

ABRÉGÉ DES ÉLÉMENTS

DE

GÉOLOGIE

Notice 00000866
NOTIN 00970
COTE LYEL-01

Université des Sciences et Technologies de Lille

Sciences de la Terre

Laboratoire de Stratigraphie et
Paléogéographie du Paléozoïque

UMR 8014 du CNRS

F 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex (France)

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

Université des Sciences et Techniques de Lille
U.E.R. Sciences de la Terre - Labor. de Paléobotanique
B.P. 36 - 59650 VILLENEUVE D ASCQ


ABRÉGÉ DES ÉLÉMENTS
DE
GÉOLOGIE

PAR
Sir CHARLES LYELL,
Baronnet, Membre de la Société royale de Londres.



TRADUIT
PAR M. **JULES GINESTOU,**
Bibliothécaire de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale.

OUVRAGE ILLUSTRÉ DE 644 GRAVURES SUR BOIS,
AVEC UN TABLEAU INÉDIT DES FOSSILES ANGLAIS
PAR M. ÉTHERIDGE



PARIS
GARNIER FRÈRES, LIBRAIRES-ÉDITEURS
6, RUE DES SAINTS-PÈRES, 6.

1875

ALPHABETIC LIST OF ELEMENTS
GÉOLOGIE

PAR M. CHARLES LYELL,

DES UNIVERSITÉS

DE GLASGOW ET D'ÉDIMBOURG
ET DE LONDRES

PARIS, CHEZ M. BACHELIER, IMPRIMEUR

PRÉFACE DE L'AUTEUR

Entre les années 1838 et 1865, j'ai publié six éditions des *Éléments de Géologie*. Ce traité, qui ne formait d'abord qu'un petit volume in-douze, s'est accru à chaque édition successive, à mesure que des faits nouveaux s'accumulaient, et a fini, en 1865, par devenir un ouvrage considérable et d'un prix un peu élevé.

Quand j'eus à en faire paraître la septième édition, mes amis me pressèrent fortement de ramener l'ouvrage le plus possible à ses premières dimensions, afin de le rendre abordable à tous les étudiants. Pour satisfaire à ce désir, je résolus d'omettre quelques discussions théoriques qui trouvaient mieux leur place dans mes *Principes de Géologie*, et de me borner aux développements indispensables pour la compréhension de l'ouvrage.

J'ai donc publié, en 1871, un livre nouveau en substance sous le titre de *The student's elements of Geology* (éléments de Géologie pour l'étudiant) (1), et le

(1) Pour éviter toute confusion avec un autre ouvrage de Sir Ch. Lyell, édité par nous, ce titre a été changé, avec l'autorisation de l'auteur, en celui de ABRÉGÉ DES ÉLÉMENTS DE GÉOLOGIE.

(Note des Éditeurs.)

succès a dépassé mes espérances, car le tirage plus qu'ordinaire de cette première édition a été épuisé dans moins de trois ans.

Le présent volume a été revu et corrigé avec le plus grand soin, et j'y ai introduit toute la matière nouvelle qui se trouvait en rapport avec le plan de l'ouvrage.

J'ai ajouté également à cette édition un tableau inédit et très-important (voir p. 702) qui montre l'apparition successive et le développement chronologique des différentes formes de la vie animale et végétale à travers les roches fossilifères Britanniques. Ce tableau a été dressé spécialement pour moi par M. Etheridge, de l'École des Mines de Londres, d'après les matériaux recueillis par ce savant depuis un grand nombre d'années.

Parmi les nombreux amis scientifiques qui m'ont prêté leur précieuse assistance dans les différentes parties de cette nouvelle édition, je me plais à citer particulièrement M. Searles Wood, M. David Forbes, M. Judd et le Rév. T. G. Bonney de St-John's, Cambridge.

Charles LYELL.

73, Harley Street.

Février 1874.

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE PREMIER

DES DIFFÉRENTES CLASSES DE ROCHES.

Pages.

Définition de la géologie. — Formation successive de la croûte terrestre. — Classification des roches suivant leur origine et suivant leur âge. — Roches aqueuses. — Leur stratification et les fossiles qu'elles renferment. — Roches volcaniques avec ou sans cône ni cratères. — Roches plutoniques ; leurs rapports avec les roches volcaniques. — Roches métamorphiques ; leur origine probable. — Du mot *primitif* ; c'est improprement qu'on l'a appliqué aux formations cristallines. — Division générale de l'ouvrage. 1

CHAPITRE II

ROCHES AQUEUSES — LEUR COMPOSITION ET LEURS FORMES DE STRATIFICATION.

Composition minérale des couches. — Couches siliceuses. — Argileuses. — Calcaires. — Gypse. — Formes de stratification. — Horizontalité primitive. — Amincissements. — Structure diagonale. — Ondulations 15

CHAPITRE III

DISTRIBUTION DES FOSSILES DANS LES COUCHES. — FOSSILES D'EAU DOUCE ET FOSSILES MARINS.

Succession des dépôts indiquée par les fossiles. — Calcaires formés de coraux et de coquilles. — Preuves de l'accroissement graduel des couches fournies par les fossiles. — Serpule adhérant à un Spatangue. — Bois percés par la Térédine. — Tripoli formé

	Pages.
d'infusoires. — Craie provenant principalement des corps organiques. — Distinction entre les formations d'eau douce et les formations marines. — Genres de coquilles d'eau douce et de coquilles terrestres. — Manière de reconnaître les testacés marins. — Gyrogonite et Chara. — Poissons d'eau douce. — Alternance des dépôts marins et des dépôts d'eau douce. — Lym-Fiord	34

CHAPITRE IV

CONSOLIDATION DES COUCHES ET PÉTRIFICATION DES FOSSILES

Dépôts chimiques et dépôts mécaniques. — Cimentation des particules. — Endurcissement par l'effet de l'exposition à l'air. — Nodules concrétionnés. — Effets de consolidation par la pression. — Minéralisation des débris organiques. — Moules et empreintes; comment ils se forment. — Bois fossile. — Expériences de Göppert. — Précipitation de la matière pierreuse, plus rapide par la putréfaction. — Sources de chaux et de silice en dissolution.	49
--	----

CHAPITRE V

ÉLÉVATION DES COUCHES AU-DESSUS DE LA MER. — STRATIFICATION HORIZONTALE ET INCLINÉE.

Pourquoi la position des couches marines au-dessus du niveau de la mer doit-elle être attribuée plutôt à l'exhaussement de la terre qu'à l'abaissement de la mer? — Alternance de couches formées dans une mer profonde et de couches formées dans des bas-fonds. — Couches marines réunies à des lits d'eau douce et à d'anciennes surfaces continentales. — Strates verticales, inclinées et plissées. — Couches anticlinales et synclinales. — Théorie des mouvements latéraux. — <i>Creeps</i> dans les houillères. — Plongement et direction. — Structure du Jura. — Formes diverses d'affleurements. — Couchés synclinales formant des crêtes. — Connexion de la fracture et de la flexion des roches. — Couches interverties. — Description des failles. — Signes superficiels de failles oblitérées par la dénudation. — Les grandes failles résultent de mouvements répétés. — Arrangement et direction des plis parallèles des couches. — Discordances. — Couches surplombantes.	62
--	----

CHAPITRE VI

DÉNUDATION.

Définition de la dénudation. — La quantité de dénudation égale au moins la masse entière des dépôts stratifiés de la croûte terrestre.	
--	--

— Dénudation subaérienne. — Action du vent. — Action de l'eau.	
— Définition de l'alluvion. — Différents âges d'alluvion. — Pouvoir de dénudation des rivières, influencé par l'exhaussement ou l'abaissement des terres. — Dénudation littorale. — Falaises marines à l'intérieur des terres. — Escarpements. — Dénudation sous-marine. — Dogger-Bank. — Banc de Terre-Neuve. — Pouvoir de dénudation de l'Océan pendant l'émersion des terres	97

CHAPITRE VII

ACTIONS RÉUNIES DE LA DÉNUDATION, DE L'EXHAUSSEMENT ET DE L'ABAISSEMENT DANS LE REMANIEMENT DE LA CROUTE TERRESTRE.

Comment on obtient à la surface une idée de l'arrangement des roches situées à de grandes profondeurs. — Pourquoi la hauteur des couches successives dans une région donnée est si disproportionnée avec leur épaisseur. — Évaluation de la quantité moyenne annuelle de dénudation sous-aérienne. — Antagonisme de la force volcanique et du pouvoir nivelant de l'eau courante. — Jusqu'à quel point le transport de sédiment d'une terre à un fond de mer voisine peut avoir de l'influence sur les mouvements souterrains. — Permanence des aires continentales et océaniques	113
---	-----

CHAPITRE VIII

CLASSIFICATION CHRONOLOGIQUE DES ROCHES

Roches aqueuses, plutoniques, volcaniques et métamorphiques, considérées sous le rapport chronologique. — Explication des termes Primaire, Secondaire et Tertiaire; Paléozoïque, Mésozoïque et Caïnozoïque. — Sur les différents âges des roches aqueuses. — Des trois caractères principaux qui distinguent l'âge relatif : superposition, caractère minéralogique, et fossiles. — Changements des caractères minéralogique et paléontologique dans la même formation. — Preuves de l'existence d'espèces différentes d'animaux et de plantes aux époques successives. — Provinces distinctes d'espèces indigènes. Extension considérable de simples provinces. — Des lois semblables ont prévalu aux époques géologiques successives. — Importance relative des caractères minéralogique et paléontologique. — Indication de l'âge des roches par les fragments qu'elles renferment. — Absence fréquente de couches appartenant à des époques intermédiaires. — Tableau synoptique des couches fossilifères.	132
--	-----

CHAPITRE IX

CLASSIFICATION DES FORMATIONS TERTIAIRES

	Pages.
Ordre de succession des formations sédimentaires. — Discordance fréquente des couches. — Obscurité et défautuosité des monuments géologiques augmentant avec leur ancienneté. — Motifs de commencer par l'étude des groupes les plus nouveaux. — Nomenclature des formations. — Dispersion en Europe de formations tertiaires détachées. — Importance des mollusques à coquilles dans la classification. — Classification des couches Tertiaires. — Explication des termes Éocène, Miocène et Pliocène	153

CHAPITRE X

PÉRIODES RÉCENTE ET PLEISTOCÈNE.

Périodes Récente et Pleistocène. — Définitions. — Formations de la période Récente. — Dépôt moderne du littoral contenant des ouvrages d'art près de Naples. — Tourbe du Danemarck et amas de coquilles. — Ages de la pierre, du bronze et du fer. — Formations Pleistocènes. — Coexistence de l'homme avec des mammifères éteints. — Période du renne dans le midi de la France. — Dépôts alluviaux de l'âge Paléolithique. — Gravier de vallée de niveau supérieur. — Loess ou limon d'inondation du Nil, du Rhin, etc... Origine des cavernes. — Restes de l'homme et de quadrupèdes éteints dans les dépôts de caverne. — Caverne de Kirkdale. — Cavernes à brèches d'Australie. — Rapports géographiques entre les provinces des Vertébrés vivants et celles des espèces éteintes du Pleistocène. — Oiseaux éteints du genre <i>Struthionés</i> dans la Nouvelle-Zélande. — Climat de la période Pleistocène. — Longévité comparative de l'espèce dans les mammifères et les testacés. — Dents de mammifères dans les couches récente et Pleistocène	166
---	-----

CHAPITRE XI

PÉRIODE PLEISTOCÈNE (SUITE). — CONDITIONS GLACIAIRES.

Distribution géographique, forme et caractères du terrain de transport glaciaire (drift). — Roches fondamentales, polies, sillonnées et striées. — Action striante et érosive des glaciers. — Moraines, blocs erratiques et <i>Roches moutonnées</i> . — Blocs alpins du Jura. — Dimension colossale des anciens glaciers de la Suisse. — Glace continentale du Groënland. — Anciens centres de dispersion des erratiques. — Transport du terrain de transport par des bancs de glace flottants. — Lit de la mer sillonné et poli par la course rapide d'îles de glaces flottantes échouées	196
---	-----

CHAPITRE XII

PÉRIODE PLEISTOCÈNE (SUITE). — CONDITIONS DE
L'ÉPOQUE GLACIAIRE. CONCLUSIONS.

	Pages.
Action glaciaire dans la Scandinavie, la Russie et l'Écosse. — Mam- mouth dans le till d'Écosse. — Coquilles marines dans le drift glaciaire d'Écosse. — Leur caractère arctique. — Rareté des res- tes organiques dans les dépôts glaciaires. — Couches disloquées dans le drift. — Action glaciaire dans les Galles, en Angleterre et en Irlande. — Coquilles marines du Moel Tryfaen. — Erratiques près de Chichester. — Formations glaciaires de l'Amérique sep- tentrionale. — Plusieurs espèces de testacés et de quadrupèdes ont survécu au froid glaciaire. — Rapports-entre la prédominance des lacs et l'action glaciaire. — L'action de la glace prévient l'envasement des bassins de lacs. — Absence de lacs dans le Caucase. — Lacs équatoriaux d'Afrique	209

CHAPITRE XIII

PÉRIODE PLIOCÈNE.

