachi*, *Rhynchonella bambanagensis*;

4° Couches à *Sagenites* de Bambanag et à *Monotis salinaria* de Spiti;

5° Quartzites à *Spirigera maniensis*, recouverts par les calcaires à *Megalodon* rhétiens.

Les coupes de Spiti et de Niti [XXXIII, 39; 128] coïncident parfois jusque dans de petits détails; à certains niveaux, comme par exemple au Norien inférieur, il existe entre les deux d'assez profondes différences paléontologiques. Nulle part on n'a observé le moindre indice d'une discontinuité dans la sédimentation. L'épaisseur totale du Trias atteint, dans tout l'Himalaya

central, près d'un millier de mètres. On est évidemment en présence d'une série déposée dans un géosynclinal, où en général la profondeur des eaux

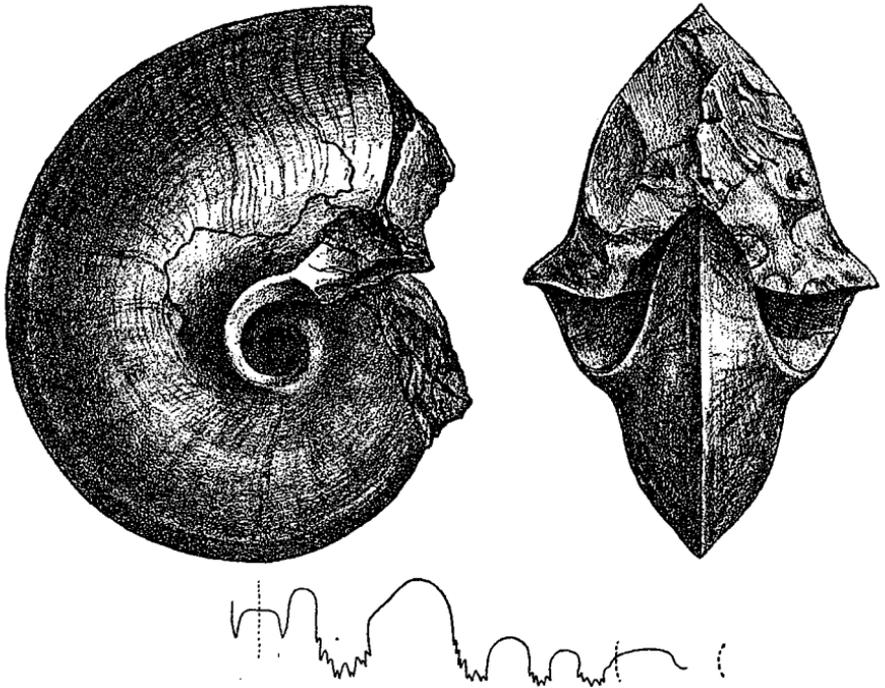


Fig. 292. — *Otoceras Woodwardi*. Trias inférieur. Shal-Shal Cliff, près Rimkin Paar, Himalaya (d'après C. DIENER). 3/4 gr. nat.

s'est maintenue assez considérable. Cependant il arrive quelquefois que l'épaisseur de certains niveaux est très réduite, de sorte que l'on trouve

alors, en apparence réunis dans une même couche, les fossiles de deux niveaux qui ailleurs sont bien distincts. C'est ce qui a lieu pour les calcaires à *Tropiles* de Byans [126], qui, dans une masse de 1 m d'épaisseur environ, renferment un mélange d'espèces du Carnien supérieur (zone à *Tropiles subbullatus*) et du Norien inférieur. La faune de cette couche est extraordinairement riche, elle a fourni jusqu'ici 168 espèces, dont 155 Ammonites, qui se répartissent principalement dans les genres *Arcestes*, *Cladiscites*, *Isculites*, *Jovites*, *Analomites*, *Didymites*, *Margarites*, *Tropiles* (10 espèces), *Anatropiles*, *Thisbites*, *Diltmarites*,

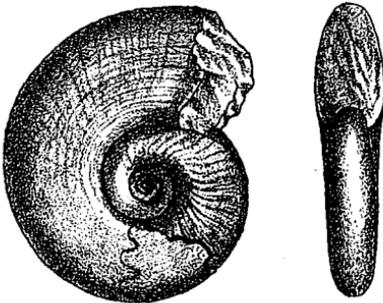


Fig. 293. — *Ophiceras Sakuntala* (d'après C. DIENER). Trias inférieur. Shal-Shal Cliff, près Rimkin Paar, Himalaya. 3/5 gr. nat.

*Drepanites*, *Paratibetites*, *Clionites*, *Sandlingites*, *Sirenites*, *Distichites*, *Ectolcites*, *Pinacoceras*, *Placites*, *Bambanagites*, etc. Il s'y trouve plusieurs espèces des

calcaires de Hallstatt, telles que *Tropites subbullatus*, *Didymites lectus*, *Polyeyclus Henseli*, *Sirenites Argonautæ*, *Discophyllites Ebneri*, *Megaphyllites Jarbas*, *Pinacoceras parma*; mais il y en a en outre un très grand nombre qui sont voisines d'espèces européennes. D'autre part, plusieurs genres ou sous-genres n'ont encore été trouvés jusqu'ici que dans les calcaires à *Tropites* de Byans et manquent même dans les autres localités de l'Himalaya, notamment *Jellinekites*, *Trachyleuraspidites*, *Himavatites*.

SALT RANGE. — La Salt Range occidentale est connue depuis près d'un demi-siècle par la présence d'Ammonoïdés à cloisons prionidiennes, réunies à tort sous le nom de Cératites, que l'on trouve en abondance dans les couches inférieures du Trias, au-dessus des calcaires à *Productus*, dont il a été question dans le précédent chapitre. Waagen a le premier décrit en détail ces espèces et a fait connaître leur distribution verticale [131]; mais ses observations n'ont pas été toujours vérifiées par les explorations ultérieures. Fr. Nøtling [3] a donné une division des couches à Cératites de la Salt Range en zones, qui diffère assez de celle de Waagen; nous la reproduisons ci-dessous.

Les couches à Cératites ont été divisées d'ordinaire, au point de vue lithologique, en quatre groupes, qui peuvent servir de base à leur classification :

1° calcaires à Cératites inférieurs ou zone à *Celtites radius*, avec *Ophiceras frequens*, *discus*, *sequens*, *Celtites fortis*;

2° marnes à Cératites, comprenant :

a) zone à *Prionolobus rotundatus*, avec *Prionolobus plicatus*, *Ophiceras frequens*, vermiciforme, *Aspidites discus*, *Pseudosageceras multilobatum*;

b) zone à *Celtites fallax*, avec *Xenodiscus perplicatus*;

c) zone à *Prionolobus volutus*, avec *Prionolobus undatus*, *ophioneus*, *Aspidites Lawrencianus*, *undatus*, *Flemingites glaber*, *Episageceras latidorsatum*, *Pleuromutilus Kokeni*, *Bellerophon* sp., *Pecten discites*, *Discina Lœschmanni*;

3° grès à Cératites ou zone à *Flemingites Flemingianus*, avec *Hedenstræmia Mojsisovicsi*, *Prionolobus Kingianus*, *gigas*, *Aspidites superbus*;

4° calcaire à Cératites supérieur ou zone à *Stephanites superbus*, avec *Prionites tuberculatus*, *Sibirites ibex*, *angulatus*, *Gervilleia exprorecta*, *Pecten Albertii*.

Ce dernier niveau est rangé dans le Virglorien, mais, d'après Nøtling, on n'y trouve aucun des genres caractéristiques de cet étage.

La succession des 6 zones, distinguées par Nøtling dans les couches à Cératites qui s'échelonnent à Chidru sur une épaisseur de 70 m. environ, peut servir de type pour la division en zones de l'étage inférieur du Trias, qui en aucun point du Globe ne possède un pareil développement. La présence de *Hedenstræmia Mojsisovicsi* ne laisse aucun doute sur le synchronisme de la zone à *Flemingites Flemingianus* avec les couches supérieures du Trias inférieur de l'Himalaya, mais les zones inférieures ne possèdent aucune espèce commune avec les couches à *Otoceras*, dont l'âge est encore controversé.

Les couches à Cératites sont parfaitement concordantes avec les calcaires à *Productus* sous-jacents, elles supportent des dolomies d'âge indéterminé, peut-être jurassiques [3].

INDO-CHINE ET CHINE MÉRIDIIONALE. — Le Trias est encore mal connu en Birmanie. Dans le Sud-Est du pays, il serait représenté, d'après Nøtling [3], par des calcaires à *Daonella* et *Halobia*, dont la localité exacte n'est pas

connue; dans les états Chan septentrionaux, par des couches à *Myophoria*, dont l'âge est incertain.

Au Tonkin, les renseignements que l'on possède sur le Trias sont un peu moins sommaires. Les schistes gréseux et calcaires des environs de Lang-Son ont fourni à H. Douvillé et à Counillon un *Norites*, *Danubiles himalayanus*, des espèces encore indéterminées des genres *Pseudomonotis*, *Posidonomya*, *Cassianella*, *Myophoria*, *Spiriferina*, etc. [XXXV, 76 bis]. Une Ammonite, dont la provenance exacte n'est pas connue, a été décrite par C. Diener sous le nom de *Juvavites tonkinensis* [132]). Il est probable que l'exploration géologique du Tonkin nous réserve encore, en ce qui concerne le Trias, mainte découverte intéressante.

Le Trias a été signalé, pour la première fois, dans le Yunnan méridional, par Loczy [XXXI, 17], qui a recueilli à Tchoung-tien-ting, dans des grès et des schistes, des Gastéropodes (*Loxonema*, *Naticopsis*, *Trachynerita*), des Lamellibranches (*Terquemia difformis*, *Lima chinensis*, *Myophoria elegans*, *Szechenyi*, *radiata*, *Pleurophorus*, *Pleuromya*, etc.), *Spiriferina subfragilis*, *Encrinurus liliiformis*. C'est là certainement du Trias moyen, représenté par un faciès analogue au Muschelkalk germanique. Le même niveau a été observé, en d'autres points du Yunnan, en superposition immédiate au Permien, par Lantenois [XXXII, 43] et par Leclère. Ce dernier y a trouvé, près de Tse-tchen, des Gastéropodes ladinien, déterminés par H. Douvillé (*Naticopsis declivis*, *Delphinulopsis Cainalli*, *Undularia*, etc.). *Daonella indica*, du Ladinien supérieur de l'Himalaya, est fréquent au nord de Mong-tse. Les marnes et les schistes de la même région ont fourni, près d'A-Mi-Tcheou, des Ammonites du Carnien (*Protrachyceras Thous*, *Trachyceras Suessi*, *tibeticum*) et une grande *Daonella* [XXXII, 43].

Dans la province de Kouei-tchou, qui est située au N. E. du Yunnan, E. Koken [133] a décrit des Gastéropodes (*Worthenia*, *Pleurotomaria*, *Celocentrus*, *Naticopsis*), des Lamellibranches (*Nucula*, *Plicatula*), des Brachiopodes (*Rhynchonella*, *Retzia*, etc.), qui tous appartiennent à des espèces nouvelles et ne permettent par conséquent pas de préciser leur âge.

Dans toute la Chine orientale et septentrionale, le Trias marin fait entièrement défaut, mais Futterer a recueilli dans les monts Semenow, dans le Tibet septentrional, deux Ammonoïdés, *Xenodiscus* et *Ophiceras*, qui indiquent la présence du Trias inférieur, et, en un autre point de la même chaîne, un *Monophyllites*, probablement virglorien [XXXV, 75].

ARCHIPEL MALAIS. — Revenant maintenant à la zone des plissements alpins qui comprend, après l'Himalaya, la partie occidentale de l'Indo-Chine, nous arrivons aux îles de la Sonde, où le Trias a été signalé, dans ces dernières années, en divers points. W. Volz [133 bis] a reconnu en 1898, à Sumatra, la présence d'argiles et de grès très puissants, à *Daonella styriaca* et *cassiana*, d'âge carnien, qui reposent en discordance sur le Carbonifère supérieur. Différentes espèces de *Halobia* ont été trouvées par le même auteur à l'état remanié.

La présence du Trias à Bornéo résulte jusqu'ici uniquement de la trouvaille d'un schiste à *Monotis salinaria* faite par un prospecteur.