Formations glaciaires de l'âge Pliocène. — Lits de Bridlington. — Terrains de transport glaciaires d'Irlande. — Drift des falaises de Norfolk. Lit forestier de Cromer. — Lits d'Aldeby et de Chillesford. — Crag de Norwich. — Couches du Vieux Pliocène. — Crag rouge du Suffolk. — Lit à coprolites du Crag Rouge. — Crag blanc ou Corallin. — Age, origine et climat relatifs des dépôts du Crag. — Crag d'Anvers. — Couches du Nouveau Pliocène en Sicile. — Couches du Nouveau Pliocène du Val Supérieur de l'Arno. — Vieux Pliocène d'Italie. — Couches Subapennines. — Flore du Vieux Plio- cène d'Italie.	229
---	-----

CHAPITRE XIV

PÉRIODE MIOCÈNE. — MIOCÈNE SUPÉRIEUR.

Couches du Miocène Supérieur de France. — Faluns de Touraine. — Climat tropical indiqué par les testacés. — Proportion des es- pèces récentes de coquilles. — Faluns plus anciens que le Crag de Suffolk. — Miocène Supérieur de Bordeaux et du midi de la France. — Miocène Supérieur d'Oëningen, en Suisse. — Plantes de
--

la Molasse Supérieure d'eau douce. — Fruits, fleurs et feuilles fossiles. — Insectes de la Molasse Supérieure. — Molasse Marine ou Moyenne de Suisse. — Couches du Miocène Supérieur à Bolderberg, en Belgique. — Bassin de Vienne. — Miocène Supérieur d'Italie et de Grèce. — Miocène Supérieur de l'Inde. — Monts Si-wâlik. — Vieux Pliocène et Miocène des États-Unis d'Amérique. 259

CHAPITRE XV

MIOCÈNE INFÉRIEUR.

Couches du Miocène Inférieur de France. — Ligne de démarcation entre le Miocène et l'Eocène. — Couches lacustres d'Auvergne. — Mammifères fossiles de la Limagne d'Auvergne. — Molasse Inférieure de Suisse. — Conglomérats puissants et preuves d'affaissements. — Flore de la Molasse Inférieure. — Caractère Américain de la flore. — Théorie d'une Atlantide Miocène. — Miocène Inférieur de Belgique. — Argile Rupélienne de Hermsdorf, près de Berlin. — Bassin de Mayence. — Miocène Inférieur de Croatie. — Couches Oligocènes de Beyrich. — Miocène Inférieur d'Angleterre. — Lits de Hempstead. — Lignites de Bovey-Tracy, dans le Devonshire. — Lits à feuilles de l'île de Mull. — Flore Miocène arctique. — Ile Disco. — Miocène Inférieur des États-Unis. Fossiles de Nebraska. 286

CHAPITRE XVI

FORMATIONS ÉOCÈNES.

Surfaces Éocènes du Nord de l'Europe. — Tableau des couches Éocènes de France et d'Angleterre. — Éocène supérieur d'Angleterre. — Couches de Bembridge. — Couches d'Osborne ou Sainte-Hélène. — Série Headon. — Fossiles des sables et argiles de Barton. — Éocène Moyen d'Angleterre. — Coquilles, nummulites, poissons et reptiles des lits de Bracklesham et des sables de Bagshot. — Plantes d'Alum Bay et de Bournemouth. — Éocène Inférieur d'Angleterre. — Fossiles de l'argile de Londres. — Lits de Woolwich et Reading, appelés autrefois *Argile Plastique*. — Lits fluviatiles sous-jacents à des couches formées en mer profonde. — Sables de Thanet. — Éocène Supérieur de France. — Série gypseuse de Montmartre et ses quadrupèdes éteints. — Empreintes de pas fossiles dans le gypse de Paris. — Imperfection des monuments géologiques. — Calcaire siliceux. — Grès de Beauchamp. — Calcaire grossier. — Calcaire à miliolites. — Sables Soissonnais. — Éocène

	Pages.
Inférieur de France. — Formations nummulitiques d'Europe, d'Afrique et d'Asie. — Couches Éocènes aux États-Unis. — Cétacés gigantesques.	312

CHAPITRE XVII.

GROUPE DU CRÉTACÉ SUPÉRIEUR.

Laps de temps écoulé entre les périodes Crétacée et Éocène. — Tableau des formations Crétacées successives. — Couches de Maestricht. — Calcaire Pisolitique de France. — Craie de Favoë. — Craie Blanche, son étendue géographique et son origine. — Matière crayeuse en voie de formation dans les profondeurs de l'Atlantique. — Différence marquée entre la faune Crétacée et la faune actuelle. — Silex de la craie. — Pierres-pots (*potstones*) de Horstead. — Éponges vitreuses dans la craie. — Blocs isolés de roches étrangères dans la craie blanche qui passent pour y avoir été portés par la glace. — Différence de caractère minéralogique dans les roches contemporaines de l'époque Crétacée. — Fossiles de la craie blanche. — Craie blanche inférieure sans silex. — Marne crayeuse et ses fossiles. — Série Chloritique ou du Greensand (grès vert) supérieur. — Lit de coprolites près de Cambridge. — Fossiles de la série Chloritique. — Gault. — Connexion entre les couches du Crétacé Supérieur et celles du Crétacé Inférieur. — Couches de Blackdown. — Flore de la période du Crétacé supérieur. — Calcaire à Hippurites. — Roches Crétacées des États-Unis. 353

CHAPITRE XVIII

FORMATION CRÉTACÉE INFÉRIEURE OU NÉOCOMIENNE.

Classification des couches marines et d'eau douce. — Néocomien supérieur. — Couches de Folkestone et de Hythe. — Argile d'Atherfield. — Sur la similitude des conditions qui occasionnent la réapparition des espèces après de courts intervalles. — Argile supérieure de Speeton. — Néocomien moyen. — Série de Tealby. — Argile moyenne de Speeton. — Néocomien inférieur. — Argile inférieure de Speeton. — Formation du Weald. — Caractère d'eau douce du Weald. — Argile du Weald. — Sable de Hastings. — Lits Punfield, du Purbeck, Dorsetshire. — Coquilles et poissons fossiles du Weald. — Étendue du Weald. — Flore du Weald . . . 391

CHAPITRE XIX

GROUPE JURASSIQUE. — COUCHES DU PURBECK
ET DE L'OOLITHE.

Pages

Les couches du Purbeck constituent un membre du groupe Jurassique. — Sous-divisions de ce groupe. — Géographie physique de l'Oolithe en Angleterre et en France. — Oolithe supérieure. — Couches du Purbeck. — Nouveaux genres de Mammifères fossiles dans le Purbeck moyen du Dorsetshire. — Lit de boue, ou sol ancien. — Fossiles des couches du Purbeck. — Pierre de Portland et ses fossiles. — Argile de Kimmeridge. — Pierre lithographique de Solenhofen. — Archæopteryx. — Oolithe Moyenne. — Coral Rag. — Calcaire à Nérinées. — Argile d'Oxford, Ammonites et Bélemnites. — Roche de Kelloway. — Oolithe Inférieure ou de Bath. — Grandes plantes de l'Oolithe. — Oolithe et Argile de Bradford. — Schiste de Stonesfield. — Mammifères fossiles. — Terre à foulon. — Oolithe Inférieure et ses fossiles. — Schistes du Comté de Northampton. — Bassin houiller Oolithique du Yorkshire. — Charbon de Brora. — Relations paléontologiques de plusieurs sous-divisions du groupe Oolithique. 410

CHAPITRE XX

GROUPE JURASSIQUE (SUITE). — LIAS.

Caractère minéralogique du Lias. — Nombreuses zones successives dans le Lias, marquées par des fossiles distincts, sans discordance dans la stratification ou sans modification dans le caractère minéralogique des dépôts. — Calcaire à Gryphées. — Coquilles du Lias. — Poissons du Lias. — Reptiles du Lias. — Ichthyosaure et Plésiosaure. — Reptile marin des îles Galapagos. — Destruction et enfouissement subits des animaux fossiles dans le Lias. — Couches fluvio-marines dans le Gloucestershire, et calcaires à insectes. — Plantes fossiles. — Origine de l'Oolithe et du Lias, ainsi que des formations alternantes calcaires et argileuses . . . 452

CHAPITRE XXI

TRIAS OU GROUPE DU NOUVEAU GRÈS ROUGE.

Lits de transition entre le Lias et le Trias, couches Rhétiques. — Mammifères Triasiques. — Triple division du Trias. — Keuper ou Trias Supérieur d'Angleterre. — Reptiles du Trias Supérieur. — Empreintes de pieds dans la formation du Bunter d'Angleterre. — Conglomérat dolomitique de Bristol. — Origine du Grès rouge

et du Sel gemme. — Théorie de la précipitation du sel des lacs à l'intérieur des terres et des lagunes. — Trias d'Allemagne. — Keuper. — Lits de Saint-Cassian et de Hallstadt. — Leur faune particulière. — Muschelkalk et ses fossiles. — Trias des États-Unis. — Empreintes fossiles de pas d'oiseaux et de reptiles dans la vallée du Connecticut. — Mammifères Triasiques de la Caroline du Nord. — Terrain houiller Triasique de Richmond, dans la Virginie. — Anciens mammifères dont le degré inférieur est favorable à la théorie du développement progressif 469

CHAPITRE XXII

GROUPE PERMIEN OU DU CALCAIRE MAGNÉSIEEN.

Ligne de démarcation entre les roches Mésozoïques et Paléozoïques. — Distinction des fossiles Triasiques et Permien. — Signification du mot Permien. — Épaisseur des roches sédimentaires et calcaires dans le nord de l'Angleterre. — Permien Supérieur, Moyen et Inférieur. — Coquilles marines et coraux du Calcaire Magnésien d'Angleterre. — Reptiles et Poissons du schiste marneux Permien. — Empreintes de pas de reptiles. — Brèches angulaires dans le Permien Inférieur. — Étendue de la terre ferme dans la période Permienne. — Roches Permiennes du Continent. — Zechstein et Rothliegendes de Thuringe. — Flore Permienne. — Son affinité générique avec la flore Carbonifère 497

CHAPITRE XXIII

LA HOUILLE OU GROUPE CARBONIFÈRE.

Subdivisions principales du groupe Carbonifère. — Épaisseur des membres sédimentaires différente de celle des membres calcaires en Écosse et dans l'Angleterre méridionale. — Étage houiller. — Nature terrestre du développement de la houille. — Arbres fossiles en position verticale. — Combinaisons de plusieurs lits minces de houille en une seule couche épaisse. — Explication de la pureté de la houille. — Conversion de la houille en anthracite. — Origine du fer carbonaté lithoïde (*Clay iron stone*). — Couches marines et d'eau saumâtre dans le terrain houiller. — Insectes fossiles. — Reptiles batraciens. — Amphibies carbonifères. — Empreintes de pas de Labyrinthodons dans l'étage houiller. — Bassin houiller de la Nouvelle-Écosse avec couches successives d'arbres fossiles en position verticale. — Structure de la houille en Amérique et en Europe. — Animaux à respiration aérienne du terrain houiller d'Amérique. — Changements de condition des continents et de la mer indiqués par les couches Carbonifères de la Nouvelle-Écosse. 510

CHAPITRE XXIV

FLORE ET FAUNE DE LA PÉRIODE CARBONIFÈRE.

	Pages.
Végétation de la période Houillère. — Fougères, — Lycopodiacées, — Équisetacées, — Sigillariées, Stigmariées, Conifères, — Monocotylédone des terrains houillers. — Climat de la période Houillère. — Calcaire de Montagne. — Faune marine de la période carbonifère. — Coraux, Polyzoaires, Crinoïdes. — Mollusques. — Grand nombre de poissons fossiles. — Foraminifères	547

CHAPITRE XXV

GROUPE DU VIEUX GRÈS ROUGE OU DEVONNIEN.

Classification du Vieux Grès Rouge en Écosse et dans le Devonshire. — Vieux Grès Rouge Supérieur en Écosse, avec poissons et plantes. — Vieux Grès Rouge Moyen. — Classification des Ichthyolithes du Vieux Grès Rouge, leurs rapports avec les types vivants. — Vieux Grès Rouge Inférieur, avec *Cephalaspis* et *Pterygotus*. — Type marin ou Devonien du vieux Grès Rouge. — Tableau de la série Devonienne. — Roches et fossiles des Devonien Supérieur, Moyen et Inférieur. — Calcaire d'Eifel en Allemagne. — Devonien de Russie. — Couches Devonniennes des États-Unis et du Canada. — Plantes et insectes du Devonien du Canada 573

CHAPITRE XXVI

GROUPE SILURIEN.

Classification des roches Siluriennes. — Formation de Ludlow et ses fossiles. — Lit à ossements du Ludlow Supérieur. — Schistes du Ludlow Inférieur avec *Pentamerus*. — Débris de poissons fossiles les plus anciens connus. — Découvertes progressives de vertébrés dans les roches anciennes. — Formation de Wenlock, ses coraux, cystidées et trilobites. — Groupe de Llandovery ou couches de transition. — Roches du Silurien Inférieur. — Lits de Cadoc et de Bala. — Brachiopodes. — Trilobites. — Cystidées. — Graptolites. — Schistes ardoisiers (flags) de Llandeilo. — Groupe Arenig ou des Stiperstones. — Équivalents étrangers du Silurien en Europe. — Faune Silurienne de Barrande. — Couches Siluriennes des États-Unis. — Couches équivalentes du Canada. — Rapports spécifiques de leurs fossiles avec ceux d'Europe. 630

CHAPITRE XXVII

GROUPES CAMBRIEN ET LAURENTIEN.

Pages.

Classification du Groupe Cambrien, et ses équivalents en Bohême.	
— Cambrien Supérieur. — Schistes ardoisiers de Tremadoc et leurs fossiles. — <i>Lingula</i> Flags. — Cambrien Inférieur. — Lits Meneviens. — Groupe de Longmynd. — Grès grossiers (grits) de Harlech, avec grands Trilobites. — Schistes ardoisiers de Llanberis. — Roches Cambriennes de Bohême. — Zone primordiale de Barrande.	
— Métamorphoses des Trilobites. — Roches Cambriennes de Suède et de Norwège. — Roches Cambriennes des États-Unis et du Canada.	
— Grès de Postdam. — Série Huronienne. — Groupe Laurentien, Supérieur et Inférieur. — <i>Eozoon Canadense</i> , fossile le plus ancien connu. — Gneiss fondamental d'Écosse.	633

CHAPITRE XXVIII.

ROCHES VOLCANIQUES.

Forme extérieure, structure et origine des montagnes volcaniques.	
— Cônes et cratères. — Examen de l'hypothèse des <i>cratères de soulèvement</i> . — Roches Trappéennes. — Dérivation de ce mot. — Des minéraux les plus abondants dans les roches volcaniques. — Tableau des analyses des minéraux dans les roches volcaniques et hypogènes. — Minéraux semblables dans les météorites. — Théorie de l'isomorphisme. — Roches Basaltiques. — Roches Trachytiques. — Formes spéciales de structure. — Formes colonnaire et globulaire. — Dykes et veines de Trapp. — Couches altérées par les dykes volcaniques. — Conversion de la craie en marbre. — Intrusion de Trapp dans les couches. — Rapports des roches Trappéennes avec les produits des volcans actifs	631

CHAPITRE XXIX

SUR LES DIFFÉRENTS AGES DES ROCHES VOLCANIQUES.

Caractères pour établir l'âge relatif des roches volcaniques. — Raisons pour lesquelles les roches anciennes et les roches modernes ne peuvent être identiques. — Caractères fournis par la superposition et par l'intrusion. — Caractère de l'altération des roches au contact d'autres roches. — Caractère fourni par les débris organiques. — Caractère minéralogique. — Caractère des fragments enclavés. — Roches volcaniques Post-Tertiaires. — Vésuve, Auvergne, Puy de Côme, et Puy de Pariou. — Roches volcaniques du Nouveau Pliocène. — Îles des Cyclopes, Etna, Dykes de Patagonie, Madère. — Roches volcaniques du Vieux Pliocène. — Italie. — Volcans Pliocènes de l'Éifel. — Trass	690
---	-----

CHAPITRE XXX.

AGE DES ROCHES VOLCANIQUES (*suite*).

	Pages.
Roches volcaniques de la période du Miocène Supérieur. — Madère. — Grandes Canaries. — Açores. — Roches volcaniques du Miocène Inférieur. — Ile de Mull. — Staffa et Antrim. — L'Eifel. — Roches volcaniques des Miocènes Supérieur et Inférieur d'Auvergne. — Mont de Gergovia. — Roches volcaniques Eocènes des Hébrides et de Monte Bolca. — Trapp de la Période Crétacée. — Période Oolithique. — Période Triasique. — Période Permienne. — Période Carbonifère. — Arbres en position verticale dans la cendre volcanique de l'Ile d'Arran. — Période du Vieux Grès Rouge. — Période Silurienne — Période Cambrienne. — Roches volcaniques Laurentiennes	713

CHAPITRE XXXI.

ROCHES PLUTONIQUES.

Aspect général des Roches Plutoniques. — Granite et ses variétés. — Sa décomposition en masses sphériques. — Structure grossièrement colonnaire. — Granite graphique. — Pénétration mutuelle de cristaux de quartz et de feldspath. — Cavités vitreuses dans le quartz granitique. — Granites porphyritique, talqueux et hornblendique. — Eurite. — Syénite. — Diorite. — Rapports des roches plutoniques avec les roches volcaniques. — Analogie de composition entre le Trachyte et le Granite. — Veines de Granite dans le Glen Tilt, au Cap de Bonne-Espérance et dans les Cornouailles. — Veines métallifères dans des couches près de leur jonction avec le granite. — Veines de quartz. — L'exposition de la surface des roches plutoniques est due à la dénudation	734
--	-----

CHAPITRE XXXII.

SUR LES DIFFÉRENTS AGES DES ROCHES PLUTONIQUES.

Difficulté de préciser l'âge d'une roche plutonique. — Caractère de l'âge déduit de la position relative. — Caractère de l'intrusion et de l'altération. — Caractère de la composition minérale. — Caractère des fragments inclus. — Roches plutoniques Récentes et Pliocènes ; pourquoi n'apparaissent-elles point à la surface ? — Syenite Miocène de l'Ile de Skye. — Roches plutoniques Eocènes des Andes. — Roches Crétacées altérées par le granite. — Altération du Lias par le même agent, dans les Alpes. — Couches Carbonifères altérées au contact du granite de Dartmoor. — Granite de la période

du Vieux Grès Rouge. — Syenite altérant des couches Siluriennes en Norwége. — Association de la même roche au gneiss. — Roches plutoniques les plus anciennes. — Granite sorti sous forme solide. 752

CHAPITRE XXXIII.

ROCHES MÉTAMORPHIQUES.

Caractère général des roches métamorphiques. — Gneiss. — Schiste amphibolique. — Serpentine. — Micaschiste. — Schiste argileux. — Quartzite. — Chlorito-Schiste. — Calcaire métamorphique. — Origine des roches métamorphiques. — Leur stratification. — Couches fossilifères converties, au contact des granites d'intrusion, en roches identiques avec divers membres de la série métamorphique. — Arguments que l'on a tirés de ce fait pour expliquer la nature de l'action plutonique. — Action hydrothermale, ou influence de la vapeur et du gaz pour produire le métamorphisme. — Objections qui ont été faites à la théorie du métamorphisme. 767

CHAPITRE XXXIV

ROCHES MÉTAMORPHIQUES (*suite*).

Définition des joints et du clivage schisteux. — Causes supposées de ces sortes de structures. — Théorie mécanique du clivage. — Raccourcissement et allongement de roches schisteuses par pression latérale. — Lamellation de certaines roches volcaniques, due au mouvement. — La structure feuilletée des schistes cristallins est-elle ordinairement parallèle aux plans primitifs de stratification? — Exemples en Norwége et en Écosse. — Causes d'irrégularités dans les plans des feuillets. 785

CHAPITRE XXXV

SUR LES DIFFÉRENTS AGES DES ROCHES
MÉTAMORPHIQUES.

Difficulté de déterminer l'âge des couches métamorphiques. — Couches métamorphiques de date Éocène dans les Alpes de la Suisse et de la Savoie. — Calcaire et schiste de Carrare. — Ordre de succession des roches métamorphiques. — Uniformité du caractère minéral. — Hypothèse d'une période Azoïque. — Rapport entre l'absence de débris organiques et la rareté de la matière calcaire dans les roches métamorphiques. 798

CHAPITRE XXXVI

VEINES MINÉRALES.

	Pages.
Différentes sortes de veines minérales. — Veines métallifères ordinaires ou filons. — Leur coïncidence fréquente avec des failles. — Preuves qu'elles ont pris naissance dans des fissures de roches solides. — Veines croisant d'autres veines. — Leurs parois polies, ou <i>slicken-sides</i> . — Coquilles et galets au sein des filons. — Preuves d'élargissements successifs et de réouvertures des veines. — Exemples dans les Cornouailles et en Auvergne. — Dimensions des veines. — Pourquoi le renflement et le rétrécissement alternatifs de certaines d'entre elles? — Remplissage des filons par sublimation venant d'en bas. — Age relatif des métaux précieux. — Filons de cuivre et de plomb en Irlande, plus anciens que l'étain de Cornouailles. — Filon de plomb dans le Lias, en Glamorgan. — Or en Russie, Californie et Australie. —	
Origine des veines minérales.	809
Tableau des fossiles britanniques.	830
Index	853

ABRÉGÉ DES ÉLÉMENTS

DE

GÉOLOGIE

CHAPITRE PREMIER

DES DIFFÉRENTES CLASSES DE ROCHES.

Définition de la géologie. — Formation successive de la croûte terrestre. — Classification des roches suivant leur origine et suivant leur âge. — Roches aqueuses. — Leur stratification et les fossiles qu'elles renferment. — Roches volcaniques avec ou sans cône ni cratères. — Roches plutoniques ; leurs rapports avec les roches volcaniques. — Roches métamorphiques ; leur origine probable. — Du mot *primitif* ; c'est improprement qu'on l'a appliqué aux formations cristallines. — Division générale de l'ouvrage.

Quelles sont les matières qui composent la terre, et comment ces matières sont-elles disposées ? Telles sont les premières questions qui font l'objet de la Géologie, science dont le nom dérive des mots grecs γῆ, *gê* (terre), et λόγος, *logos* (discours). Avant d'avoir acquis quelque expérience, on pourrait supposer que des recherches de cette nature concernent exclusivement le règne minéral et les diverses roches, sols et métaux qui se trouvent à la surface de la terre ou à ses différentes profondeurs ; mais, en poursuivant l'investigation, on est bientôt conduit à examiner les changements successifs qui ont eu lieu dans l'état primitif de la surface et de l'intérieur du globe, et à étudier les causes qui ont produit ces changements ; et,

chose plus singulière encore et plus inattendue, on se trouve bientôt entraîné à fouiller l'histoire de la création animée, c'est-à-dire des diverses tribus d'animaux et de plantes qui, à différentes époques, ont habité notre planète.

Personne n'ignore que les parties solides de la terre consistent en substances distinctes, telles que : argile, craie, sable, calcaire, charbon, schiste, granite, etc. ; mais avant d'avoir observé, on s'imagine communément que toutes ces substances sont restées, dès le principe, telles que nous les voyons aujourd'hui, qu'elles ont été créées sous leur forme présente, et dans la position qu'elles occupent actuellement. Le géologue arrive bientôt à une conclusion différente, dès qu'il découvre que les parties extérieures de la terre ont acquis graduellement leur configuration et leur condition sous l'empire d'une grande variété de circonstances, et à des époques successives, pendant lesquelles chacune de ces races distinctes d'êtres animés ont vécu sur la terre et dans les eaux, pour laisser ensuite leurs dépouilles au sein de la croûte terrestre.

On entend par *croûte terrestre* cette petite portion de l'extérieur de notre planète, qui est accessible à l'observation de l'homme. Elle comprend non-seulement les parties dont on peut voir la structure dans les précipices montagneux, dans les falaises surplombant une rivière ou la mer, ou qui nous sont révélées par les excavations artificielles du mineur, mais la totalité de cette enveloppe extérieure de la planète sur laquelle nous pouvons raisonner d'après l'examen de sa surface ou des points qui en sont rapprochés. Nos raisonnements peuvent s'étendre jusqu'à une profondeur de plusieurs kilomètres, quinze ou seize peut-être, épaisseur à peine égale à la 400^e partie de la distance de la surface au centre ; mais bien que cette épaisseur soit insignifiante, si on la compare au diamètre entier du globe, elle est considérable encore relativement à l'homme et aux êtres organisés qui peuplent la terre. Le géologue peut donc tout à la fois admirer les vastes limites de son domaine, et reconnaître que non-seulement l'extérieur de la planète, mais la totalité de sa masse n'est qu'un atome au

milieu des mondes innombrables qu'il est donné à l'astronome de contempler.