Les renseignements sur le Trias des îles de Rotti et de Timor sont plus copieux, grâce aux explorations de Wichmann, de Verbeek et de Hirschi. Mais on a surtout affaire à des blocs de roches sédimentaires rejetés par les volcans. Un *Dinarites* de Timor, appartenant au sous-genre *Liccaites*, indique seul, d'après Wanner [134], la présence du Trias inférieur

dans l'Archipel Malais. L'existence du Carnien est attestée par la découverte de plusieurs espèces de *Daonella* (*D. styriaca*, *indica*, *Wichmanni*) et de *Halobia* (*H. Lommeli*, *lineata*, *norica*, *cassiana*, etc.), celle du Norien, par *Pseudomonotis ocholica*. Dans une île voisine, Savu, on signale un *Asterocoenites*.

Dans les Moluques, le Trias est connu dans les îles de Misol et de Serang. A Misol, des schistes renferment *Daonella lilintana*, qui accompagne *D. cassiana* dans les couches carniennes de Sumatra. A Serang, Wanner [134] a observé non seulement des schistes à *Monotis salinaria*, *Amonotis Rothpletzi* et Radiolaires, mais encore des calcaires à *Halorella* (3 espèces alpines) et à Coralliaires. La présence du Norien dans cette île est donc tout à fait certaine.

Wanner conclut de l'absence du Trias moyen et de la présence exceptionnelle du Trias inférieur dans l'Archipel Malais à la généralité de la transgression du Trias supérieur, constatée à Sumatra par Volz.

RÉGIONS CIRCUMPACIFIQUES. — Avec les Moluques, nous avons abordé la zone de plissements récents qui forme une ceinture entourant l'océan Pacifique. Nous allons voir que, sur toute sa longueur, elle est jalonnée par des affleurements de Trias marin.

*Japon.* — Dans l'île de Shikokou on ne connaît jusqu'ici que l'étage supérieur du Trias. Il est représenté par des couches à *Pseudomonotis ocholica*, *Daonella* et *Tibetiles sakawanus*, observées par Naumann dans le bassin de Sakawa.

Dans la grande île du Japon, le Ladinien est certainement représenté par les schistes à Cératites d'Inaï, dans la province de Rikouzen. E. von Mojsisovics a décrit [135] de cette localité des représentants des genres *Japonites*, *Anolcites*, *Danubiles*, *Ceratites*, *Arpadites*, *Gymnites*, qui appartiennent d'ailleurs tous à des espèces spéciales. Naumann a, en outre, rencontré dans la même région des schistes à *Pseudomonotis ocholica*, dont l'âge norien ressortira plus loin.

*Baie d'Oussouri.* — Dans la Province Maritime de la Sibérie orientale, les travaux d'Iwanow ont fait connaître, sur les côtes de la baie d'Oussouri et sur le fleuve de ce nom, des dépôts triasiques transgressifs sur les terrains anciens et sur le granite. Au-dessus du conglomérat de base s'élève une série de grès et d'argiles, dont les Céphalopodes ont été étudiés par Diener [136], les autres Invertébrés par Bittner [137]. Les espèces les plus caractéristiques sont les suivantes : *Ussuria Schamaræ*, *Proptychites hiemalis*, *Otoceras otoceroides*, *Xenaspis orientalis*, *Ophiceras Sakuntala*, *Meekoceras boreale*, *Aspidites Varaha*, *Dinarites latiplicatus*, *Danubiles Nicolai*, *Ceratit-s minutus*, *Pecten discites*, *Pseudomonotis Iwanowi*, *Myalina vetusta*, *Anodontophora fassaensis*, *Terebratula Margaritowi*, etc. Les Ammonoïdés ont de grandes affinités avec ceux des couches à *Otoceras* de l'Himalaya, les Lamellibranches sont pour la plupart très voisins de ceux des couches de Werfen ; il y a même quelques espèces identiques. On est donc incontestablement en présence d'une faune du Trias inférieur. Au-dessus se trouve encore une faune virgloirienne, avec *Monophyllites sichoticus*, *Acrochordiceras*, *Ptychites*, mais tous les termes supérieurs du Trias semblent faire défaut.

*Colombie Britannique.* — Le Trias est encore inconnu dans les guirlandes d'îles qui bordent le Pacifique septentrional et dans les terres qui se trouvent en arrière, il n'apparaît que dans la Colombie Britannique et dans les îles qui en dépendent. Whiteaves [138] en a fait connaître la faune. Les espèces décrites se répartissent sur le Ladinien (couches à *Daonella*), le Carnien (couches à *Dawsonites*) et sur le Norien (couches à *Pseudomonotis subcircularis*).

Les Ammonoïdés appartiennent soit à des types peu significatifs, comme *Trachyceras* et *Badiolites*, soit à des types spéciaux, comme *Arniolites*, soit à des types boréaux, comme *Dawsonites* et *Nalhorstiles*, genres qui ont été retrouvés dans le Carnien de l'île aux Ours.

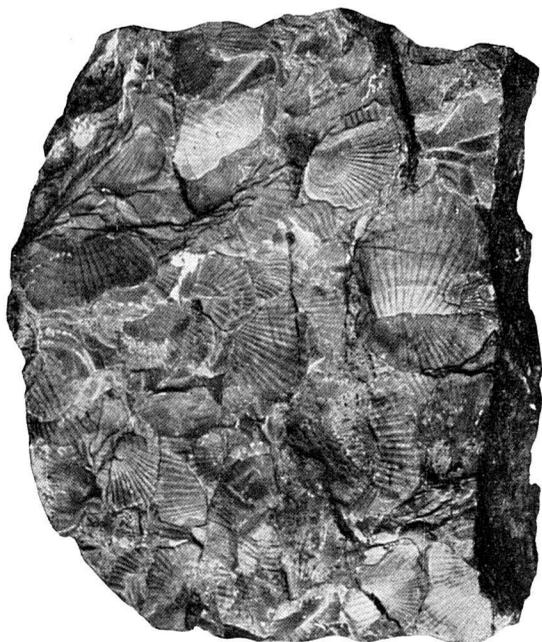
*Californie.* — On connaît depuis longtemps le Trias marin en Californie et les anciens auteurs avaient déjà été frappés de ses analogies avec le Trias alpin, mais ce n'est que récemment que les travaux de J. Perrin Smith [139] en ont éclairci la stratigraphie et fait connaître les faunes successives [9].

Le Trias inférieur et le Trias moyen ne sont connus que dans le comté d'Inyo, dans le Sud-Est de l'état, où ils atteignent ensemble plus de 500 m d'épaisseur. Le Trias inférieur est constitué par des calcaires gris à *Meekoceras gracilitatis*, *Mushbachianum*, *Danubites*, *Flemingites*, *Aspidites*, *Nanniles*, *Proptychites*, *Owenites*, *Inyoites*, *Pseudosageceras*, *Ussuria*, *Prosphingites*. Cette riche faune, qui se retrouve dans l'Idaho, possède des affinités à la fois avec celle du Trias inférieur de l'Himalaya et avec celle des couches à *Ceratites* de la Salt Range. Après 390 m environ de schistes sans fossiles, vient un second niveau fossilifère, qui correspond à une épaisseur de 2 m de calcaire noir. On y rencontre des représentants des genres *Parapopanoceras*, *Acrochordiceras*, *Ptychites*, *Hungarites*, *Xenodiscus*, *Tirolites*. Comme *Acrochordiceras* et *Ptychites* ne sont pas connus dans d'autres pays avant le Trias moyen, il est probable que cette faune est virglorienne, malgré les affinités qu'elle présente encore avec le Trias inférieur.

Dans le Nord de la Californie, le Trias moyen est représenté dans le comté de Shasta, par près de 1 000 m de schistes siliceux très peu fossilifères, la *Pil formation*. La seule espèce déterminée avec certitude est *Anolcites Whitneyi*. Au sommet se trouvent des argiles à *Protrachyceras Homfrayi* et *Halobia*, que Perrin Smith attribue au Ladinien. Le Carnien est constitué dans la même région par le calcaire de *Hosselkus*, qui atteint 100 m d'épaisseur et comprend quatre niveaux, caractérisés respectivement par *Halobia superba*, *Tropites subbullatus*, *Juvavites* et *Spiriferina*. La faune est très riche en Céphalopodes, qui se répartissent principalement dans les genres *Arcestes*, *Tropites*, *Sagenites*, *Juvavites*, *Tornquistites*, *Polycyclus*, *Tropicellites*, *Clonites*, *Trachyceras*, *Hauerites*, etc. Hyatt et Perrin Smith y ont reconnu la présence d'un grand nombre d'espèces de la zone à *Tropites subbullatus*, c'est-à-dire du Carnien supérieur des Alpes orientales.

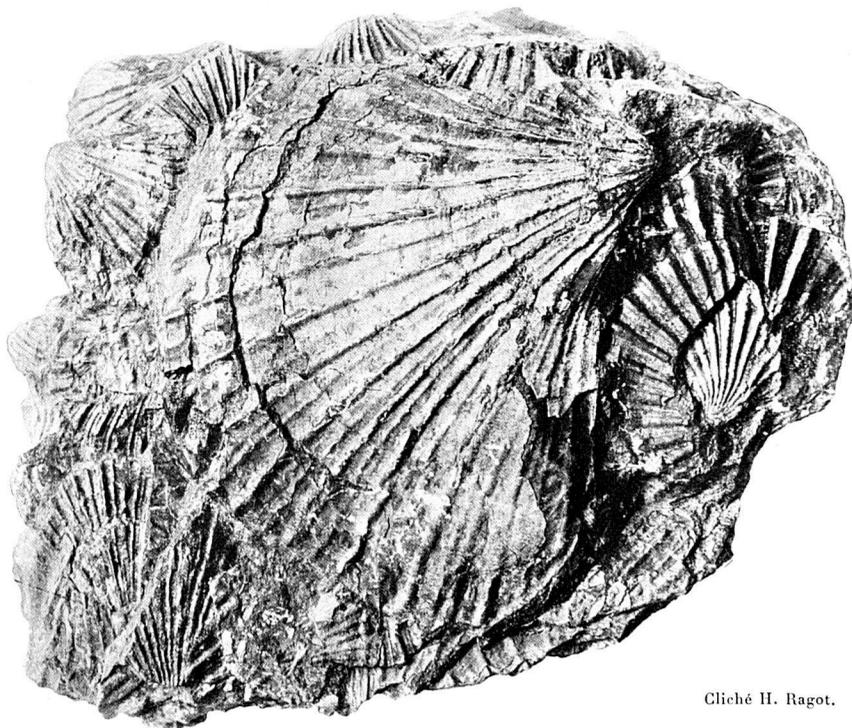
Le Norien existe également dans le comté de Shasta, mais il est surtout fossilifère dans celui de Plumas, où il est constitué par les *Svearinger slates* à *Pseudomonotis subcircularis*, *Halorites americanus*, *Rhabdoceras Suessi*, *Arcestes Andersoni*. Comme *Pseudomonotis subcircularis* est à peu près identique avec *Pseudomonotis ochotica*, l'âge norien des schistes qui renferment cette espèce sur tout le pourtour du Pacifique et en Crimée ne peut guère faire de doute.

*Nevada.* — Dans la West Humboldt Range, dans le centre du Nevada, la base du Trias est métamorphique, mais le Trias moyen présente un niveau très fossilifère, dont la faune correspond à celle de la zone à *Ceratites trinodosus* du Virglorien supérieur, avec toutefois un mélange d'éléments du Ladinien inférieur, comparable à celui que l'on a signalé également en Bosnie et dans la Forêt de Bakony. Les Ammonoïdés se répartissent principalement dans les genres *Joannites*, *Ptychites*, *Monophyllites*, *Cellites*, *Entomoceras*, *Ceratites*, *Anolcites*, *Acrochordiceras*, *Balalonites*, *Longobardites*, *Beyrichites*, etc. On retrouve parmi eux un assez grand nombre d'espèces des Alpes ou de l'Himalaya.



*Monotis salinaria* (gr. nat.), Calcaires de Hallstatt noriens.  
Sirius Kogel, près Ischl (Haute-Autriche).

Clichés H. Ragot.



*Pseudomonotis richmondiana* (gr. nat.)  
Norien. Nouméa (Nouvelle-Calédonie).

Cliché H. Ragot.

Les calcaires ladinien et carnien du Nevada sont peu fossilifères, mais les schistes et les calcaires noriens renferment la même faune qu'en Californie.