Les matières qui composent la croûte terrestre ne sont pas confusément mêlées; des masses minérales distinctes, nommées roches, occupent des espaces définis et offrent un certain ordre dans leur disposition. La dénomination de *roches* s'applique indifféremment à toutes ces masses minérales, qu'elles soient molles ou qu'elles soient pierreuses, car le sable et l'argile sont compris sous cette dénomination, que l'on a même quelquefois appliquée à la tourbe. Nos plus anciens écrivains se sont efforcés d'éviter une expression qui offrait une telle infraction à notre langue : ils ont dit, en parlant des matières qui composent la terre, qu'elles consistent en roches et *sols*. Mais il y a souvent une transition si insensible de l'état mou et incohérent à l'état pierreux, que les géologues de tous les pays ont jugé indispensable de consacrer un mot pour désigner l'un et l'autre de ces deux états. On a en français le mot *roche*, en italien *rocca*, et en allemand *felsart*. Le commençant devra donc constamment se souvenir que le mot roche n'implique pas nécessairement une masse minérale présentant la condition de matière dure ou pierreuse.

Le moyen le plus naturel et le plus convenable de classer les différentes roches qui composent la croûte de la terre, est de se reporter d'abord à leur origine, puis ensuite à leur âge relatif. Je commencerai donc par expliquer brièvement comment on peut diviser toutes les roches en quatre grandes classes, d'après leur origine différente et les causes diverses qui les ont produites.

Les deux premières divisions qui paraîtront d'abord les plus naturelles, comprennent les roches aqueuses et les roches volcaniques, c'est-à-dire les produits de l'action aqueuse, et ceux de l'action ignée agissant à la surface ou près de la surface.

Roches aqueuses. — Les roches aqueuses, quelquefois nommées sédimentaires (ou fossilifères), couvrent une plus grande portion de la surface de la terre que toutes les autres. Elles consistent principalement en dépôts mécaniques (galets, sable, limon); mais certaines ont une origine chimique et quelques-unes organique, comme les

calcaires. Elles sont *stratifiées*, c'est-à-dire divisées en bandes distinctes ou strates. Le mot *stratum* (strate ou couche) signifie simplement un lit de toute espèce de matière répandue sur une surface donnée. On admet que les couches ont été généralement produites par l'action des eaux, d'après ce que l'on voit journellement se passer sous nos yeux, près de l'embouchure des rivières ou sur les continents, pendant les inondations temporaires : toutes les fois qu'un courant d'eau chargé de boue ou de sable se trouve ralenti dans sa course, par exemple lorsqu'il entre dans un lac ou dans la mer, ou bien lorsqu'il se répand sur une plaine, le sédiment, qui était retenu en suspension par le mouvement de l'eau, tombe au fond par l'effet de son propre poids, et c'est ainsi que des lits de vase et de sable se déposent les uns sur les autres.

Lorsqu'on dessèche un lac qui a été alimenté par un petit ruisseau, on trouve fréquemment au fond une série de dépôts disposés avec une remarquable régularité l'un au-dessus de l'autre. Le supérieur sera peut-être une couche de tourbe; immédiatement au-dessous, on rencontrera une variété plus dense et plus solide de la même substance; plus bas encore un lit de marne coquillière, alternant avec du sable ou de la tourbe; puis d'autres lits de marne séparés par des bandes d'argile. Si l'on creuse un second puits, à quelque distance du premier et au travers de la même *formation* lacustre, on observera une série presque identique de lits, à de légères variations près; quelques-unes des bandes de sable, d'argile ou de marne, manqueront; une ou plusieurs de ces bandes se seront amincies pour faire place à d'autres; ou bien quelquefois l'une des masses aura pris un grand développement en épaisseur, à l'exclusion des autres.

Le mot *formation* que j'ai employé ci-dessus exprime, en géologie, un ensemble de roches qui ont quelques caractères communs, soit d'origine, soit d'âge, soit de composition. C'est ainsi que nous disons : formations stratifiées et formations non stratifiées; formations marines ou d'eau douce, aqueuses ou volcaniques, anciennes ou modernes, métallifères ou non métallifères.

Dans les estuaires des grandes rivières, telles que le

Gange et le Mississipi, on peut observer, à basses eaux, des phénomènes analogues à ceux des lacs desséchés que nous avons mentionnés ci-dessus; mais ces phénomènes se développent alors sur une plus vaste échelle et sur une étendue de plusieurs centaines de kilomètres en longueur et en largeur. Lorsque les inondations périodiques viennent à baisser, la rivière se creuse un lit jusqu'à une profondeur de plusieurs mètres, à travers des couches horizontales d'argile et de sable dont on peut ensuite étudier la tranche, exposée sous forme d'escarpements perpendiculaires. Ces couches varient dans leur composition minéralogique, leur couleur, la finesse ou la grossièreté des particules qui les composent; quelques-unes sont accidentellement caractérisées par la présence de bois transportés. A la jonction de la rivière et de la mer, spécialement dans les lagunes qui sont presque séparées de l'Océan par des barres de sable, il se forme souvent des dépôts avec des coquilles d'eau saumâtre et des coquilles d'eau salée.

En Égypte, où le Nil ajoute constamment à son delta, en comblant de limon une partie de la Méditerranée, le sédiment nouvellement déposé est *stratifié*, et la couche mince qui a été formée pendant une année diffère légèrement par la couleur de celle de l'année précédente; on peut même l'en séparer comme on l'a remarqué dans des excavations faites au Caire et dans d'autres endroits (1).

Lorsque des lits de sable, d'argile et de marne, contenant des coquilles et des matières végétales, sont disposés d'une manière semblable dans l'intérieur de la terre, on leur assigne une origine commune, et plus on étudie minutieusement leurs caractères, plus on trouve que la ressemblance est exacte. Ainsi, à différentes hauteurs et profondeurs de la terre, souvent à une très-grande distance de la mer, des lacs ou des rivières, on trouve des bancs de cailloux roulés, composés de silice, de calcaire et de granite, etc., parfaitement semblables aux galets du bord de la mer ou au gravier du lit d'un torrent. Ces bancs de cailloux arrondis alternent fréquemment avec d'autres bancs qui sont formés de sable ou de sédiment

(1) Voyez *Principes de géologie*, par l'auteur : Index, NIL, RIVIÈRES, etc.

fin, comme il est facile d'en observer dans le canal d'une rivière qui descend de montagnes bordant une côte, où, pendant une certaine saison, le courant a entraîné dans sa course du sable grossier et du gravier, tandis que, dans une autre saison, lorsque les eaux sont devenues basses et moins rapides, il n'a charrié que du limon fin et du sable (1).

Si la disposition stratifiée et la forme arrondie des cailloux suffisent seules pour nous faire admettre que certaines roches ont été formées sous l'eau, cette opinion se trouve encore confirmée par les preuves distinctes et indépendantes que fournissent les *fossiles* répandus en si grande abondance dans la croûte terrestre. On appelle *fossile* tout corps ou trace de l'existence du corps d'un animal ou d'un végétal quelconque qui a été enfoui dans la terre par des causes naturelles. On rencontre aujourd'hui, presque partout, dans les roches stratifiées, des restes d'animaux, surtout d'espèces aquatiques, et ces restes sont quelquefois tellement abondants dans le calcaire, qu'ils constituent la masse entière de la roche. Les plus fréquents sont les coquilles et les coraux; ils sont souvent accompagnés d'os et de dents de poissons, de fragments de bois, d'empreintes de feuilles et d'autres substances organiques. On trouve au loin, dans les terres, près de la surface ou à une grande profondeur, des coquilles fossiles de la forme de celles qui abondent aujourd'hui dans la mer. On en rencontre à toutes les hauteurs au-dessus du niveau de l'Océan; on en a observé à des élévations de plus de 2,400 mètres dans les Pyrénées, de 3,000 mètres dans les Alpes, de 3,900 mètres dans les Andes, et de 5,400 mètres dans l'Himalaya (2).

Ces coquilles appartiennent la plupart à des testacés marins; mais, comme en quelques endroits elles présentent exclusivement les formes caractéristiques des espèces propres aux lacs et aux rivières, on peut en conclure que quelques-unes des couches ont été déposées dans les profondeurs de la mer, tandis que les autres ont été formées dans les lacs ou dans les estuaires.

(1) Voyez page 27, fig. 7.

(2) Le colonel R.-J. Strachey a trouvé des fossiles oolithiques à une hauteur de 5,600 mètres environ, dans l'Himalaya.

Voilà donc une grande classe de roches, quelque variables que soient celles-ci dans leur composition minérale, leur couleur, leur texture et leurs autres caractères, tant extérieurs qu'intérieurs, que l'on peut grouper comme ayant une seule et même origine. Toutes ont été formées sous l'eau de la même manière que les accumulations de sable, de boue, de galets, de bancs de coquilles, de coraux et de tant d'autres qui se développent encore de nos jours, et toutes sont caractérisées par la stratification ou par des fossiles, et souvent par ces deux caractères à la fois.

Roches volcaniques. — La division des roches que nous devons ensuite examiner est celle des roches volcaniques, c'est-à-dire de roches qui ont été produites près de la surface ou à la surface de la terre, soit à des époques reculées, soit dans les temps modernes, non par l'action de l'eau, mais par celle du feu ou de la chaleur souterraine. Ces roches, pour la plupart non stratifiées, sont dépourvues de fossiles. Elles sont plus limitées que les formations aqueuses, du moins quant à leur étendue horizontale. Au nombre des contrées de l'Europe où elles présentent des caractères auxquels on ne saurait se méprendre, je dois citer non-seulement la Sicile et le pays qui environne Naples, mais encore l'Auvergne, le Velay et le Vivarais (aujourd'hui les départements du Puy-de-Dôme, de la Haute-Loire et de l'Ardèche), au centre et vers le sud de la France. On compte, dans ces dernières régions, plusieurs centaines de petites montagnes coniques, ayant la forme des volcans modernes, et très-souvent munies de cratères plus ou moins parfaits à leur sommet. Ces cônes se composent d'ailleurs de lave, de sable et de cendres, semblables à ceux des volcans en activité. Des coulées de lave ont laissé parfois des traces visibles, depuis le sommet des cônes jusqu'au bas des vallées voisines, où elles ont obstrué les anciens canaux des rivières par des roches solides, de la même manière que certaines coulées de lave le font encore aujourd'hui en Islande; dans ces cas, les rivières se sont frayé un étroit passage au-dessous de la lave ou bien sur les côtés. Quoique ces volcans français n'aient donné aucun signe d'activité depuis les époques historiques,

leurs formes n'en sont pas moins souvent parfaites. Quelques-uns cependant ont été comparés à de vrais squelettes de volcans; les pluies et les torrents ont corrodé leurs flancs. en ont détaché tout le sable et les scories, et n'ont laissé en place que les matières les plus dures et les plus solides. Par suite de cette érosion et des tremblements de terre qui ont mis à découvert leur structure interne, on aperçoit non-seulement des lits successifs et des masses de lave poreuse, de sable et de scories, mais encore des murs perpendiculaires, ou *dikes*, comme on les appelle, de roches volcaniques qui ont pénétré au travers des autres roches. On observe de semblables *dikes* au Vésuve, à l'Etna et dans d'autres volcans actuellement en activité. Ils ont été formés par la pénétration de la matière fondue, poussée d'en haut ou d'en bas dans les fissures ouvertes; ils traversent ordinairement des dépôts de *tuf volcanique*, substance produite par une sorte de pluie de cendres et de sable lancés de l'intérieur de la terre par l'explosion des gaz volcaniques.

Outre ces points particuliers de la France, on cite d'autres contrées comme le nord de l'Espagne, le sud de la Sicile, le territoire Toscan, en Italie, les provinces basses du Rhin et la Hongrie, où l'on rencontre des volcans éteints qui conservent une forme conique et présentent des cratères avec coulées de lave.

On signale également en Angleterre, en Écosse, en Irlande, et presque dans tous les pays de l'Europe, d'autres roches auxquelles on attribue une origine ignée, quoiqu'elles ne forment pas des monticules à cônes et cratères. Ainsi, il n'est pas douteux que la roche de Staffa et celle de la Chaussée des Géants, appelée basalte, ne soit volcanique, car elle ressemble, par sa structure colonnaire et sa composition minéralogique, aux coulées de lave qui se sont échappées des cratères des volcans. Il existe aussi, dans diverses parties des îles de l'Angleterre, des roches basaltiques et ignées semblables, associées à des lits de *tuf* et qui forment des *dikes* pareils à ceux dont nous avons déjà parlé. La plupart des couches à travers lesquelles ces *dikes* ont percé sont parfois altérées au point de contact, comme si elles

avaient été exposées à la chaleur d'une matière en fusion.