*Idaho.* — Quoique les Montagnes Rocheuses ne fassent pas, à proprement parler, partie des régions circumpacifiques, nous ne quitterons pas le Trias marin des États-Unis sans dire quelques mots du Trias inférieur du Sud-Est de l'Idaho, qui présente d'ailleurs de grandes affinités avec celui de la Californie méridionale. Dans la série très épaisse, connue sous le nom d'*Aspen beds*, Hyatt et Perrin Smith distinguent 3 niveaux paléontologiques [9]. Le niveau inférieur, à *Meekoceras*, renferme la même faune qu'en Californie, mais avec quelques éléments spéciaux, tels que *Hedenstræmia* et *Cordillerites*. Dans le niveau moyen, à *Tirolites*, apparaît une faune essentiellement alpine, avec plusieurs espèces presque identiques à des formes du Werfenien supérieur des Alpes méridionales et de Bogdo, comme *Tirolites cassianus*, *Haueri*, *Smiriagini*, *Dinarites*, *Dalmatites morlaccus*. Le niveau supérieure présente de nouveau des affinités asiatiques (*Prionolobus*, *Ophiceras*, *Pseudosageceras*), mais il renferme aussi un genre spécial à la région, *Columbites*. Le Trias de l'Idaho se termine par des couches à Lamellibranches, sans Céphalopodes, et le Trias supérieur fait certainement défaut.

*Mexique.* — Le Trias marin a été découvert au Mexique par C. Burckhardt, aux environs de la ville de Zacatecas, au cours d'investigations qui avaient pour but de préparer les excursions du Congrès géologique international de 1906 [140]. Des schistes siliceux noirs, des argiles grisâtres et des grès verdâtres, alternant avec des diabases et des tufs, recouvrent en discordance des schistes à séricite anciens. Les restes paléontologiques que renferme cette série se composent d'Ammonioïdés mal conservés (*Sirenites*, *Protrachyceras*, *Clionites*, *Anatomites*), qui ne laissent toutefois pas de doute sur leur âge carnien; de nombreuses espèces du genre *Palæoneilo*, connu surtout dans le Paléozoïque; enfin, de plusieurs Aviculidés (*Avicula Hoffmanni*, *Halobia austriaca*, *Cassianella* s. g. *Burckhardtia*), étudiés par Fr. Frech [141], qui possèdent également un cachet ancien.

La découverte de Burckhardt comble la lacune qui existait entre les dépôts triasiques des États-Unis et ceux de l'Amérique du Sud.

*Amérique du Sud.* — Dans ce continent, le Trias marin a été signalé en Colombie et au Pérou sous la forme de couches à *Pseudomonotis subcircularis*. Sur la rive gauche du Rio Utcubamba, en aval de Sunibamba, ce Lamellibranche est accompagné de petites Ammonites des genres *Sibirites* et *Helictites*, qui confirment son âge norien [145].

*Nouvelle-Zélande.* — Le même horizon existe dans la Nouvelle-Zélande, où Hochstetter a recueilli *Pseudomonotis Richmondiana*, espèce très voisine de *Pseudomonotis ochotica*, avec *Halobia Zitteli*. On y aurait également trouvé deux espèces de Nautilés des calcaires de Hallstatt noriens.

*Nouvelle-Calédonie.* — Dès 1864, Eug. Deslongchamps faisait connaître la présence de couches triasiques à *Pseudomonotis Richmondiana* (pl. XCIX, 2) dans l'île Hugon, sur la côte sud-ouest de la Nouvelle-Calédonie. Divers auteurs ont complété depuis les documents relatifs au Trias de notre colonie polynésienne; mais il était réservé à Piroutet [142] de préciser la succession des différents niveaux et leur répartition dans l'île.

Sur la côte sud-ouest, une puissante série détritique, qui représente soit le Permien, soit les termes inférieurs du Trias, supporte une série de schistes, de grauwackes, de tufs et de brèches andésitiques, de poudingues, dans laquelle Piroutet distingue les niveaux suivants :

1° Couches à *Halobia Zitteli*, *Mojisovicisi*, *kwaluana*, *Myoconcha*, *Spirigera*, *Euomphalus* correspondant au Ladinien supérieur d'Europe;

2° Couches à *Mytilus problematicus*, *Spirigera* et *Spiriferina* de grande taille;

3° Couches à *Halobia superba*, *austriaca*, *intermedia*, avec nombreux petits Brachiopodes (*Rhynchonella*, *Spiriferina*, *Spirigera*);

4° Couches à grosses *Spirigera* et *Spiriferina*;

5° Couches renfermant encore les mêmes genres de Brachiopodes et, à la presque l'absence de Ammonites des genres *Stenarcestes*, *Arcestes* (plusieurs espèces), *Discophyllites*;

6° Couches à *Halobia austriaca* et autres espèces indéterminables, *Orthoceras*, *Myoconcha*, *Euomphalus*.

Les couches 2 à 6 représentent le Carnien, car elles supportent une division supérieure norienne, constituée par des schistes, des grès, des calcaires, des poudingues et des tufs, qui atteignent au minimum 1 500 m d'épaisseur et renferment en abondance *Pseudomonotis Richmondiana* (pl. XCIX, 2).

A leur partie supérieure, ces couches passent insensiblement au Lias.

Les couches à *Mytilus problematicus* sont en transgression manifeste, car, dans toute la région littorale, elles débutent par un conglomérat puissant, à gros éléments, qui repose directement sur les tufs trachytiques de la partie moyenne de la série détritique inférieure. Les couches 3 à 6 sont souvent remplacées par un poudingue peu épais, qui indique une régression momentanée. Les couches à *Pseudomonotis* sont de nouveau transgressives et reposent sur des niveaux de plus en plus anciens à mesure que l'on se dirige vers l'ouest.

Sur la côte sud-ouest, la série entière est beaucoup moins détritique, plus complète, mais aussi moins fossilifère.

Avec la Nouvelle-Calédonie, nous nous rapprochons de nouveau de l'Archipel Malais et nous avons fermé la ceinture de dépôts triasiques qui entoure l'océan Pacifique, avec toutefois une grande lacune correspondant aux terres antarctiques et aux régions méridionales de l'Amérique du Sud. Dans toute cette ceinture, le Norien est caractérisé par la présence de *Pseudomonotis ochotica* ou de l'une de ses espèces représentatives, *subcircularis* ou *Richmondiana*.

TRIAS CONTINENTAL DU POURTOUR DE L'Océan Indien. — De même qu'à l'époque Permienne, les masses continentales qui entourent l'océan Indien actuel et que l'on doit envisager comme les débris de la *terre de Gondwana*, du continent *Australo-Indo-Malgache*, étaient au Trias le siège d'une sédimentation continentale. On n'observe ni en Australie, ni dans l'Inde péninsulaire, ni à Madagascar, ni dans l'Afrique australe, ni davantage dans l'Est de l'Amérique du Sud, la moindre trace de Trias marin. Les formations continentales font suite en concordance à celles du Permien et supportent de même celles de la base du système Jurassique. Nous n'en donnerons qu'un aperçu sommaire.

*Australie*. — Au Queensland, les couches à charbon permien sont recouvertes en concordance par des couches de même nature, qui renferment encore *Glossopteris Browniana*, mais où apparaît déjà *Tæniopteris Daintreei*, associée plus haut à *Thinnfeldia odontopteroides* et *Alethopteris australis*, espèces qui s'élevèrent jusque dans le Rhétien. Il en est de même dans les états de Victoria et de Tasmanie; dans la Nouvelle-Galles du Sud, par contre, il existe une lacune dans la série, les couches houillères triasiques sont transgressives et reposent sur une surface ravinée des couches à houille du Permien.

*Inde péninsulaire*. — Les couches de Gondwana moyennes de l'Inde pénin-

sulaire sont certainement triasiques, comme le montrent leur faune et leur flore et aussi leur position stratigraphique entre le Permien et le Rhétien. Elles comprennent :

1° Les couches de *Damuda*, série houillère très puissante (3 000 m), dont les plantes ont encore beaucoup d'affinités avec celles de la flore à *Glossopteris* du Permien, et qui renferment des Reptiles spéciaux (*Brachyops*, *Gondwanosaurus*);

2° Les couches de *Panchet*, grès et argiles rouges sans charbon, où l'on trouve encore des *Glossopteris* et des *Schizoneura*, mais où les genres *Gangamopteris*, *Phyllothea* et *Vollzia* ont disparu. Les Vertébrés sont des Labyrinthodontes et des Reptiles théromorphes, parmi lesquels se trouve notamment *Dicynodon*, qui est un des types les plus remarquables de la faune de l'Afrique australe.

Ce même genre a été trouvé par Counillon à Luang-Prabang, dans le Laos septentrional, non loin de la limite nord-est des formations continentales d'âge triasique, à peu près dépourvues de fossiles, qui occupent, en couches horizontales, de vastes étendues dans le Cambodge et dans l'Est du Siam.

*Afrique australe.* — De même que la partie moyenne des couches de Gondwana, une partie des couches de Karroo de l'Afrique australe doit être rangée dans le Trias. C'est celle qui est comprise entre les couches à *Pareiosaurus* permienues et les couches de Stormberg rhétiennes; ce sont par conséquent les couches de *Beaufort* moyennes et supérieures, composées de grès, de schistes et d'argilolithes. Les grès présentent souvent des stratifications entrecroisées et des ripple-marks. Les colorations bleues et verdâtres prédominent dans les parties argileuses. Les fossiles sont principalement des Vertébrés, notamment des Thériodontes, Reptiles carnassiers, et des Anomodontes, probablement herbivores. Les Thériodontes sont représentés par les genres *Elurosaurus*, *Cynodraco*, *Lycosaurus*, *Cynognathus*, etc., les Anomodontes, par *Dicynodon*, *Oudenodon*, *Kisticephalus*, etc.

On a trouvé également quelques Rhynchocéphales, des Stégocéphales, des Poissons et des Lamellibranches d'eau douce. Parmi les Végétaux, on peut citer *Glossopteris* et *Schizoneura*.

AMÉRIQUE DU NORD. — Des formations continentales d'âge triasique prennent un grand développement dans la région atlantique des États-Unis, où elles forment une bande discontinue, depuis la Nouvelle-Écosse jusque dans la Caroline du Sud. Elles sont connues sous le nom de système de Newark [143, 144], d'après une localité située dans le New-Jersey. C'est une série très puissante, entièrement détritique, comprenant des conglomérats, des grès, des argiles, généralement de couleur rouge. Les ripple-marks et les fentes de dessiccation y sont très fréquentes. Elle s'est déposée en discordance sur les divers termes du Paléozoïque, dans une longue dépression, dont l'axe est à peu près parallèle à celui de la chaîne des Appalaches. On y observe souvent des intrusions ou des coulées de roches éruptives basiques.

Les restes organiques proviennent de Végétaux et d'Animaux terrestres, à l'exclusion de tout organisme marin. On a trouvé dans le Connecticut des milliers d'empreintes de pas pentadactyles ou tridactyles, appartenant celles-ci à des Dinosauriens, celles-là à des Labyrinthodontes. La flore est très riche [145] et présente de grandes affinités avec diverses flores triasiques d'Europe. On y trouve notamment les genres *Tæniopteris*, *Ptero-*

*phyllum*, *Albertia* [146] et Zeiller a même retrouvé une espèce des couches de Newark de Virginie, *Acrostichides rhombifolius*, dans le Grès Bigarré de Saint-Germain, près Luxeuil [147].

### 3° RÉSULTATS GÉNÉRAUX

**RÉSULTATS PALÉOGÉOGRAPHIQUES.** — La principale cause pour laquelle la vraie extension géographique du Trias marin en dehors de l'Europe n'a été reconnue que dans les trente dernières années réside dans le fait que ces dépôts sont localisés principalement dans des régions plissées, d'un accès difficile, où ils se présentent fréquemment avec un faciès qui les a fait confondre avec les terrains paléozoïques. On ne les connaît qu'exceptionnellement sur les aires continentales, dans des régions où ils auraient conservé leur horizontalité primitive. Le Trias est par excellence un terrain de géosynclinaux; les points où il se présente à l'état marin jalonnent les géosynclinaux de l'ère Secondaire et les zones de plissements tertiaires, de même qu'ils permettent de reconnaître l'existence d'une *Méditerranée centrale* ou *Tethys*, s'étendant de l'Espagne aux îles de la Sonde, et d'une *mer circumpacifique* (fig. 281).