L'absence de cônes, de cratères et de coulées de lave superficielles, en Angleterre et dans plusieurs autres pays, doit être attribuée à ce que les éruptions ont été sous-marines; il en a été d'elles comme de celles d'un grand nombre de volcans qui, de nos jours, font éruption au fond de la mer. Mais nous traiterons plus amplement de cette matière dans les chapitres sur les roches Ignées, chapitres dans lesquels nous montrerons que si différentes formations sédimentaires qui contiennent chacune leurs fossiles caractéristiques, ont été déposées à des périodes successives, de même le sable et les scories volcaniques ont été lancés de l'intérieur de la terre, et les laves se sont répandues à sa surface ou sur le lit de la mer, ou bien ont été injectées dans les fissures, à des époques également très-différentes; de telle sorte que les roches ignées, aussi bien que les roches aqueuses, peuvent être classées par séries chronologiques, en monuments destinés à jeter un grand jour sur la succession d'événements relatifs à l'histoire de la terre.

Roches plutoniques (*Granite*, etc.). — Nous avons établi l'existence de deux ordres distincts de masses minérales: les masses aqueuses et les masses volcaniques; mais si nous examinons une portion considérable de continent, si surtout cette portion renferme une chaîne de hautes montagnes, nous ne tarderons pas à découvrir deux autres groupes de roches très-distinctes de toutes celles que nous avons décrites, et que nous ne saurions assimiler ni aux dépôts qui s'accumulent aujourd'hui dans les lacs et dans les mers, ni à ceux qui doivent leur origine à l'action ordinaire des volcans. Les différents membres de ces deux divisions de roches se ressemblent en ce qu'ils sont cristallins au plus haut degré et dépourvus de débris organiques. On a donné le nom de *plutoniques* aux roches de la division qui comprend tous les granites et certains porphyres, roches qui, dans quelques-uns de leurs caractères, sont alliées de très-près aux formations volcaniques. Les membres de l'autre division sont stratifiés et souvent schisteux; ils ont été nommés par quelques auteurs *schistes cristallins*. Dans ce groupe sont compris le gneiss, le schiste micacé (ou micaschiste), le

schiste amphibolique, le marbre statuaire, les espèces les plus belles d'ardoises employées pour la toiture, et d'autres roches que nous décrirons par la suite.

Comme on ne peut observer aujourd'hui, dans ce qui se forme à la surface de la terre, rien de strictement analogue à ces produits cristallins, on se demande naturellement d'après quelle base il faudra les ranger dans un système de classification fondé sur l'origine des roches. Pour répondre à cette question, je ne saurais donner en peu de mots l'exposé du long enchaînement de faits et de raisonnements au moyen desquels les géologues sont parvenus à saisir l'analogie des roches en question avec celles qui se forment aujourd'hui à la surface de la terre. Néanmoins j'essaierai d'en exposer brièvement la conclusion. Les diverses espèces de granite qui constituent la famille plutonique sont, comme on le suppose, d'origine ignée ou ignée-aqueuse; mais on pense qu'elles ont été formées sous une grande pression, à une profondeur considérable dans la terre, ou, quelquefois peut-être, sous d'énormes masses d'eau qui les surmontaient. De même que la lave des volcans, elles ont dû être d'abord à l'état de fusion, se refroidir ensuite et cristalliser, mais avec une lenteur extrême, et dans des conditions très-différentes de celles qui produisent le refroidissement des corps en plein air. Elles diffèrent donc des roches volcaniques, non-seulement par leur texture plus cristalline, mais encore par l'absence de tufs et de brèches, sortes de produits des éruptions qui ont eu lieu à la surface de la terre, ou sous des mers très-peu profondes. Elles s'en distinguent également par l'absence de pores ou cavités cellulaires auxquelles donne ordinairement lieu l'expansion des gaz qui se trouvent renfermés dans la lave.

Roches métamorphiques (ou cristallines, stratifiées).— La quatrième et dernière grande division de roches comprend les roches cristallines, les schistes appelés gneiss, micaschistes, schistes argileux, schistes chloritiques, le marbre et autres, dont l'origine est plus douteuse que celle des trois autres divisions. Ces roches ne contiennent ni galets, ni sables, ni scories, ni fragments angulaires; elles ne contiennent non plus aucunes traces de corps organiques; elles sont souvent aussi cristallines

que le granite et se divisent en lits qui ressemblent, par leur forme et par leur disposition, à ceux des formations sédimentaires; elle sont donc stratifiées. Les lits sont souvent composés de substances qui varient par leur couleur, leur composition et leur épaisseur, comme nous le remarquons précisément dans les dépôts fossilifères stratifiés. D'après la théorie de Hutton, que j'adopte comme la plus probable et que j'expliquerai plus amplement ailleurs, les matériaux dont ces couches ont été primitivement formées se sont déposés dans l'eau sous la forme ordinaire de sédiment, mais elles ont été altérées plus tard si profondément par la chaleur souterraine, qu'elles ont acquis une nouvelle texture. Il est facile de démontrer, au moins dans certains cas, que des couches fossilifères sont devenues parfaitement cristallines, de terreuses qu'elles étaient, et cela jusqu'à une distance de plus de 400 mètres de leur contact avec le granit. Dans d'autres cas, des pierres calcaires noirâtres, remplies de coquilles et de coraux, ont été converties en marbre blanc statuaire; et des argiles dures, contenant des débris de végétaux et autres, ont été transformées en micaschistes et en schistes amphiboliques, tous vestiges des corps organiques ayant été détruits.

Quoique nous ignorions jusqu'à un certain point la nature précise de l'influence qui a produit ces changements, il n'en est pas moins évident qu'il existe une certaine analogie entre cette influence et celle qui naît de la chaleur et des gaz volcaniques. On peut donc, à juste titre, appeler cette action *plutonique*, car elle semble s'être développée dans les régions mêmes où les roches plutoniques ont pris naissance, et dans des conditions identiques de pression et de profondeur. Il est assez probable que c'est de l'eau à une très-haute température ou de la vapeur qui, pénétrant dans les masses stratifiées sous une forte pression, ont contribué à produire la texture cristalline et autres changements; mais il est évident que l'influence plutonique s'est fait sentir souvent à travers les masses stratifiées de montagnes entières.

En me conformant donc à l'hypothèse dont j'ai parlé ci-dessus, j'ai proposé, dans la première édition des *Principes de géologie* (1833), le mot *métamorphique* pour

désigner les couches altérées, expression dérivée de *μετά*, *meta* (*trans*) et *μορφή*, *morphe* (*forma*).

Nous avons donc à considérer, sous le rapport de leur origine, quatre grandes classes de roches : aqueuses, volcaniques, plutoniques et métamorphiques. Nous ferons voir, dans le cours de cet ouvrage, que les différents membres, dans chacune de ces quatre classes, datent de plusieurs époques successives. Toutes ont eu des produits contemporains, et toutes aussi se trouvent encore aujourd'hui en voie de formation sur une grande échelle. Il n'est pas vrai, comme on a pu le supposer autrefois, que tous les granites, ainsi que les couches cristallines ou métamorphiques, aient été produits les premiers, opinion qui avait fait donner à ces couches le nom de primitives; et qu'ensuite se soient déposées sur ces couches les roches aqueuses et volcaniques, ce qui placerait ces dernières dans un rang secondaire d'ancienneté. Cette idée erronée fut adoptée dans l'enfance de la science, alors que l'on considérait toutes les formations, stratifiées ou non stratifiées, terreuses ou cristallines, avec ou sans fossiles, comme étant d'origine aqueuse. On supposait naturellement, à cette époque, que la fondation devait être plus ancienne que la partie supérieure de l'édifice; mais on découvrit plus tard que cette opinion n'était pas la déduction légitime des faits, car les parties inférieures de la croûte terrestre ont été souvent modifiées et même entièrement changées sous l'influence des causes volcaniques, souterraines et autres, tandis que les formations supérieures n'ont été aucunement altérées. En d'autres termes, les destructions et les rénovations successives ont donné naissance à de nouvelles roches en dessous, tandis que celles qui étaient au-dessus, qu'elles fussent cristallines ou fossilifères, sont restées dans leur ancienne condition. Même dans les villes telles que Venise et Amsterdam, on ne saurait admettre comme absolument vrai, que les parties supérieures de chaque édifice, construites en briques ou en marbre, soient plus modernes que les fondations sur lesquelles elles reposent; car celles-ci consistent souvent en pilotis qui peuvent avoir pourri et avoir été remplacés par d'autres, sans que le moindre dommage ait été causé aux bâtiments qu'ils

soutiennent; pendant toute la durée des remplacements successifs des fondations, les parties supérieures des édifices ont pu n'exiger aucune réparation et avoir été constamment habitées. Il en est de même de la surface habitable du globe, relativement aux énormes masses de roches qui se trouvent immédiatement dessous; cette surface a pu rester la même pendant des siècles, tandis que les matériaux sous-jacents, à de grandes profondeurs, ont pu passer de l'état solide à l'état fluide, puis se consolider de nouveau et finir par acquérir une texture nouvelle.

Toutes les roches cristallines peuvent, jusqu'à un certain point, être considérées comme appartenant à une même grande famille, qu'elles soient stratifiées ou non stratifiées, plutoniques ou métamorphiques; il conviendra donc souvent de les désigner toutes par un nom commun. Mais puisqu'il est maintenant démontré qu'elles sont d'époques différentes, et quelquefois même plus nouvelles que les couches appelées secondaires, les mots *primitif* et *primaire* qu'on leur donnait autrefois devront être abandonnés, car ils impliqueraient une contradiction manifeste. Il devient, par conséquent, indispensable de trouver un nom nouveau qui n'ait pas d'importance chronologique et qui, tout en étant applicable au granite comme au gneiss (aux roches plutoniques comme aux roches *altérées*), ait quelque rapport avec les caractères qui distinguent ces roches des produits volcaniques et des couches sédimentaires *inaltérées*. J'ai proposé dans les *Principes de géologie* (1^{re} édit., vol. III), le mot *hypogène*, dérivé de ὑπό, *dessous*, et de γίνομαι, *être ou être né*. Ce mot signifie théoriquement que le granite, le gneiss et les autres formations cristallines sont semblables aux roches *bas-formées*, ou roches qui n'ont pas acquis à la surface de la terre leur forme et leur structure présentes. Ces roches occupent la place la plus inférieure dans l'ordre de la superposition. Même dans certaines régions comme les Alpes, où l'on peut citer quelques masses de granite et de gneiss d'une date comparative-ment plus moderne que les autres, appartenant, par exemple, à la période que nous décrirons plus loin sous le nom de *tertiaire*, ces masses ne sont encore que des

roches *sous-jacentes*. Elles ne reposent jamais sur des formations volcaniques ou trappéennes, ni sur des couches contenant des débris organiques. Elles sont donc *hypogènes*, car elles se trouvent au-dessous de toutes les autres.

D'après ce que nous venons de dire, le lecteur comprendra qu'on peut étudier chacune des quatre grandes classes de roches sous deux points de vue distincts : on peut d'abord les considérer simplement comme masses minérales, tirant leur origine de causes particulières, ayant une certaine composition, une forme et une position particulières dans la croûte terrestre, ou possédant d'autres caractères positifs et négatifs, tels que la présence ou l'absence de débris organiques. En second lieu, on peut voir dans les roches de chaque classe une grande série chronologique de monuments qui attestent une succession de faits dans l'histoire naturelle du globe et des êtres vivants qui l'ont habité.

Je vais donc continuer à parler de chacune des familles de roches, d'abord sous le rapport de leurs caractères non chronologiques, et ensuite sous celui de leur succession aux diverses époques où elles ont été formées.

CHAPITRE II

ROCHES AQUEUSES. — LEUR COMPOSITION ET LEURS FORMES DE STRATIFICATION.

Composition minérale des couches. — Couches siliceuses. — Argileuses.
— Calcaires. — Gypse. — Formes de stratification. — Horizontalité
primitive. — Amincissements. — Structure diagonale. — Ondulations.

Pour suivre l'ordre que nous nous sommes tracé dans le chapitre précédent, nous allons commencer par examiner les couches aqueuses ou sédimentaires, qui sont pour la plupart distinctement stratifiées, et qui contiennent des fossiles. Nous devons d'abord les étudier sous le rapport de leur composition minérale, de leur apparence extérieure, de leur position, de leur forme primitive, des dépôts organiques qu'elles contiennent, et des autres caractères qui leur sont propres comme formations aqueuses : cet examen sera indépendant de leur âge ; nous les présenterons ensuite chronologiquement, c'est-à-dire dans leurs rapports avec les périodes géologiques successives où elles ont été formées.