On ne peut citer comme régions faisant partie d'aires continentales, où le Trias marin a échappé au plissement, que le Spitzberg et l'île aux Ours et peut-être encore la terre d'Ellesmere. Ceci revient à constater qu'une partie du *continent Nordatlantique* était envahie par les eaux, au moins au début et au milieu de la période. Dans les autres masses continentales, dont nous avons établi l'existence pour la fin des temps primaires, le Trias est représenté par des formations continentales, comme sur le *continent de Gondwana*, ou bien il est entièrement absent, comme dans le *continent Sino-Sibérien*. Le Trias marin du Nord de la Sibérie paraît être en général plissé; il semble appartenir à une chaîne qui reliait l'Oural aux plissements circumpacifiques.

Comme changement géographique important par rapport à l'état de choses de la fin des temps primaires, il convient de mentionner la suppression de toutes communications entre les régions méditerranéennes et les régions boréales par un bras de mer suivant le bord occidental de l'Oural, et l'abandon par la mer des régions centrales des États-Unis à l'est des Montagnes Rocheuses, où la mer permienne a laissé ses dépôts.

La continuité dans la sédimentation qui, dans les Alpes, dans l'Himalaya et dans la Salt Range, marque la période de transition entre le Permien et le Trias n'est pas un phénomène tout à fait

général, car souvent, et dans le géosynclinal circumpacifique en particulier, on constate l'absence du Trias inférieur et moyen et la transgressivité du Trias supérieur. C'est là un fait sur lequel nous reviendrons tout à l'heure.

Il est inutile de nous étendre à nouveau sur les limites de la mer intérieure qui, dans une dépression transversale des zones de plissement carbonifères, recevait les sédiments souvent lagunaires, connus sous le nom de Trias germanique. Nous ne reviendrons pas davantage sur les conditions bathymétriques qui présidaient au dépôt du Trias alpin. Contentons-nous de rappeler que les deux bassins, germanique et alpin, étaient probablement séparés par une barrière de terre ferme ou par un haut fond, où le Trias se présente à l'état

PROVINCES ZOOLOGIQUES ET BOTANIQUES. — On a souvent envisagé le domaine du Trias germanique et celui du Trias alpin comme deux provinces distinctes. Mais cette interprétation est basée sur une conception incorrecte de la province zoologique. En effet, toutes les fois que nous comparons entre elles des formations synchroniques du Trias germanique et alpin qui possèdent le même faciès, comme par exemple le Wellenkalk allemand et le Virglorien inférieur de Recoaro, nous constatons la plus parfaite identité entre les deux faunes. Lorsque, par contre, deux formations synchroniques des deux régions affectent des faciès différents, l'une étant lagunaire, l'autre étant marine, par exemple, leurs faunes accusent aussitôt de profondes différences.

L'isolement du bassin germanique n'a jamais été complet; la mer y faisait constamment des incursions et y introduisait les faunes alpines chaque fois que des communications relativement faciles s'établissaient : à la fin du Trias inférieur, à l'époque du Wellenkalk, à l'époque des couches à *Ceratites nodosus*, à la fin de la Lettenkohle, au début du Keuper. Toutefois, les conditions de salure, même lors de ces périodes d'invasion, n'étaient pas identiques à celles de la mer alpine; certains éléments de la faune pouvaient seuls s'accommoder des conditions spéciales qu'ils rencontraient dans le bassin germanique, de sorte que, n'ayant pas à lutter contre des concurrents nombreux, ils évoluaient sur place et pullulaient littéralement à certains moments. C'est ainsi que *Ceratites nodosus*, ou plutôt une forme spéciale du groupe des *Nodosi*, *Ceratites Münsteri*, n'est pas étranger au Trias alpin, comme l'a montré Tornquist; mais ce n'est que dans le bassin germanique que cette espèce a pu se développer librement,

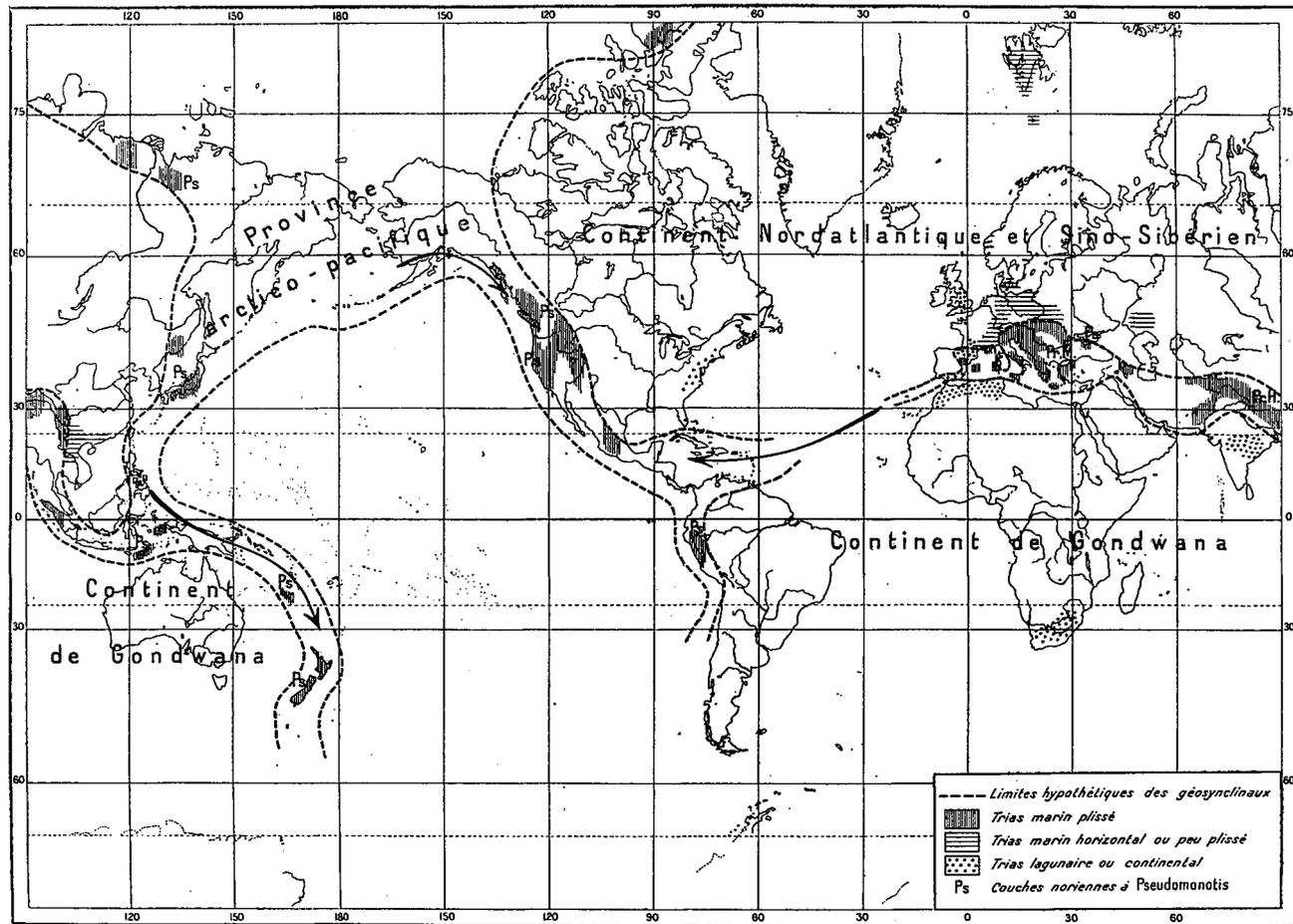


Fig. 294. — Essai de carte paléogéographique de la Terre à l'époque Triasique.  
 Les flèches indiquent le sens des migrations des faunes marines.

Pr. M., Province méditerranéenne. — Pr. H., Province himalayenne.

en donnant naissance à de nombreuses variations et mutations, les unes simultanées, les autres successives. Les unes et les autres n'apparaissent qu'à partir de la Lorraine, pour devenir de plus en plus nombreuses vers le nord du bassin, tandis qu'en Provence les formes les plus voisines du type alpin existent seules. Ceci nous indique que l'invasion de la région germanique vers le milieu du Trias moyen a eu lieu par le sud, par la Sardaigne et la Provence, tandis que celle du début de la période s'était effectuée par l'est, par la Sibérie et la Pologne, comme le montrent les affinités alpines très prononcées du Wellenkalk de cette région.

En somme, la faune du Trias germanique est une faune alpine très appauvrie, très sélectionnée. Ceci est particulièrement vrai au Keuper. A ce moment, le bassin germanique était transformé en une lagune, où les précipitations chimiques jouaient un rôle capital. La salure y était telle que la faune s'est trouvée réduite à un petit nombre d'espèces. Les communications avec la mer des Alpes ne tardèrent pas à être coupées, de sorte que le bassin germanique n'a pu subir le contre-coup des invasions répétées de types cryptogènes qui ont sans cesse renouvelé la faune du Trias alpin.

Ces immigrations suffiraient à elles seules à montrer qu'il existait, à côté de la *province alpine*, une ou plusieurs autres provinces zoologiques, où devaient vivre les ancêtres des éléments cryptogènes qui apparaissent au Trias inférieur. Il faut avouer toutefois que ces ancêtres nous sont en général encore restés inconnus; cependant Perrin Smith a annoncé récemment avoir trouvé des *Tropitidæ* dans le Trias moyen du Nevada, mais sans donner à ce sujet aucune indication précise.

Dès le Werfenien, nous avons les preuves de l'existence d'au moins trois provinces distinctes : 1° une *province alpine*, caractérisée par la présence exclusive du genre *Tirolites* et l'abondance des *Dinarites* du groupe des *Nudi*; 2° une *province boréale*, caractérisée par les *Dinarites* du groupe des *Circumplexi* et par les genres *Keyserlingites* et *Sibirites*; 3° une *province indo-pacifique*, avec prédominance des *Meekoceratidæ* et survivance des *Medlicottinæ*, des *Noritinæ* et des *Thalassoceratidæ* (*Ussuria*).

Perrin Smith [139] a signalé, dans le Werfenien de l'Idaho, la superposition de trois faunes, dont la première, celle des couches à *Meekoceras*, est essentiellement indo-pacifique; dont la seconde, celle des couches à *Colombites* accuse des affinités boréales; tandis que la troisième, celle des couches à *Tirolites*, est incontestablement alpine. C'est là un des exemples les plus remarquables de migrations de faunes venant converger successivement en un même lieu.

Au Virglorien les trois mêmes provinces continuent à exister, quoique avec des caractères moins tranchés. Les espèces des calcaires à *Daonella* du Spitzberg diffèrent toutes de celles des couches à *Ceratites trinodosus* d'Europe, mais les mêmes genres existent dans les deux faunes. Les couches à *Ceratites trinodosus* de l'Himalaya, dont la faune ne le cède en rien comme richesse à celle des Alpes, ne possèdent même pas un dixième des espèces en commun avec celle-ci et une seule de leurs espèces, *Beyrichites affinis*, se retrouve au Spitzberg. Le groupe de *Ptychites Gerardi*, les genres *Buddhaites*, *Smithoceras*, les sous-genres *Pseudodanubites*, *Haydenites*, *Salterites* sont, d'après Diener [127], spéciaux au Virglorien de l'Himalaya. Dans l'Ouest de l'Amérique du Nord, les couches à *Parapopanoceras* de Californie accusent surtout, d'après Perrin Smith [139], des affinités arctiques, tandis que les couches à *Ceratites trinodosus* du Nevada ont une faune essentiellement méditerranéenne et renferment plusieurs espèces alpines. On doit donc conclure avec Perrin Smith à une migration d'Europe en Amérique, au début du Trias moyen, à travers l'Atlantique actuel.

Les faunes ladinienes sont encore trop mal connues en dehors de l'Europe pour que l'on puisse en tirer des conclusions sur l'existence de provinces zoologiques à la fin du Trias moyen. Cependant il y a lieu de signaler l'existence d'éléments communs dans les couches à *Dawsonites* de l'île aux Ours et de la Colombie Britannique (*Dawsonites*, *Nathorstites*) et la présence de *Halobia Zitteli* à la fois au Spitzberg et à l'Heureka Sund, dans l'Amérique arctique. Ces faits indiquent peut-être l'existence de communications directes entre ces divers points des mers boréales.