J'ai déjà donné un aperçu des motifs qui portent à croire que les roches stratifiées et fossilifères ont été primitivement déposées sous l'eau ; mais, avant d'entrer dans un examen plus détaillé, il sera bon de dire quelques mots sur les matières ordinaires dont ces couches sont composées. On peut les partager en trois groupes : siliceuses, argileuses et calcaires ; la silice, ou l'argile, ou le carbonate de chaux dominant dans tel ou tel de ces groupes. Les masses siliceuses se composent principalement de sable ou de grains siliceux ; les masses argileuses, d'un mélange de matière siliceuse avec une certaine proportion, environ un quart, de terre alumineuse ; enfin les calcaires, autrement dits pierres à chaux, consistent en acide carbonique et en chaux.

Roches siliceuses ou arénacées. — Parlons d'abord de la division des sables. On rencontre souvent des lits de sables incohérents dont les grains sont tous de silice; la dénomination de silice s'applique à tous les minéraux purement siliceux, comme le quartz et le silex commun. Le quartz n'est que de la silice dans son plus grand état de pureté. Le silex contient ordinairement un mélange d'alumine et d'oxyde de fer. Les grains siliceux qui composent le sable sont ordinairement arrondis comme par l'action de l'eau courante. Le grès est un assemblage de ces mêmes grains, souvent unis sans aucun ciment visible, mais plus communément liés par une faible quantité de matière calcaire ou siliceuse, par de l'oxyde de fer ou de l'argile.

Une roche siliceuse pure est facile à reconnaître, en ce qu'elle ne fait pas effervescence quand on verse à sa surface une goutte d'acide nitrique, ou d'acide sulfurique ou de tout autre acide, et en ce que ses grains ne peuvent être séparés ou broyés sans une forte pression. Dans la nature, il existe toute espèce de gradation entre le sable parfaitement meuble et le grès le plus dur. Dans les *grès micacés* le mica se trouve en abondance, et les minces petites lames argentées qui divisent ce minéral sont souvent disposées en bandes parallèles aux plans de stratification, et donnent à la roche une texture schisteuse ou lamellaire.

Lorsque le grès est formé de gros grains, on l'appelle ordinairement *gravier (grit)*, et *brèche*, si les fragments sont pour la plupart angulaires. Si les grains sont arrondis et assez gros pour valoir le nom de galets, le grès devient un *conglomérat* ou *poudingue* qui peut être formé d'une ou de plusieurs espèces de roches. Un conglomérat, par conséquent, n'est qu'un gravier lié par un ciment.

Roches argileuses. — L'argile, strictement parlant, est un mélange d'environ un quart de silice avec une assez forte proportion d'alumine ou terre argileuse; mais, dans le langage commun, toute terre qui possède assez de ductilité dans l'eau pour être modelée ou façonnée par le potier reçoit le nom d'*argile*. Les argiles varient beaucoup dans leur composition, et ne sont généralement que de la vase provenant de la décomposition ou de la trituration

des roches. L'argile la plus pure que l'on rencontre dans la nature est celle qui sert à fabriquer la porcelaine, ou *kaolin*; elle provient de la décomposition d'une roche composée de feldspath et de quartz; ce dernier minéral reste presque toujours mêlé au kaolin. Le kaolin de Chine contient 71,45 parties de silice, 15,86 d'alumine, 1,92 de chaux et 6,73 d'eau; mais les autres argiles à porcelaine diffèrent (1) matériellement de la précédente: celle du Cornouailles est composée, selon Boase, de parties égales de silice et d'alumine, avec 1 pour 100 de magnésie (2). Le *schiste* a, comme l'argile, la propriété de devenir plastique dans l'eau; condensé par la pression, il a une consistance plus solide que l'argile ou que toute matière argileuse. Il se divise ordinairement en lames plus ou moins régulières.

L'un des caractères généraux de toutes les roches argileuses est de dégager une odeur terreuse particulière, quand on souffle dessus avec l'haleine; c'est un signe de la présence de l'alumine, quoique cette odeur ne puisse être positivement attribuée à l'alumine pure, mais appartient à la combinaison de cette substance avec l'oxyde de fer (3).

Roches calcaires. — Dans cette division, nous comprenons les roches qui, comme la craie, sont principalement composées de chaux et d'acide carbonique. Les coquilles et les coraux sont également formés des mêmes éléments, avec addition de matière animale. Pour obtenir de la chaux pure, il faut calciner les substances calcaires, c'est-à-dire les exposer à une chaleur suffisante pour en chasser l'acide carbonique et les autres matières volatiles. La craie blanche est souvent du carbonate de chaux pur. Cette roche, quoique ordinairement tendre et terreuse, est souvent assez solide pour être employée aux constructions; elle passe même à l'état de pierre *compacte*, c'est-à-dire de pierre dont les parties composantes sont si ténues que l'on ne saurait, à l'œil, les distinguer les unes des autres.

(1) W. Phillips, *Minéralogie*, p. 33.

(2) *Philos. Mag.*, vol. X, 1837.

(3) Consulter la *Minéralogie* de W. Phillips, art. *Alumine*.

Grand nombre de calcaires sont entièrement formés de fragments imperceptibles de coquilles et de coraux, ou bien de grains calcaires liés par un ciment. On pourrait appeler les calcaires de ce dernier genre *grès calcaires* ; mais cette dénomination convient mieux à une roche dont les grains sont en partie calcaires et en partie siliceux, ou à des grès quartzeux cimentés par le carbonate de chaux.

La variété de calcaire que l'on nomme *oolithe* se compose de nombreux petits grains ovoïdes semblables à des œufs de poisson ; chacun de ces grains contient ordinairement, à son centre, un petit fragment de sable, espèce de noyau, autour duquel des croûtes concentriques de matière calcaire se sont accumulées.

Tout calcaire assez dur pour recevoir un beau poli est appelé *marbre*. Un grand nombre de marbres sont fossilifères ; mais le marbre statuaire, que l'on nomme aussi calcaire saccharoïde parce que sa structure ressemble à celle du sucre cristallisé, est dépourvu de fossiles, et passe, dans plusieurs cas, à la série métamorphique.

Le *calcaire siliceux* est un mélange intime de carbonate de chaux et de silice ; il est d'autant plus dur, qu'il contient une plus forte proportion de matière siliceuse.

On peut s'assurer de la présence du carbonate de chaux dans une roche, en versant à la surface une petite goutte d'acide sulfurique, ou nitrique, ou muriatique, étendu d'eau, ou même de vinaigre fort ; la chaux, ayant une plus grande affinité chimique pour chacun de ces acides que pour l'acide carbonique, s'en empare immédiatement pour former de nouveaux composés, tels que sulfate, ou nitrate, ou muriate de chaux. L'acide carbonique, une fois séparé de la chaux, s'échappe sous forme de gaz et bouillonne ou fait effervescence par le dégagement de petites bulles au travers du liquide. Cette effervescence est forte ou faible, suivant le degré de pureté ou de mélange du calcaire, ou, pour m'exprimer en d'autres termes, suivant la quantité de matière étrangère qui se trouve mêlée au carbonate de chaux. Sans cet essai, l'œil le plus exercé ne pourrait pas toujours reconnaître la présence du carbonate de chaux dans les roches.

Les trois classes de roches ci-dessus mentionnées, sili-

ceuses, argileuses ou calcaires, passent constamment de l'une à l'autre et se rencontrent rarement dans un état de séparation parfaite ou de forme pure. C'est par une exception à la règle générale que l'on rencontre un calcaire aussi pur que la craie blanche ordinaire, ou une argile aussi exclusivement alumineuse que celle que l'on emploie dans le Cornouailles pour la fabrication de la porcelaine, ou du sable aussi complètement composé de grains siliceux que le sable blanc d'Alum-Bay, dans l'île de Wight, dont on se sert pour faire du verre, ou un grès aussi pur que celui de Fontainebleau, employé en France pour le pavage. Le plus souvent, nous trouvons le sable et l'argile, ou l'argile et la marne, mélangés dans la même masse. Lorsque le sable et l'argile dominent à la fois dans une roche, on appelle ce mélange *limon*. S'il y a beaucoup de matière calcaire dans l'argile, on l'appelle *marne*; mais malheureusement on a employé d'une manière si vague cette expression, qu'elle est devenue parfois très-ambiguë. On l'a appliquée, par exemple, aux substances dans lesquelles il n'y a pas de chaux, comme à ce limon rouge que l'on nomme marne rouge dans certaines parties de l'Angleterre. Les agriculteurs ont l'habitude de donner le nom de marne à tout sol qui, de même que la véritable marne, tombe en poussière quand on l'expose à l'air. De là vient la confusion dans l'emploi de ce mot pour désigner les sols formés de limon et faciles à travailler à la charrue, quoique dépourvus de chaux.

Le *schiste marneux* est à la marne ce que le schiste est à l'argile : c'est un schiste calcaire. Il est abondant dans certains pays, surtout dans les Alpes de la Suisse. Le calcaire argileux ou marneux est également fort commun.

Je ne sache pas qu'il existe dans la composition des couches sédimentaires d'autres roches assez importantes pour qu'il soit nécessaire de nous arrêter ici sur leurs caractères. Je dois cependant en mentionner encore deux : le calcaire magnésien ou dolomie, et le gypse. Le *calcaire magnésien* est composé de carbonate de chaux et de carbonate de magnésie; la proportion de ce dernier élément est, dans quelques cas, de près de la moitié. Le calcaire magnésien fait une effervescence bien plus lente et plus

faible dans les acides que le calcaire ordinaire. En Angleterre, il est généralement de couleur jaunâtre, mais il varie beaucoup quant à ses caractères minéralogiques : il passe successivement de l'état terreux à l'état compact en acquérant une grande dureté. La *dolomie*, si commune dans plusieurs parties de l'Allemagne et de la France, est aussi une variété de calcaire magnésien qui présente ordinairement une texture grenue.

Gypse. — Le gypse est une roche composée d'acide sulfurique, de chaux et d'eau. Il est habituellement tendre, d'un blanc jaunâtre et d'une texture semblable à celle du sucre en pain ; mais il est aussi quelquefois entièrement composé de cristaux lenticulaires. Il est insoluble dans les acides et ne fait pas effervescence comme la craie ou la dolomie, car il ne contient pas de gaz acide carbonique ou air fixé, la chaux s'y trouvant déjà combinée avec l'acide sulfurique, pour lequel elle a encore plus d'affinité que pour aucun autre acide. Le gypse anhydre est une variété rare, dans laquelle l'eau n'entre pas comme partie constituante. La *marne gypseuse* est un mélange de gypse et de marne. L'*albâtre* est une variété de gypse, grenue ou compacte, qui se trouve dans la nature en masses assez considérables pour être employées dans la sculpture et dans l'architecture. L'albâtre se présente quelquefois sous la forme d'une substance pure, et blanche comme la neige, par exemple à Volterra, en Toscane. C'est à cet état qu'on le travaille en objets d'art à Florence et à Livourne. L'albâtre est moins dur que le marbre et plus facile à travailler.

Formes de stratification. — Une série de couches se compose d'une, de deux, et parfois d'un plus grand nombre des roches précédentes alternant par lits.

Ainsi, dans les districts houillers d'Angleterre, il n'est pas rare de compter toute une série de lits de grès, les uns d'un grain plus fin, les autres d'un grain plus grossier, quelques-uns de couleur blanche, d'autres de couleur noirâtre, etc., et, sous ces lits, d'autres lits de schiste et de grès, ou seulement de schiste, qui se divisent en feuillets et contiennent de belles empreintes de plantes. Puis on découvre des couches de charbon pur ou impur, alternant avec d'autres schistes et d'autres grès, et au-

dessous du tout, se trouvent peut-être des lits calcaires remplis de coraux et de coquilles marines, chaque lit restant distinct l'un de l'autre par certains fossiles, ou par l'abondance d'espèces particulières de coquilles ou de zoophytes.

Cette alternance de différentes espèces de roches produit la stratification la plus distincte; dans une série de plusieurs centaines de couches, on rencontre souvent des lits de calcaire et de marne, de conglomérat et de grès, de sable et d'argile, qui reviennent plusieurs fois, dans un ordre presque régulier. Les causes qui peuvent avoir produit ces phénomènes sont diverses; je les ai discutées à fond dans mon *Traité des changements modernes qui ont eu lieu sur la surface de la terre* (1). On voit, dans les chapitres qui ont trait à ce sujet, que les rivières qui se jettent dans les lacs et dans les mers sont chargées de sédiments variables en quantité, en composition, en couleur et en grain, selon les saisons; leurs eaux sont, en de certains temps, abondantes et rapides, en d'autres temps basses et tranquilles; leurs divers tributaires inondent des contrées et des sols différents, et se chargent conséquemment de sédiments particuliers suivant les époques. J'ai également démontré que les flots de la mer et les courants creusent et minent les falaises pendant les orages de l'hiver, et entraînent au fond des eaux les matières qu'ils ont arrachées; tandis que, pendant la saison tranquille, les mouvements de l'Océan ne précipitent que la boue la plus fine.