Au Carnien, des communications faciles semblent avoir existé entre les Alpes, l'Himalaya et l'Ouest de l'Amérique du Nord, car la faune de la zone à *Tropites subbullatus* se retrouve, avec de nombreuses espèces communes, dans les trois régions, qui n'accusent que de faibles différences paléontologiques, telles que la survivance en Amérique de nombreux *Trachyceras*. L'apparition brusque des *Tropitidæ* cryptogènes est simultanée dans les trois régions.

Dans l'ensemble du Trias supérieur, les faunes de l'Inde diffèrent de celles de l'Europe par plusieurs caractères essentiels. Ainsi, d'après Mojsisovics [129], les genres *Parajuvavites*, *Griesbachites*, *Gümbelites*, *Tibetites*, *Telhidites* et *Bambanagites* sont spéciaux à l'Himalaya et manquent en Europe. Inversement, les *Orthopleuritidæ*, les *Celtitidæ* et les *Halorites catenati*, types caractéristiques de la région méditerranéenne, font défaut dans l'Himalaya. De plus, les

genres *Arcestes*, *Megaphyllites*, *Cladiscites*, si communs dans le Trias supérieur des Alpes, au point d'y constituer des éléments tout à fait prédominants de la faune, ne jouent dans l'Inde qu'un rôle tout à fait secondaire. Il existe donc de nombreuses raisons de distinguer, au Trias supérieur, une *province méditerranéenne* et une *province himalayenne*. Au Carnien, la Californie appartient incontestablement à la première.

Au Norien, nous voyons se dessiner avec la plus grande netteté une *province arctico-pacifique*, car les couches à *Pseudomonotis*, caractérisées par *Pseudomonotis ochotica* ou par une de ses formes représentatives, sont connues dans tout le géosynclinal qui entoure l'océan Pacifique. Elles existent également dans le Nord de la Sibérie. On ne les a pas rencontrées encore en Inde et en Europe, elles n'ont été signalées encore qu'en Crimée et au Caucase.

Les animaux terrestres du Trias ne permettent pas encore de caractériser d'une manière satisfaisante les faunes spéciales à chaque continent et l'on peut en dire autant des Végétaux. On constate cependant des différences beaucoup moins grandes qu'au Permien entre les flores de l'hémisphère Nord et celles de l'hémisphère Sud.

Aucune particularité dans la répartition géographique des organismes triasiques ne peut être attribuée jusqu'ici à des causes climatiques. Les données géologiques sur la différenciation des climats à l'époque Triasique sont non moins insuffisantes. Toutefois, le rôle considérable que jouent les dépôts de précipitation chimique indique, pour beaucoup de points du Globe, un climat très sec. Nous ne possédons, par contre, aucun indice de l'existence de glaciers triasiques.

Nous pouvons donc conclure, avec Frech [3], à un relèvement très sensible de la température de l'atmosphère et des eaux marines à l'époque Triasique. Mais cette élévation a certainement été progressive et elle ne peut être invoquée pour expliquer l'extinction subite de la faune permienne et, en particulier, celle de la plupart des genres de Brachiopodes paléozoïques, extinction suivie de l'apparition brusque de Céphalopodes nouveaux. Nous nous trouvons ici en présence d'un curieux problème, dont les changements paléogéographiques fourniront peut-être un jour la solution.

**MOUVEMENTS OROGÉNIQUES ET ÉPIROGÉNIQUES.** — La grande phase orogénique de la fin des temps Primaires fut suivie d'une longue période de repos relatif, qui caractérise toute l'ère Secondaire. Déjà au Trias, les mouvements tangentiels de l'écorce terrestre semblent ne plus jouer qu'un rôle peu important. Dans la chaîne Hercynienne, les

derniers plissements ont pris naissance à la fin de l'époque Permienne et ce sont eux qui ont occasionné la discordance que l'on observe, par exemple dans les Vosges méridionales et dans le Plateau Central, entre le Permien supérieur et le Trias inférieur. Mais ce sont là des points exceptionnels; en général, comme on l'a vu plus haut, le Permien et le Trias sont concordants, les mouvements orogéniques ayant cessé de faire sentir leur action bien avant la fin de l'époque Permienne. Au Trias, on ne signale nulle recrudescence de ces mouvements; en aucun point du Globe, on ne voit se former de nouvelles zones de plissement. Par contre, l'emplacement futur des plissements tertiaires devient le siège d'une sédimentation intense. Des géosynclinaux prennent naissance, où se trouvent surtout localisées les formations bathyales du Trias. Leur tracé coïncide d'ailleurs sensiblement avec celui des géosynclinaux de l'époque Anthracolithique, mais leur largeur est moindre. Comme leurs axes sont en général parallèles à ceux des plissements de la fin des temps paléozoïques, on peut assimiler leur formation à des mouvements orogéniques posthumes.

Un premier enfoncement axial des géosynclinaux a lieu au début même de la période. Il se manifeste soit par un approfondissement graduel des eaux, comme, par exemple, dans les Alpes méridionales, dans l'Himalaya et dans la Salt Range; soit par la transgressivité du Trias inférieur, comme dans la nappe de Bavière et, sans doute aussi, en Sibérie. Mais la transgression du Werfenien n'est pas générale; en certains endroits, les géosynclinaux ne sont envahis par les eaux qu'au Trias supérieur.

La transgression du Carnien ou du Norien, correspondant à un enfoncement des géosynclinaux parallèlement à leur axe, a été constatée notamment dans les environs de Recoaro, en Vénétie, puis, à Balia Maaden, en Asie Mineure, ainsi qu'à Sumatra et dans les régions circumpacifiques. Elle n'est d'ailleurs pas aussi générale qu'on l'avait cru.

Les maxima d'enfoncement des géosynclinaux au Trias inférieur et au Trias supérieur correspondent aux époques où, conformément à la loi qui régit les transgressions et les régressions marines, les eaux accusaient sur les aires continentales leur minimum de profondeur et où se déposaient les formations lagunaires, voire fluviales, du Grès Bigarré et des Marnes Irisées.

Le Muschelkalk, par contre, s'est déposé, comme on sait, au cours d'une ingression sur l'emplacement des chaînes calédonienne et armoricaine-varisque. Dans cette mer épicontinentale les eaux

atteignaient, à certains moments, une profondeur assez considérable, comme l'atteste notamment le caractère bathyal des calcaires à *Ceratites nodosus*. La répartition géographique de ces formations montre l'existence d'une fosse dont l'axe est dirigé dans le sens du méridien et qui doit, par conséquent, être envisagée comme une aire d'ennoyage des plissements varisques. C'est la répétition d'un état de choses qui existait déjà au Permien, lorsque la mer où se déposait le Zechstein pénétrait vers le sud jusque dans les Basses-Vosges, en suivant également une dépression transversale de la zone de plissements qui venait de prendre naissance. Au Trias moyen, la mer s'étend plus loin encore vers le sud et le Muschelkalk supérieur se retrouve jusqu'en Provence, avec sa faune et ses caractères lithologiques habituels. Sur les bords du bassin, la transgression du Trias moyen a été signalée en divers points, en particulier dans le Luxembourg, c'est-à-dire sur les côtes de l'île de l'Ardenne, et sur la bordure nord-est du Plateau Central.

Il ne semble pas que l'on soit en droit de conclure à une transgression mésotriasique dans l'Italie méridionale et dans le Nord de l'Afrique, de l'absence du Trias inférieur, souvent signalée dans ces régions, car le Trias moyen est presque toujours le terme le plus ancien de la série sédimentaire qui vienne ici à l'affleurement, et, d'autre part, il est nécessaire de compter avec les phénomènes de charriage, qui ont amené fréquemment le Trias moyen ou supérieur en superposition anormale sur des terrains plus récents.

En dehors de l'Europe, on ne connaît guère de traces d'une transgression mésotriasique s'étendant sur les aires continentales. Dans les régions d'ancienne consolidation, le Trias, lorsqu'il n'est pas entièrement absent, est d'ailleurs presque toujours continental. Toutefois, on peut constater au Spitzberg, où le Trias paraît faire suite en concordance au Permien, un approfondissement des eaux au début du Trias moyen, qui se traduit par la présence de faunes essentiellement bathyales, analogues à celles du Trias alpin et du Trias asiatique.

Si les mouvements épirogéniques ont pour effet de déterminer un approfondissement des aires d'ennoyage au Trias moyen, on peut s'attendre à constater, comme compensation, les traces d'une régression synchronique, ou tout au moins les preuves d'une diminution de la profondeur des eaux dans les géosynclinaux. C'est précisément ce qui a lieu. La régression du Trias moyen est manifeste dans la Salt Range et, dans la région alpine, c'est au Virglorien et au Ladinien que s'établissent des conditions bathymétriques favo-

rables au développement des Zoanthaires constructeurs de récifs. La tendance à l'exhaussement du fond des géosynclinaux paraît avoir persisté jusqu'au Carnien, où s'établit, sur de grandes étendues, le régime lagunaire des couches de Raibl. Au Norien, l'enfoncement devient de nouveau général et permet l'accumulation d'épaisseurs immenses de calcaires et de dolomies, suivant les conditions habituelles du fonctionnement des géosynclinaux.

PHÉNOMÈNES VOLCANIQUES ET MÉTAMORPHISME. — Contrairement à ce que l'on pourrait supposer d'une période d'activité orogénique aussi ralentie, le Trias est marqué par des éruptions volcaniques, qui, bien que localisées, ne présentent pas moins une certaine intensité et qui peuvent être envisagées comme la suite naturelle des éruptions permienues, consécutives aux mouvements orogéniques de la fin des temps primaires.

Toutefois, les régions d'Europe où le Trias n'est pas plissé ne sont traversées que par des venues éruptives beaucoup plus récentes, généralement tertiaires, et l'activité volcanique paraît avoir été cantonnée dans quelques zones privilégiées.

C'est d'abord une région occidentale, caractérisée par l'abondance des éruptions ophitiques et qui comprend les Pyrénées, avec leur avant-pays, puis l'Espagne et le Portugal et, enfin, l'Afrique du Nord, depuis le Maroc jusqu'en Tunisie. Dans tous ces pays, l'ophite forme des *pointements* au milieu des argiles bariolées du Trias supérieur, qu'elle a certainement traversées. Il est probable que l'on se trouve en présence d'intrusions, dont l'âge maximum ne peut être précisé, quoique, dans les Pyrénées par exemple, les calcaires liasiques qui reposent sur le Trias ne soient plus touchés par les ophites.

En l'absence de tout appareil extérieur, les régions ophitiques du Sud-Ouest de l'Europe ne peuvent pas être qualifiées de centre volcanique. Il en est tout autrement du large segment des Dinarides qui constitue les Alpes calcaires méridionales et qui a été, à l'époque du Trias moyen, le siège d'éruptions volcaniques extrêmement importantes, en particulier dans le pays des Dolomies, dans le Tyrol méridional.

Les émissions de laves et les projections de cendres et de lapilli se poursuivent pendant toute la durée de l'époque Ladinienne et se continuent par places jusque dans le Carnien. Elles atteignent leur maximum au moment où se déposent les couches de Wengen, dont les sédiments sont mêlés en toute proportion aux produits d'origine interne. Les dykes et les coulées sont principalement constitués par

des porphyrites augitiques et par des mélaphyres. On connaît également les appareils profonds de ces éruptions, sous la forme de nappes intrusives et de laccolithes, que des vallées d'érosion ont entamés dans les environs de Predazzo et au Monzoni [XI, 6; XIII, 20; 82, 148]. Les roches granitoïdes qui y prédominent sont des granites, des monzonites, des diorites, des gabbros, etc. Elles traversent les couches du Trias inférieur et moyen, et l'on observe, au contact des calcaires, des actions métamorphiques très remarquables. Certains auteurs ont cru pouvoir assigner à l'intrusion de ces roches un âge beaucoup plus récent que le Trias, mais les analogies dans la composition chimique qu'elles présentent avec les roches d'épanchement qui les accompagnent montrent qu'elles proviennent d'un même magma original et que leur mise en place date de la même grande période d'éruption.

En dehors de l'Europe, c'est surtout dans le géosynclinal circum-pacifique que les traces d'une activité volcanique intense sont fréquentes. On a signalé des roches volcaniques d'âge triasique dans la Nouvelle-Calédonie, la Nouvelle-Zélande, la Cordillère des Andes, au Mexique et dans l'Alaska. Mais les plus grandes masses de produits volcaniques se rencontrent dans le Trias de la Colombie Britannique, où elles atteignent plus de 4 000 m d'épaisseur et couvrent des surfaces immenses. Les couches marines n'y forment que des intercalations de peu d'importance.

Une partie des dépôts triasiques de la Californie est métamorphisée, mais le phénomène est au moins postérieur au Jurassique; nous aurons donc l'occasion d'y revenir.

1. — FRIEDRICH VON ALBERTI. Beitrag zu einer Monographie des bunten Sandsteins, Muschelkalks und Keupers, und die Verbindung dieser Gebilde zu Einer Formation (Trias). 1 vol. in-8°, XX + 366 p., 2 pl. 1834.

2. — ID. Ueberblick über die Trias, mit Berücksichtigung ihres Vorkommens in den Alpen. 1 vol. in-8°, 353 p., 7 pl. Stuttgart, 1864.

3. — FRITZ FRECH, E. PHILIPPI, FRITZ NOETLING, G. VON ARTHABER. Lethæa geognostica. II. Das Mesozoicum, 1. Trias. 1 vol. in-8°, XVI + 623 p., 72 + 27 pl., 1 carte, 11 tableaux, 198 fig. Stuttgart, 1903-1908.

4. — FRITZ FRECH und W. VOLZ. Die Korallenfauna der Trias. *Palæontographica*, XXXVII, p. 1-116, pl. I-XXI, fig., 1890; XLIII, p. 1-124, pl. I-XI, 49 fig., 1896.

5. — A. BITTNER. Die Brachiopoden der alpinen Trias. *Abh. d. k. k. geol. Reichsanst.*, XIV, 325 p., 41 pl., fig., 1890; XVII, 2, 40 p., 4 pl., 2 fig., 1892.

6. — ID. Die Lamellibranchiaten der alpinen Trias. I. Revision der Lamellibranchiaten von Sect. Cassian. *Abh. d. k. k. geol. Reichsanst.*, XVIII, 1, 236 p., 24 pl., fig., 1895. II. Die Lamellibranchiaten der Pachycardientuffe der Seiser Alpe, von LUKAS WAAGEN. *Ibid.*, XVIII, 2, 180 p., 10 pl., 19 fig., 1907.

7. — EDMUND MOJSISOVICS EDLER VON MOSJVÁR. Die Cephalopoden der Hallstätter Kalke. *Abh. d. k. k. geol. Reichsanst.*, VI, 2 vol., VIII + X + 356 + 835 p., 70 + 23 + 130 pl., fig., 1873-1902.

8. — Id. Die Cephalopoden der mediterranen Triasprovinz. *Ibid.*, X, VI + 322 p., 94 pl., 1882.

9. — ALPHEUS HYATT and JAMES PERRIN SMITH. The Triassic Cephalopod Genera of America. *U. S. Geol. Surv. Profess. Paper n° 40*, 395 p., 83 pl., 1905.

10. — E. PHILIPPI. Die Ceratiten des oberen deutschen Muschelkalkes. *Paläont. Abh.*, VIII, 4, 114 p., 21 pl., 19 fig., 1901.

11. — FRIEDRICH VON HUENE. Uebersicht über die Reptilien der Trias. *Geol. u. paläont. Abhandl. v. E. Koken*, X, 1, 84 p., 9 pl., 78 fig., 1902.

12. — Id. Ueber die Dinosaurier der aussereuropäischen Trias. *Ibid.*, XII, 2, 60 p., 16 pl., 102 fig., 1906.

13. — Id. Die Dinosaurier der europäischen Triasformation mit Berücksichtigung der aussereuropäischen Vorkommnisse. *Ibid.*, Suppl. I, en cours, 1907 —.

14. — FRITZ NOETLING. Ueber das Alter der Otoceras-Schichten von Rimkin Païar (Painkkända) im Himalaya. *Neues Jahrb. f. Miner.*, Beil.-Bd. XVIII, p. 528-555, 2 fig., 1904.

15. — C. DIENER. Ueber die stratigraphische Stellung der Otoceras beds des Himalaya. *Centralbl. f. Miner.*, 1905, p. 1-9, 36-45, 1905.

16. — JAMES PERRIN SMITH. The Border-Line between Palæozoic and Mesozoic in Western America. *Journ. of Geol.*, IX, p. 512-521, 1901.

17. — E. V. MOJSISOVICS, W. WAAGEN und C. DIENER. Entwurf einer Gliederung der pelagischen Sedimente des Trias-Systems. *Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. in Wien, math. naturw. Cl.*, CIV, I, p. 1271-1302, 1895.

18. — A. BITTNER. Was ist norisch? *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst.*, XLII, p. 387-396, 1892.

19. — Id. Zur neueren Literatur der alpinen Trias. *Ibid.*, XLIV, p. 233-380, 1894.

20. — E. FRAAS. Die Bildung der germanischen Trias, eine petrogenetische Studie. *Jahresh. d. Ver. f. vaterl. Naturk. in Württ.*, p. 36-100, 1899.

21. — H. PROSCHOLDT. Ueber die Gliederung des Buntsandsteines am Westrand des Thüringer Waldes. *Zeitschr. d. D. geol. Ges.*, XXXIX, p. 343-359, tabl., 1887.

22. — W. FRANTZEN. Untersuchungen über die Diagonalstructur verschiedener Schichten nebst Rücksicht auf die Entstehung derselben im Buntsandstein und über die Bewegungen zwischen Landfeste und Meer zur Zeit der Ablagerungen des Buntsandsteines und des Muschelkalks in Deutschland. *Jahrb. d. k. preuss. geol. Landesanst.*, XIII, p. 138-176, pl. XI-XVI, 1892.

23. — SIEGFRIED PASSARGE. Das Röth im östlichen Thüringen. *Inaug. Dissert. Philos. Fak. Jena*, in 8°, 88 p., 1891.

24. — J. G. BORNEMANN. Ueber den Buntsandstein in Deutschland und seine Bedeutung für die Trias, nebst Untersuchungen über Sand- und Sandsteinbildungen im Allgemeinen. *Beitr. z. Geol. u. Pal.*, I, 61 p., 3 pl., 1889.

25. — W. FRANTZEN und A. VON KOENEN. Ueber die Gliederung des Wellenkalks im mittleren und nordwestlichen Deutschland. *Jahrb. d. k. Preuss. Geol. Landesanst.*, 1888, p. 440-452, 1889.

25 bis. — MARTIN SCHMIDT. Das Wellengebirge der Gegend von Freudenstadt. *Mitteil. d. Geol. Abth. d. k. württ. Stat. Landesamtes*, n° 3, 99 p., 8 fig., 2 pl., 1907.

26. — RICHARD WAGNER. Beitrag zur genaueren Kenntniss des Muschelkalks bei Jena. *Abh. d. k. Preuss. geol. Landesanst.*, N. F. 27, 105 p., 2 pl., 7 fig., 1897.

27. — HANS THÜRACH. Uebersicht über die Gliederung des Keupers im nördlichen Franken im Vergleiche zu den benachbarten Gegenden. *Geognost. Jahresh.*, I, p. 75-162, fig.; II, p. 1-90, fig., 1888-1889.

28. — FERDINAND ROEMER. Geologie von Oberschlesien. 1 vol. in-8°, XLVI, 552 p., 50 pl., cartes et coupes. Breslau, 1870.
29. — F. NOETLING. Die Entwicklung der Trias in Niederschlesien. *Zeitschr. d. D. geol. Ges.*, XXXII, p. 300-349, pl. XIII-XV, 1880.
30. — HEINRICH ECK. Rüdersdorf und Umgebung. Eine geognostische Monographie. *Abh. z. geol. Specialk. v. Preussen*, I, 1, 183 p., 3 pl., 1872.
31. — F. VON HUENE. Eine Zusammenstellung über die englische Trias und das Alter ihrer Fossilien. *Centralblatt f. Miner.*, 1908, p. 9-17.
32. — MAX BLANCKENHORN. Die Trias am Nordrande der Eifel zwischen Comern, Zulpich und dem Roerthale. *Abh. z. geol. Specialk. v. Preussen*, VI, 2, 135 p., 3 pl., 1885.
33. — L. VAN WERVEKE. Erläuterungen zur geologischen Uebersichtskarte der südlichen Hälfte des Grossherzogthums Luxemburg. 1 br. in-8°, 89 + 17 p., 2 pl., 1 carte. Strassburg, 1887.
34. — E. W. BENECKE. Ueber die Trias in Elsass-Lothringen und Luxemburg. *Abh. z. geol. Specialk. v. Els.-Lothr.*, I, 4, p. 491-831, 2 cartes, 7 pl., 1877.
35. — Id. Ueber den Buntsandstein der Gegend von Weissenburg. *Mitth. d. Commiss. f. d. geol. Landes-Unters. v. Els.-Lothr.*, I, p. IX-XIII, 1886.
36. — E. SCHUMACHER. Zur Kenntniss des unteren Muschelkalks im nordöstlichen Deutsch-Lothringen. *Ibid.*, II, p. 111-182, 1890.
37. — A. LIÉTARD. Note sur le Trias dans la région méridionale des Vosges. *Bull. de la Soc. des Sc. de Nancy*, 1888, p. 44-68, 1889.
38. — A. DE GROSSOUVRE. Sur les relations du trias du sud-est du bassin de Paris. *C. R. Ac. Sc.*, CXIV, p. 1218-1220, 1892.
39. — ED. HÉBERT. Note sur la limite inférieure du lias et sur la composition du trias dans les départements du Gard et de l'Hérault. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 2<sup>e</sup> sér., XVI, p. 905-918, fig., 1859.
40. — J. M. JAUBERT. Matériaux pour la géologie du Var. Extr. du *Bull. de la Soc. d'études scient. et archéol. de la ville de Draguignan*. 1 br. in-4°, 72 p., 1 pl., 1859.
41. — J. REPELIN. Sur le Trias des environs de Rougiers et ses relations avec la roche éruptive de cette région. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 3<sup>e</sup> sér., XXVII, p. 314-317, pl. V, 1899.
42. — JACQUOT. Sur le gisement et la composition du système triasique de la région pyrénéenne. *Ibid.*, 3<sup>e</sup> sér., XVI, p. 850-877, 1888.
43. — PAUL CHOFFAT. Note préliminaire sur les vallées typhoniques du Portugal. *Ibid.*, 3<sup>e</sup> sér., X, p. 267-288, 15 fig., 1882.
44. — EDM. VON MOJSISOVICS. Ueber die Cephalopoden-Fauna der Trias-schichten von Mora d'Ebros in Spanien. *Verh. d. k. k. geol. Reichsanst.*, 1881, p. 105.
45. — ARTHUR BOFILL. Sur le Trias à Cératites et sur l'Éocène inférieur de la gare d'Olesa (Barcelone). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 3<sup>e</sup> sér., XXVI, p. 826-829, 1 fig., 1899.
46. — EDM. VON MOJSISOVICS. Ueber ammonitenführende Kalke unternorischen Alters auf den balearischen Inseln. *Verh. d. k. k. geol. Reichsanst.*, 1887, p. 327-329.
47. — H. NOLAN. Note sur le Trias de Minorque et de Majorque. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3<sup>e</sup> sér., XV, p. 593-599, 6 fig., 1887.
48. — J. BLAYAC ET L. GENTIL. Le Trias dans la région de Souk-Ahras (Algérie). *Ibid.*, 3<sup>e</sup> sér., XXV, p. 523-547, 11 fig., pl. XXI, 1897.
49. — A. TORNQUIST. Die Gliederung und Fossilführung der ausseralpinen Trias auf Sardinien. *Sitzungsber. d. k. preuss. Akad. d. Wiss.*, 1904, p. 1098-1117.
50. — Id. Ueber die Trias auf Sardinien und die Keuper-Transgression in Europa. *Zeitschr. d. D. geol. Ges.*, LVI, Protok., p. 151-158, 1904.

51. — ID. Beiträge zur Geologie der westlichen Mittelmeerländer. III. Die carbonische Granitbarre zwischen dem oceanischen Triasmeer und dem europäischen Triasbinnenmeer. Die Entwicklung der Trias auf Corsica. *Neues Jahrb. f. Miner.*, Beil.-Bd. XX, p. 466-507, 5 fig., 1905.