Il n'entre pas dans le but de cet ouvrage de donner une description détaillée de ces actions qui se sont répétées d'année en année et de siècle en siècle, comme elles le font encore aujourd'hui; mais je puis donner une explication de la manière dont se sont formés certains grès micacés, ceux, par exemple, dans lesquels on aperçoit d'innombrables et minces feuillets de mica qui séparent d'autres feuillets de sable fin quartzeux. J'ai observé cette même disposition de matières dans la vase récemment déposée dans la baie de la Roche-Saint-Bernard, en Breta-

(1) Consultez l'Index aux *Principes de géologie*: STRATIFICATION, COURANTS, DELTAS, EAU, etc.

gne, à l'embouchure de la Loire. Les roches environnantes sont de gneiss; elles alimentent de leurs détritiques la vase qui, lorsqu'elle devient sèche aux eaux basses, consiste en argile brune feuilletée, divisée par de petites veines de mica. On peut, par une expérience très-simple, se rendre compte de la séparation du mica dans ces cas et dans celui des grès. Si l'on jette dans le courant d'un ruisseau clair et limpide une poignée de sable quartzueux mélangé de mica, on voit aussitôt un départ des matières s'opérer par l'eau en mouvement: les grains de quartz iront presque immédiatement au fond, tandis que les feuilles de mica mettront plus de temps pour y arriver et seront entraînées plus loin dans le courant. Au premier moment, l'eau sera trouble, mais bientôt les surfaces planes des feuilles de mica apparaîtront seules en reflétant une lumière argentée, puis descendront lentement pour aller former au fond un lit de lames micacées très-distinctes. Le mica est le plus lourd des deux minéraux, mais il reste plus longtemps suspendu sur le fluide, à cause de la plus grande étendue de surface qu'il présente. Il devient donc facile de reconnaître que là où la vase sera soumise aux mouvements d'une rivière ou de la marée, les feuilles de mica seront entraînées plus loin et ne se déposeront pas dans les mêmes endroits que les grains de quartz; et, puisque la force et la rapidité du courant varient de temps à autre, des couches de mica et de sable seront successivement apportées sur le même fond.

Horizontalité primitive. — On admet généralement que les surfaces supérieure et inférieure des couches, ou *plans de stratification*, sont parallèles. Quoique cette assertion ne soit pas exactement vraie, les plans approchent toutefois du parallélisme, par la raison que le sédiment a ordinairement été déposé, à l'origine, en lits à peu près horizontaux. On ne saurait attribuer la cause de cette disposition à un nivellement ni à une horizontalité primitive du lit de la mer, car on sait que, dans les endroits où aucune matière n'a été récemment déposée, le fond de la mer est aussi inégal que la surface de la terre, et présente, comme elle, des montagnes, des vallées et des ravins. Cependant, si la mer venait à baisser, ou l'eau à se retirer près de l'embouchure d'une grande rivière où

un delta aurait primitivement existé, nous verrions de vastes plaines de vase et de sable laissées à sec, et qui, à l'œil, apparaîtraient parfaitement unies, quoiqué, en réalité, elles inclineraient doucement de la terre vers la mer.

La tendance qu'ont les couches nouvellement formées à prendre une position horizontale vient principalement du mouvement de l'eau, qui oblige les particules de sable ou de boue à se précipiter et à se fixer dans des cavités, où elles sont moins exposées à la violence des courants que lorsqu'elles étaient sur des points élevés. La vitesse du courant et le mouvement des vagues diminuent d'intensité à mesure que l'on descend, et ils sont à leur minimum dans les endroits où l'eau a le plus de profondeur.

On peut observer quelquefois de bons exemples du phénomène que nous venons de signaler dans le voisinage d'un volcan où une section, soit naturelle, soit artificielle, a été produite; elle laisse apercevoir une succession de bandes diverses de sable et de cendres de différentes couleurs, qui sont tombées en pluie sur un sol inégal. Supposons que A, B (fig. 1), aient été deux élévations séparées par une vallée; ces inégalités primitives de la surface ont graduellement disparu sous des lits de sable et de cendre,

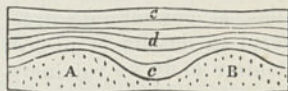


Fig. 1.

c, d, e; la surface *e* est aujourd'hui parfaitement unie. Quoique les matières des premières bandes se soient disposées de manière à s'adapter à peu près à la forme du sol AB, on voit cependant que chacune d'elles est plus épaisse vers le fond. Une grande quantité de particules ont été entraînées d'abord par leur propre poids au bas des pentes A et B, et d'autres ensuite ont été emportées par le vent à mesure qu'elles tombaient du sommet et se sont logées dans les cavités; aussi ces cavités ont-elles été de plus en plus effacées à mesure que les couches se sont accumulées, de *c* à *e*. Or, l'eau peut, dans son mouvement, exercer sur de semblables matières son action de nivellement plus facilement que l'air, car la plupart des pierres perdent dans l'eau plus d'un tiers du poids qu'elles avaient

dans l'air; la pesanteur spécifique des roches étant en général comme 2 1/2, comparée à celle de l'eau prise pour unité. Mais la légèreté du sable ou de la vase est encore plus grande dans la mer, car la densité de l'eau salée excède celle de l'eau douce.

Quelque uniforme et horizontale que puisse être en général la surface des dépôts nouvellement formés, il existe pourtant encore bien des causes désorganisatrices : tels sont les remous et les courants, qui se meuvent tantôt dans un sens, tantôt dans un autre, et qui ne laissent pas que de faire naître de fréquentes irrégularités.



Fig. 2. — Coupe de couches de grès, de gravier et de conglomérat.

On peut quelquefois suivre un lit de calcaire, de schiste ou de grès sur une distance continue de quelques centaines de mètres, mais on finit presque toujours par trouver que chaque couche en particulier s'amincit de plus en plus, et permet à d'autres couches qui étaient primitivement au-dessus et au-dessous de son niveau de se rencontrer et de se rejoindre. Si les matières qui les composent sont dures, comme dans les grès et les conglomérats, les mêmes lits ne peuvent continuer sur une longueur de quelques mètres sans qu'ils varient dans leurs dimensions, et souvent ils se terminent brusquement (fig. 2).

Stratification diagonale ou croisée. — Il est aussi un autre phénomène qui se renouvelle fréquemment : on rencontre des séries de couches plus considérables, composées chacune en particulier d'un certain nombre de feuillets (fig. 3) dirigés obliquement aux plans généraux de la stratification.

On a donné à cette disposition diagonale le nom de *stratification fausse* ou *croisée*. Ainsi, dans la coupe (fig. 3), on voit sept ou huit grandes couches de sable meuble, jaune et brun; les lignes *a*, *b*, *c*, désignent quelques-uns des plans principaux de stratification qui sont

presque horizontaux. La plus grande partie des lames subordonnées à ces couches ne sont pas conformes à

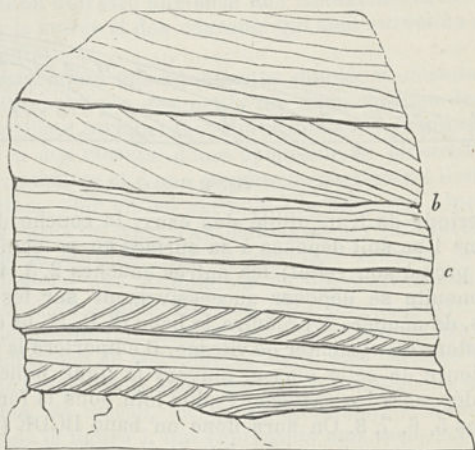


Fig. 3. — Coupe de sable à Sandy Hill, près de Biggleswade, Bedfordshire.
Hauteur : 6 mètres. (Formation de grès vert.)

leurs plans, mais ont souvent une inclinaison accentuée, et celle-ci est quelquefois dirigée vers les points opposés de la boussole. Lorsque le sable est meuble et incohérent, comme dans le cas que nous représentons ici, la déviation du parallélisme des lames obliques ne saurait être expliquée par aucune sorte d'arrangement nouveau des particules, opéré pendant la consolidation de la roche. Comment donc ces sortes d'irrégularités peuvent-elles être attribuées au dépôt primitif? Il faut supposer qu'au fond de la mer, aussi bien que dans le lit des rivières, les mouvements des vagues, des courants et des remous font que souvent le limon, le sable et le gravier, s'accumulent en monticules, sur des points isolés, au lieu de se répandre uniformément sur une large surface. Quelquefois, après que des bancs ont été ainsi formés, des courants se frayent un passage au travers de leur masse, de la même manière qu'une rivière creuse son lit. Admet-

tons que le banc A (fig. 4) ait eu une origine semblable, qu'il présente l'un de ses côtés abrupt, et que, pendant

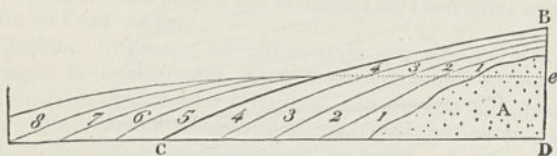


Fig. 4.

une période de tranquillité des eaux, la couche de sédiment n° 1 se soit déposée à sa surface en se conformant à peu près à son relief; les autres couches 2, 3, 4, pourront ensuite se déposer successivement sur les précédentes, de manière à produire le banc BCD. Si le courant vient alors à augmenter de vitesse, il emportera la portion supérieure de cette masse, suivant la ligne ponctuée *e*, et en déposera les matériaux plus loin sous la forme des couches 5, 6, 7, 8. On aura donc un banc BCDE (fig. 5),



Fig. 5.

dont la surface sera presque unie et sur lequel pourront, en dernier lieu, s'accumuler les couches presque horizontales 9, 10, 11. Nous avons fait voir, par la figure 3, que les

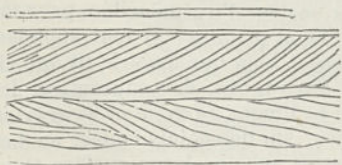


Fig. 6. — Rocher entre Mismar et Dunwich.

quelques falaises composées de sable meuble, sur la côte de Suffolk. J'ai représenté une portion de l'une de ces

feuilletts transgressifs des couches successives peuvent quelquefois présenter entre eux une inclinaison opposée. On observe de très-bons exemples de cette structure dans

falaises (fig. 6) : six feuillets environ, composés de grains quartzeux, ont à peine 4 à 5 millimètres d'épaisseur. Cette disposition doit être attribuée aux changements de direction de la marée et des courants qui sont survenus sur un même point.

La description que nous avons donnée ci-dessus de la disposition oblique des petits lits dans chacune des couches est, dans certains cas, applicable sur une plus grande échelle à des masses d'une épaisseur de plusieurs centaines de mètres et d'une étendue de plusieurs kilomètres. On peut en voir un bel exemple à la base des Alpes maritimes, près de Nice. Les montagnes s'y terminent d'une manière si abrupte dans la mer, que souvent la sonde porte jusqu'à une profondeur de plusieurs centaines de brasses, à la simple distance d'un jet de pierre du rivage, et quelquefois jusqu'à une profondeur de 900 mètres à une distance de 800 mètres. Mais, sur certains points, entre le rivage et la montagne, on rencontre des couches de sable, de marne, ou de conglomérat, comme on le voit dans la figure 7, qui représente une vaste succession

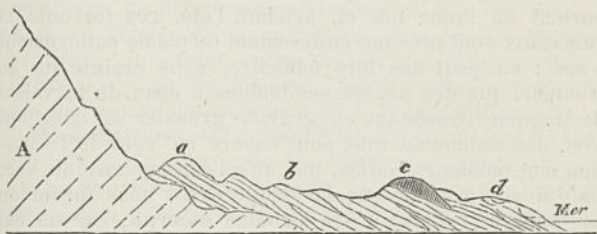


Fig. 7. — Coupe de Monte Calvo à la mer par la vallée de Magnan, près de Nice.