52. — PIERRE TERMIER. Les nappes des Alpes orientales et la synthèse des Alpes. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 4<sup>e</sup> sér., III, p. 711-765, pl. XXII-XXIII, 4 fig., 1903.

53. — V. UHLIG. Bau und Bild der Karpaten. 1 vol. in-8°, 261 p., 139 fig., 2 pl., Wien, 1903.

54. — ID. Ueber die Tektonik der Karpathen. *Sitzungsber. d. k. k. Akad. d. Wiss. in Wien, math.-naturw. Kl.*, CXVI, I, p. 871-982, 2 pl., 1907.

55. — ÉMILE HAUG. Les nappes de charriage des Alpes calcaires septentrionales. 1<sup>re</sup> et 2<sup>e</sup> parties. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 4<sup>e</sup> sér., VI, p. 359-422, 8 fig., pl. X, XI, 1906.

56. — C. W. GÜMBEL. Geognostische Beschreibung des bayerischen Alpengebirges und seines Vorlandes. 1 vol. in-8°, 950 p., 6 cartes, 42 pl., 25 fig., Gotha, 1861.

57. — S. FRIH. v. WÖHRMANN. Die Raibler Schichten nebst kritischer Zusammenstellung ihrer Fauna. *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst.*, XLIII, p. 617-769, pl. XIII, 1893.

58. — TH. SKUPHOS. Die stratigraphische Stellung der Partnach- und der sogen. Unteren Cardita-Schichten in den Nordtiroler und Bayerischen Alpen. *Geognost. Jahresh.*, IV, p. 87-142, 1 pl., fig., 1892.

59. — ID. Ueber die Entwicklung und Verbreitung der Partnachschichten in Vorarlberg und im Fürstenthum Liechtenstein. *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst.*, XLIII, p. 145-178, pl. V, 9 fig., 1893.

60. — OTTO M. REIS. Eine Fauna des Wettersteinkalkes. I. Cephalopoden. *Geognost. Jahresh.*, XIII, p. 71-105, pl. II-VII, 1901.

61. — EBERHARD FRAAS. Das Wendelstein-Gebiet. *Ibid.*, III, p. 1-35, 1 carte, 1891.

62. — EMIL BÖSE. Beiträge zur Kenntniss der alpinen Trias. I. Die Berchtesgadener Trias und ihr Verhältniss zu den übrigen Triasbezirken der nördlichen Kalkalpen. II. Die Faciesbezirke in der Trias in den Nordalpen. *Zeitschr. d. D. geol. Ges.*, L, p. 468-586, 695-761, pl. XVIII, fig., 1898.

63. — A. ROTHPLETZ. Ein geologischer Querschnitt durch die Ost-Alpen, nebst Anhang über die sog. Glarner Doppelfalte. 1 vol. in-8°, 268 p., 2 pl., 115 fig. Stuttgart, 1894.

64. — L. VON AMMON. Die Gastropoden des Hauptdolomits und Plattenkalkes der Alpen. *Abh. d. zool.-mineralog. Vereines zu Regensburg*, XI, 72 p., 1 pl., 1878.

65. — DIONYS STUR. Geologie der Steiermark. 1 vol. in-8°, 654 p., fig. Graz, 1871.

66. — A. BITTNER. Die geologischen Verhältnisse von Hernstein in Niederösterreich. 1 vol. in-8°, 309 p., 3 cartes, fig. Wien, 1882.

67. — ID. Aus der Umgebung von Wildalpe in Obersteiermark und Lunz in Niederösterreich. *Verh. d. k. k. geol. Reichsanst.*, 1888, p. 71-80, 3 fig.

68. — E. W. BENECKE. Lettenkohlengruppe und Lunzer Sandstein. *Ber. d. naturf. Ges. zu Freiburg i. B.*, X, p. 109-151, 1897.

69. — GUSTAV VON ARTHABER. Die Cephalopodenfauna der Reiflinger Kalke. *Beitr. z. Pal. OEsterr.-Ung.*, X, p. 1-112, 192-242, pl. I-X, XXIII-XXVII, 12 fig., 1896.

70. — A. BITTNER. Ueber die stratigraphische Stellung des Lunzer Sandsteins in der Triasformation. *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst.*, XLVII, p. 429-454, 1897.

71. — GEORG GEYER. Ein Beitrag zur Stratigraphie und Tektonik der Gailthaler Alpen in Kärnten. *Ibid.*, XLVII, p. 295-364, 8 fig., 1897.

72. — EDMUND VON MOJŠISOVICS. Ueber heteropische Verhältnisse im Triasgebiete der lombardischen Alpen. *Ibid.*, XXX, p. 695-718, 1880.

73. — STOPPANI. Les pétrifications d'Esino ou descriptions des fossiles appartenant au dépôt triasique supérieur des environs d'Esino en Lombardie. *Paléontologie Lombarde*, 1<sup>re</sup> sér., 1 vol. in-4<sup>o</sup>, 152 p., 31 pl., 1 carte. Milan, 1858-60.

73 bis. — CARLO AIRAGHI. Nuovi Cefalopodi del calcare di Esino. *Palæontographia Italica*, VIII, p. 21-41, fig. 1-8, pl. IV, V, 1902.

74. — E. W. BENECKE. Ueber die Umgebungen von Esino in der Lombardei. *Geogn.-paläont. Beitr.*, II, 3 p. 257-317, 4 pl., 1876.

75. — Id. Erläuterungen zu einer geologischen Karte des Grigna-Gebietes, *Neues Jahrb. f. Miner.*, Beil.- Bd. III, p. 171-251, pl. II, III, 1884.

76. — PHILIPPI. Beitrag zur Kenntniss des Aufbaues und der Schichtenfolge im Grigna-Gebirge. *Zeitschr. d. D. geol. Ges.*, XLVIII, p. 665-734, pl. XIX-XXI, 1896.

77. — Id. Geologie der Umgegend von Lecco und des Resegone-Massivs in der Lombardei. *Ibid.*, XLIX, p. 318-367, pl. XIII, XIV, fig., 1897.

78. — ERNST KITTL. Die Gastropoden der Esinokalke nebst einer Revision der Gastropoden der Marmolatakalke. *Annalen d. k. k. naturh. Hofmuseums*, XIV, p. 1-237, pl. I-XVIII, 1899.

79. — W. DEECKE. Beiträge zur Kenntniss der Raibler Schichten der lombardischen Alpen. *Neues Jahrb. f. Miner.*, Beil.-Bd. III, p. 429-521, pl. VII-IX, 1885.

79 bis. — C. F. PARONA. Studio monografico della Fauna Raibliana di Lombardia. 1 vol. in-8, 156 p., 13 pl. Pavia, 1889.

79 ter. — ANNIBALE TOMMASI. Revisione della fauna a molluschi della Dolomia principale di Lombardia. *Palæontographia Italica*, IX, p. 95-124, pl. XVI-XVIII, 1903.

80. — FERDINAND FREIH. VON RICHTHOFEN. Geognostische Beschreibung der Umgegend von Predazzo, Sanct Cassian und der Seisser Alpe. 1 vol. in-4<sup>o</sup>, 327 p., 4 pl., 1 carte. Gotha, 1860.

81. — MARIA M. OGILVIE GORDON. Contributions to the Geology of the Wengen and St. Cassian Strata in Southern Tyrol. *Quart. Journ. Geol. Soc.*, XLIX, p. 1-78, fig., 1893.

82. — Id. The Geological Structure of Monzoni and Fassa. *Trans. of the Edinb. Geol. Soc.*, VIII, Spec. Part, 180 p., 34 fig., 18 pl., 2 cartes, 1903.

83. — WILHELM SALOMON. Geologische und palæontologische Studien über die Marmolata. *Palæontographica*, XLII, p. 1-210, 14 fig., pl. I-VIII, 1895.

84. — KARL A. VON ZITTEL. Ueber die Wengener, St-Cassianer und Raibler-Schichten auf der Seisser Alp in Tirol. *Sitzungsber. d. math. phys. Cl. d. k. bayer. Akad. d. Wiss.* XXIX, p. 341-359, 1899.

85. — GUSTAV C. LAUBE. Die Fauna der Schichten von St. Cassian. Ein Beitrag zur Paläontologie der alpinen Trias. *Denkschr. d. kais. Akad. d. Wiss., math.-naturw. Cl.*, XXIV, II, p. 223-296; XXV, II, p. 1-76; XXVIII, II, p. 29-94; XXX, II, p. 49, 106; 43 pl., 1865-1870.

85 bis. — ERNST KITTL. Die Gastropoden der Schichten von St. Cassian. *Annalen d. k. k. naturh. Hofmuseums*, VI, p. 166-262; VII, p. 35-97; IX, 144-277; 21 pl., 1891-1894.

86. — S. VON WÖHRMANN und E. KOKEN. Die Fauna der Raibler Schichten vom Schlernplateau. *Zeitschr. d. D. geol. Ges.*, XLIV, p. 167-223, pl. VI-XVI, fig., 1892.

87. — A. TORNUST. Neue Beiträge zur Geologie und Paläontologie der Umgebung von Recoaro und Schio (im Vicentin). *Zeitschr. d. D. geol. Ges.*, L, p. 209-233, 637-694, pl. VIII-X, XX-XXIII; LI, p. 341-377, pl. XVIII-XX; LII, p. 118-153, pl. II-IV; 1898-1900.

87 bis. — Id. Das vicentinische Triasgebirge. Eine geologische Monographie. 1 vol. in-4<sup>o</sup>, 195 p., 2 cartes, 14 vues, 10 fig. Stuttgart, 1901.

88. — FRANZ KOSSMAT. Umgebung von Raibl (Kärnten). *IX. Intern. Geol. Kongr. Führer für die Exkursionen in Oesterreich*, XI, 12 p., 3 fig., 1903.

89. — GEORG GEYER. Beiträge zur Geologie der Mürzthaler Kalkalpen und des Wiener Schneeberges. *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst.*, XXXIX, p. 497-784, pl. XIII, fig., 1889.

90. — ID. Der Wiener Schneeberg. IX. Intern. Geol.-Kongr. Führer für die Exkursionen in Oesterreich, 7 p., 1908.

91. — EDMUND VON MOJSSIOVICS. Die Hallstätter Entwicklung der Trias. *Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss. in Wien., Math.-Naturw. Cl.*, CI, I, p. 769-780, 1892.

92. — ID. Ueber den chronologischen Umfang des Dachsteinkalkes. *Ibid.*, CV, I, p. 7-40, 1896.

93. — ID. Erläuterungen zur geologischen Karte der im Reichsrathe vertretenen Königreiche und Länder der Oesterr.-ungar. Monarchie. S. W. Gruppe Nr. 19. Ischl-Hallstatt. Wien, 1905.

94. — MAX SCHLOSSER. Das Triasgebiet von Hallein. *Zeitschr. d. D. geol. Ges.*, L, p. 333-384, pl. XII, XIII, fig., 1898.

95. — CARL DIENER. Die triadischen Cephalopoden-Fauna der Schiechlinghöh bei Hallstatt. *Beitr. z. Pal. u. Geol. Oesterr.-Ungarns*, XIII, p. 1-42, pl. I-III, 1900

96. — E. KOKEN. Die Gastropoden der Trias um Hallstatt. *Abh. d. k. k. geol. Reichsanst.*, XVII, 4, 112 p., 23 pl., 31 fig., 1897.

97. — GEORG GEYER. Ueber die Verbreitung und stratigraphische Stellung des schwarzen Tropiteskalke bei San Stefano in Cadore. *Verh. d. k. k. geol. Reichsanst.*, 1900, p. 355-370, fig.

98. — ANNIBALE TOMMASI. La fauna dei calcari rossi e grigi del Monte Clapsa von nella Carnia occidentale. *Palæontographia italica*, V, p. 1-54, fig. 1-8, pl. I-VII, 1899.

99. — EMIL BÖSE und G. DE LORENZO. Geologische Beobachtungen in der südlichen Basilicata und dem nordwestlichen Calabrien. *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst.*, XLVI, p. 231-268, 8 fig., 1896.

100. — GAETANO GIORGIO GEMMELLARO. I Cefalopodi del Trias Superiore della Regione Occidentale della Sicilia. 1 vol. gr. in-8°, 321 p., 30 pl. Palermo, 1904

101. — V. ANASTASIU. Contribution à l'étude géologique de la Dobrogea (Roumanie). Terrains secondaires. *Thèses Fac. Sc. Paris*. 1 vol. in-8°, 133 p., 14 fig., 1 carte. Paris, 1898.

102. — E. KITTL. Beiträge zur Kenntnis der Triasbildungen der nordöstlichen Dobrudscha. *Denkschr. d. kais. Akad. d. Wiss., Math.-Naturw. Cl.*, LXXXI, p. 447-532, 3 pl., 1 carte, 17 fig., 1908.

103. — A. TORNUST. Einige Bemerkungen über das Vorkommen von *Ceratites subnodosus* nov. var. *romanica* aus der Dobrudscha. *Neues Jahrb. f. Miner.*, 1900, I, p. 172-180, pl. VIII.

104. — A. BITTNER, E. KITTL, KARL DIENER, G. VON ARTHABER, FR. FRECH, ETC. Resultate der wissenschaftlichen Erforschung des Balatonsees. I, 1, Pal. Anhang (en cours). Budapest, 1899 —.

105. — GORJANOVIĆ-KRAMBERGER. Die Fauna des Muschelkalkes der Kuna Gora bei Pregrada in Kroatien. *Verh. d. k. k. geol. Reichsanst.*, 1896, p. 201-205.

106. — ERNST KITTL. Die Cephalopoden der oberen Werfener Schichten von Mué in Dalmatien sowie von anderen dalmatinischen, bosnisch-herzegowinischen und alpinen Lokalitäten. *Abh. d. k. k. geol. Reichsanst.*, XX, 1, 77 p., 11 pl., 1903.

107. — FRANZ RITTER VON HAUER. Die Cephalopoden des Bosnischen Muschelkalkes von Han Bulog bei Sarajevo. *Denkschr. d. k. Akad. d. Wiss., Math.-Naturw. Cl.*, LIV, I, 54 p., 8 pl., 1887.

107 bis. — ID. Beiträge zur Kenntniss der Cephalopoden aus der Trias von Bosnien. I. Neue Funde aus dem Muschelkalk von Han Bulog bei Sarajevo. *Ibid.*, LIX, p. 251-296, pl. I-XV, 1892. II. Nautilen und Ammoniten mit ceratitischen Loben aus dem Muschelkalk von Haliluci bei Sarajevo. *Ibid.*, LXIII, p. 237-276, pl. I-XIII, 1896.

108. — ALESSANDRO MARTELLI. Cefalopodi triasici di Boljevici presso Vir nel Montenegro. *Palæontographia Italica*, X, p. 75-140, fig. 1-10, pl. V-XIV, 1904.
109. — Id. Contributo al Muschelkalk superiore del Montenegro. *Ibid.*, XII, p. 97-154, fig. 1-11, pl. V-IX, 1906.
110. — CARL RENZ. Ueber das ältere Mesozoicum Griechenlands. *Congr. géol. intern. C.-R de la X<sup>e</sup> sess. Mexico*, 1906, p. 197-209, 1908.
111. — FRITZ FRECH. Die Hallstätter Kalke bei Epidaurus (Argolis) und ihre Cephalopoden. *Neues Jahrb. f. Miner., Festband*, p. 1-32, 5 fig., pl. I-VI, 1907.
112. — L. CAYEUX et ED. ARDAILLON. Preuve de l'existence du Trias en Grèce. Position stratigraphique du calcaire du Cheli. *C. R. Ac. Sc.*, CXXXIII, p. 1254-1256, 1901.
113. — K. K. VON VOGDT. Ueber die älteren Ablagerungen der Krym. *Centralbl. f. Miner.*, 1902, p. 85-86.
- 113 bis. — TH. TSCHERNYSCHEW. Sur la découverte du trias supérieur dans le Caucase du Nord (en russe). *Bull. de l'Acad. Impér. des Sc. de St Pétersb.*, 6<sup>e</sup> sér., I, p. 277-280, 1907.
114. — VON WÖHRMANN. Alpine und ausseralpine Trias. *Neues Jahrb. f. Miner.*, 1894, II, p. 1-50.
115. — EDMUND MOJSISOVICS VON MOJSVAR. Arktische Triasfaunen. Beiträge zur paläontologischen Charakteristik der arktisch-pazifischen Triasprovinz, unter Witwirkung der Herren D<sup>r</sup> ALEXANDER BITTNER und FRIEDRICH TELLER. *Mém. de l'Ac. Impér. des Sc. de St-Pétersb.*, 7<sup>e</sup> sér., XXXIII, n<sup>o</sup> 6, p. 1-159, pl. I-XX, 1886.
116. — Id. Ueber einige arktische Trias-Ammoniten des nördlichen Sibirien. *Ibid.*, 7<sup>e</sup> sér., XXXVI, n<sup>o</sup> 5, p. 1-21, p. I-III, 1888.
117. — JOHANNES BÖHM. Ueber die obertriadische Fauna der Bäreninsel. *Kungl. Svenska Vetensk.-Akad. Handl.*, XXXIII, 3, p. 1-76, pl. I-VII, 1903.
118. — ERNST KITTL. Die Triasfossilien vom Heureka Sund. *Rep<sup>t</sup> of the 2<sup>d</sup> Norwegian Arctic Exped. in the « Fram », 1898-1902*, n<sup>o</sup> 7, 44 p., 3 pl., 1907.
119. — FRANZ TOULA. Eine Muschelkalkfauna am Golfe von Ismid in Kleinasien. *Beitr. z. Paläont. Oesterr.-Ung.*, X, p. 153-191, 10 fig., pl. XVIII-XXII, 1896.
120. — GEJZA VON BUKOWSKI. Die geologischen Verhältnisse der Umgebung von Balıa Maaden im nordwestlichen Kleinasien. *Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. in Wien, Math.-Naturw. Cl.*, CI, I, p. 214-235, 2 pl., 1892.
121. — A. BITTNER. Triasptrefakten von Balia in Kleinasien. *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst.*, XLI, p. 97-116, pl. I-III, fig.; XLII, p. 77-89, pl. IV-V; XLV, p. 249-254, pl. XI; 1891-1895.
122. — Id. Beiträge zur Paläontologie, insbesondere der triadischen Ablagerungen centralasiatischer Hochgebirge. *Ibid.*, XLVIII, p. 689-718, pl. XIV, XV, 1899.
- 122 bis. — PAUL OPPENHEIM. Ueber von Herrn A. Le Coq gesammelte Heterastridien vom Karakorumpasse (Kleintibet). *Centralbl. f. Miner.*, 1907, p. 722-728, 4 fig.
123. — GRIESBACH. Paläontological Notes on the Lower Trias of the Himalayas. *Rec. Geol. Surv. of India*, XIII, 2, p. 94-113, pl. I-IV, 1880.
124. — CARL DIENER. Himalayan Fossils. The Cephalopoda of the Lower Trias. *Palæont. Indica*, ser. XV, II, 1, 181 p., 23 pl., 1897.
125. — Id. The Cephalopoda of the Muschelkalk. *Ibid.*, II, 2, 118 p., 31 pl., 1895.
126. — Id. Fauna of the Tropites-Limestone of Byans. *Ibid.*, V, 1, 201 p., 17 pl., 1906.
127. — Id. The Fauna of the Himalayan Muschelkalk. *Ibid.*, V, 2, 140 p., 17 pl., 1907.
128. — Id. Beiträge zur Kenntniss der mittel- und obertriadischen Faunen von Spiti. *Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss. in Wien, Math.-Naturw. Cl.*, CXV, I, p. 757-778, 1896.
129. — EDMUND MOJSISOVICS VON MOJSVÁR. Beiträge zur Kenntniss der obertria-

dischen Cephalopoden-Faunen des Himalaya. *Denkschr. d. math.-nat. Cl. d. kais. Akad. d. Wiss.*, LXIII, p. 575-704, 8 fig., 22 pl., 1896.

130. — ALEXANDER BITTNER. Himalyan Fossils. Trias Brachiopoda and Lamelibranchiata. *Palæont. Indica*, XV, III, 2, 76 p., 12 pl., 1899.

131. — WILLIAM WAAGEN. Salt-Range Fossils. II. Fossils from the Ceratite Formation. *Ibid.*, ser. XIII, 323 p., 40 pl., 1895.

132. — CHARLES DIENER. Note sur deux espèces d'Ammonites triasiques du Tonkin. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 3<sup>e</sup> sér., XXIV, p. 882-886, 2 fig., 1896.

133. — E. KOKEN. Ueber triadische Versteinerungen aus China. *Neues Jahrb. f. Miner.*, 1900, I, p. 186-215, pl. IX, X, 3 fig.

133 bis. — WILHELM VOLZ. Zur Geologie von Sumatra. Beobachtungen und Studien. *Geol. u. Palæont. Abh.*, X, 2, 112 p., 12 pl., 3 cartes, 45 fig., 1904.

134. — J. WANNER. Triaspetrefakten der Molukken und des Timorarchipels. Geologische Mitteilungen aus dem Indo-Australischen Archipel (herausg. v. G. BOEHM), IV. *Neues Jahrb. f. Miner.*, Beil.-Bd. XXIV, p. 161-220, pl. VII-XII, 1907.

135. — EDMUND MOJSISOVICS VON MOJSVÁR. Ueber einige japanische Trias-Fossilien. *Beitr. z. Paläont. Oesterr. Ung.*, VII, p. 163-178, pl. I-IV, 1888.

136. — CARL DIENER. Triadische Cephalopodenfaunen der ostsibirischen Küstenprovinz. *Mém. Comité Géol.*, XIV, 3, 59 p., 5 pl., 1895.

137. — A. BITTNER. Versteinerungen aus den Trias-Ablagerungen des Süd-Ussuri-Gebietes in der ostsibirischen Küstenprovinz. *Ibid.*, VII, 4, 35 p., 4 pl., 1899.

138. — J. F. WHITEAVES. The fossils of the Triassic Rocks of British Columbia. *Contrib. to Canad. Pal.*, I, p. 127-149, pl. XVII-XIX, 1889.

139. — J. P. SMITH. The Stratigraphy of the Western American Trias. *Festschrift Ad. v. KOENEN gewidmet von seinen Schülern*, p. 377-434, 1907.

140. — CARLOS BURCKHARDT. La faune marine du Trias supérieur de Zacatecas. *Bol. del Inst. geol. de Mexico*, n° 21, 44 p., 8 pl., 1905.

141. — FRITZ FRECH. Ueber Aviculiden von paläozoischem Habitus aus der Trias von Zacatecas. *Congr. géol. intern. C.-R. de la X<sup>e</sup> sess., Mexico, 1906*, p. 327-335, pl. I, II, 1907.

142. — MAURICE PIROUTET. Note sommaire sur le Trias de Nouvelle-Calédonie. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 4<sup>e</sup> sér., VIII, p. 324-329, 1908.

143. — ISRAEL C. RUSSELL. Correlation Papers. The Newark System. *Bull. of the U. S. Geol. Surv.*, n° 85, 344 p., 13 pl., 4 fig., 1892.

144. — WILLIAM MORRIS DAVIS. The Triassic Formation of Connecticut. *18<sup>th</sup> Ann. Rep<sup>t</sup> of the U. S. Geol. Surv.* 1896-97, II, p. 1-192, 20 pl., 52 fig., 1898.

145. — WILLIAM MORRIS FONTAINE. Contributions to the Knowledge of the Older Mesozoic Flora of Virginia. *Monogr. of the U. S. Geol. Surv.*, VI, 144 p., 54 pl., 1883.

146. — D. STUR. Die Lunzer-(Lettenkohlen-)Flora in den « older mesozoic beds of the Coal-Field of Eastern Virginia ». *Verh. d. k. k. geol. Reichsanst.*, 1888, p. 203-217.

147. — R. ZEILLER. Sur la présence, dans le grès bigarré des Vosges, de l'Acrostichides rhombifolius, Fontaine. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 3<sup>e</sup> sér., XVI, p. 693-699, 1 fig., 1888.

148. — C. DÖELTER. Exkursion nach Predazzo. IX. *Intern. Geol. Kongr. Führer für die Exkursionen nach Oesterreich.*, X, 42 p., fig., 1903.

V. aussi : 0, 1-4, 22; XI, 6; XII, 9, 12; XIII, 20; XXII, 9; XXX, 4, 6, 7, 15; XXXI, 17; XXXIV, 41; XXXV, 9.