A. Dolomie et grès (formation de grès vert?).

a, b, d. Couches de gravier et de sable.

c. Marne fine et sable de Sainte-Madeleine, avec coquilles marines (Pliocène).

de lits obliques de gravier et de sable, tracés de la mer au Monte Calvo, distance de plus de 14 kilomètres en droite ligne. Ces lits, d'une uniformité remarquable, plongent toujours vers le sud ou vers la Méditerranée, sous un angle d'environ 25° . Ils sont coupés par des précipices verticaux de 70 à 180 mètres de haut, qui entourent

la vallée au travers de laquelle coule la rivière Magnan. Bien que d'une manière générale les couches paraissent parallèles et uniformes, cependant, examinées plus attentivement, elles sont en réalité sous forme de coins et s'amincissent à tel point, lorsqu'on les suit sur une longueur de plusieurs centaines de mètres, qu'on peut supposer qu'elles ont été primitivement déposées sur un bord escarpé où se déchargeait une rivière ou un torrent alpin dans une mer profonde et tranquille, formant ainsi un delta qui avançait graduellement de la base du Monte Calvo jusqu'à une distance de 14 kilomètres du rivage primitif. Lorsque plus tard eut lieu l'exhaussement de cette partie des Alpes et du lit de la mer jusqu'à une hauteur de 210 mètres, la côte dut prendre sa configuration actuelle, le delta dut émerger, et un lit profond y fut creusé par une rivière.

Il est notoire pour tout le monde que les torrents et les ruisseaux qui, aujourd'hui, descendent des pentes des Alpes vers la mer, entraînent avec eux annuellement, lorsque les neiges fondent, une énorme quantité de galets et de sable; à mesure qu'ils baissent ensuite, ils transportent un limon fin, et, pendant l'été, ces torrents et ruisseaux sont presque entièrement ou même entièrement à sec : on peut dès lors admettre, sans crainte de se tromper, que des dépôts semblables à ceux de la vallée de Magnan, consistant en gravier grossier et alternant avec des sédiments fins, sont encore en voie de formation sur plusieurs points, tels qu'à l'embouchure du Var. Ils doivent avancer sur la Méditerranée sous forme de bas-fonds se terminant par un talus escarpé; car tel est le mode primitif d'accumulation de toutes les matières grossières rassemblées dans l'eau profonde, surtout si elles sont composées en grande partie de cailloux roulés qui ne sauraient être transportés à des distances indéfinies par des courants de moyenne vitesse. Par défaut d'attention des faits et d'observations de ce genre, on a exagéré de beaucoup la profondeur de l'ancien océan; on ne saurait douter, par exemple, que les couches *a* (fig. 7) ou les autres plus rapprochées du Monte Calvo ne soient plus anciennes que celles qui sont indiquées par la lettre *b*, et que celles-ci, à leur tour, n'aient été formées

avant *c*; mais, sur aucun point, on ne trouve une épaisseur de sable ou de gravier s'élevant même à 300 mètres; il se peut qu'il y ait des épaisseurs plus considérables, néanmoins elles ne dépasseront probablement nulle part 900 ou 1,200 mètres. Toutefois, quand on songe que toutes les couches furent jadis horizontales, et que leur inclinaison actuelle doit être attribuée à des mouvements subséquents, on est forcé de conclure qu'en cet endroit la mer a été profonde de plusieurs kilomètres et qu'elle a été comblée par des lits alternatifs de limon et de galets déposés les uns sur les autres.

Dans la localité dont il est ici question, et qui est située à quelques kilomètres à l'ouest de Nice, il y a différents points géologiques à considérer, mais dont les détails ne sauraient être donnés ici; tous conduisent à l'opinion que, pendant la période de formation du dépôt de Magnan, la forme et la configuration des pentes des Alpes, ainsi que celles de la plage elle-même, ressemblaient beaucoup à la forme et à la configuration que l'on remarque encore aujourd'hui sur plusieurs points dans le voisinage. La date comparativement récente des lits *a*, *b*, *c*, *d*, est démontrée par ce fait que, dans les lits de marne argileuse, intercalés entre les lits à cailloux roulés, il existe des coquilles fossiles dont la moitié appartient à des espèces vivant actuellement dans la Méditerranée.

Ondulations. — Les inégalités ondulatoires si fréquentes à la surface des grès des différentes époques (fig. 8), et que l'on observe si souvent, à la marée, sur les bords de la mer, paraissent devoir leur origine à un mode particulier de transport des matières sur le fond de l'eau, transport exactement semblable à celui par lequel nous avons expliqué ci-dessus les feuilletés inclinés. Les ondulations ne sont pas exclusivement limitées à la plage exposée à la marée; il s'en produit également sur les sables qui sont submergés d'une manière permanente. On observe aussi quelquefois des rides et dépressions ondulatoires à la surface de la neige ou du sable qui ont été balayés par le vent.

Les ondulations indiquent ordinairement un bord de mer ou de rivière, profond seulement de 1 à 3 mètres, car l'agitation produite par les ondes, même pendant la

tempête, ne s'étend qu'à une très-petite profondeur. Cette règle, toutefois, souffre quelques exceptions, et des ondulations ont été observées récemment à une profondeur

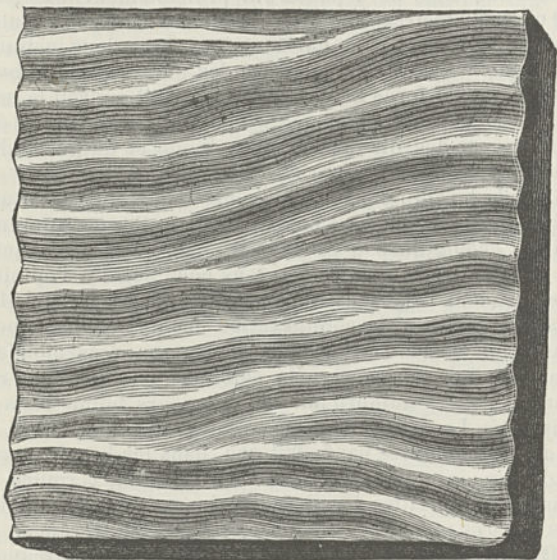


Fig. 8. — Plaque ondulée de grès (nouveau grès rouge) du Cheshire.

de 18 à 21 mètres. On a aussi constaté que des courants ou d'importantes masses d'eau pouvaient, dans leur mouvement, agir sur la vase et le sable à la profondeur de 90 ou même de 140 mètres (1). On peut toutefois, dans la plupart des cas, distinguer une ondulation de rivage d'une ondulation de courant, par les fréquents changements que la première présente dans sa direction. Dans une plaque de grès, qui n'a pas plus de 25 centimètres d'épaisseur, on observe souvent les élévations ou dépressions d'une ancienne ondulation sur plusieurs feuillets successifs, dirigées vers différents points de l'horizon.

(1) Darwing, *Volc. Islands*, p.131.

CHAPITRE III

DISTRIBUTION DES FOSSILES DANS LES COUCHES. — FOSSILES D'EAU DOUCE ET FOSSILES MARINS.

Succession des dépôts indiquée par les fossiles. — Calcaires formés de coraux et de coquilles. — Preuves de l'accroissement graduel des couches fournies par les fossiles. — Serpule adhérent à un Spatangue. — Bois percés par la Térédine. — Tripoli formé d'infusoires. — Craie provenant principalement des corps organiques. — Distinction entre les formations d'eau douce et les formations marines. — Genres de coquilles d'eau douce et de coquilles terrestres. — Manière de reconnaître les testacés marins. — Gyrogonite et Chara. — Poissons d'eau douce. — Alternance des dépôts marins et des dépôts d'eau douce. — Lym-Fiord.

Nous avons examiné, dans le chapitre précédent, les différentes formes de stratification déterminées par la disposition des matières inorganiques; nous devons maintenant tourner notre attention vers le mode de distribution des débris organiques dans les dépôts stratifiés. Il nous serait souvent impossible de découvrir aucune trace de stratification ou de dépôts successifs, si certains genres de fossiles ne se rencontraient çà et là à diverses profondeurs dans la masse. A tel niveau, par exemple, on trouvera spécialement une ou plusieurs espèces de coquilles univalves; à tel autre niveau, des coquilles bivalves; sur un autre point, des coraux; enfin, dans certaines formations, on observera des feuillettes de matières végétales, provenant habituellement de plantes terrestres et séparant les couches.

Un commençant aura de la peine à s'expliquer comment des montagnes de plusieurs milliers de mètres d'élévation se trouvent remplies de fossiles depuis la base jusqu'au sommet, mais la difficulté disparaîtra lorsqu'il réfléchira sur l'origine de la stratification, telle que nous l'avons expliquée dans le chapitre précédent et lorsqu'il

aura admis un espace de temps suffisant pour l'accumulation des sédiments. L'élève ne doit jamais perdre de vue ce fait, que, pendant la durée de l'opération du dépôt, chaque couche a été successivement la couche supérieure, et couverte, sans intermédiaire, par l'eau dans laquelle vivaient des animaux aquatiques. Chaque couche, aussi éloignée qu'on la suppose aujourd'hui de la surface, a donc formé jadis le fond de la mer à l'état de galets, de sable meuble ou de limon, dans lesquels des coquilles et d'autres corps organisés ont pu facilement être enfouis.

Progrès du dépôt indiqué par les fossiles. — En tenant compte de la nature des débris organiques, on parvient souvent à reconnaître si le dépôt a été lent ou rapide, s'il s'est fait dans une mer profonde ou dans une mer basse, près de la côte ou loin des terres, et si l'eau était salée, saumâtre, ou douce. Certains calcaires sont composés presque entièrement de coraux, et, dans plusieurs cas, il est évident que la position actuelle de chaque zoophyte fossile a été déterminée par son mode de croissance originelle. L'axe du corail, par exemple, si le développement de ce zoophyte a dû avoir lieu dans le sens vertical, se dirige encore aujourd'hui perpendiculairement au plan de stratification; si la couche est actuellement horizontale, les têtes sphériques de certaines espèces seront tournées vers le haut et leurs points d'attache vers le bas. Cette disposition se répète quelquefois à travers une longue série de couches. D'après ce que nous connaissons du mode de croissance de zoophytes semblables dans les récifs actuels, il nous est permis de penser que le développement des zoophytes anciens s'est fait d'une manière extrêmement lente, et que quelques-uns ont dû vivre des siècles, comme les arbres des forêts, avant d'atteindre une taille considérable. Or, pendant ce temps, l'eau a dû rester claire et transparente, car les coraux n'auraient pu vivre dans une eau trouble.

De même, lorsque nous voyons des milliers de coquilles à l'état parfait de développement, répandues partout à travers une longue série de couches, nous ne saurions douter qu'il n'ait fallu un temps considérable pour la multiplication de leurs générations successives; la lenteur de l'accumulation devient plus évidente encore par la pré-

sence si souvent constatée de corps fossiles qui sont restés, pendant un certain temps après leur mort, exposés sur le fond de l'Océan avant d'être enveloppés par les sédiments. Rien n'est plus commun, par exemple, que de rencontrer, dans l'argile, des huîtres fossiles avec des Serpules, Balanes (glands de mer), coraux, ou autres corps, adhérant à l'intérieur des valves, fait qui démontre avec certitude que le mollusque n'a point été enfoui dans la vase argileuse dès le moment de sa mort. Un certain temps a dû s'écouler, pendant lequel il a continué d'être entouré d'eau claire; et, durant ce temps, les animaux qui y adhèrent aujourd'hui se sont développés, en passant de l'état d'embryon à l'état parfait d'accroissement. Des coquilles adhérentes seulement à l'extérieur, comme les Serpules *a* (fig. 9), ont pu croître sur une huître ou sur le test de tout autre mollusque, pendant que l'animal vivait encore; mais celles qui adhèrent à l'intérieur des valves n'ont pu se fixer à cette place qu'après la mort de la coquille qui leur a servi de support. Ainsi, dans la fig. 9, deux Serpules ont crû à l'intérieur; l'une d'elles, exactement à la place où était fixé le muscle adducteur de la *Gryphée* (sorte d'huître).

Certaines coquilles fossiles, celles mêmes qui adhèrent simplement à la surface extérieure d'autres coquilles, confirment pleinement la conclusion à laquelle nous sommes déjà arrivés ci-dessus, savoir :

qu'un intervalle de temps a dû s'écouler entre la mort de l'animal et l'enfouisse-

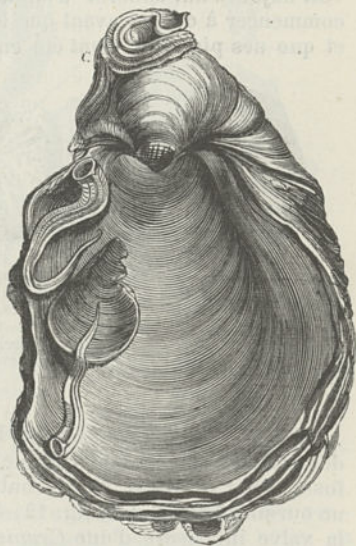


FIG. 9.— *Gryphée* fossile, couverte extérieurement et intérieurement de Serpules fossiles.

ment, dans la vase ou le sable, de son enveloppe à laquelle adhèrent les coquilles. Les Oursins de mer (*Echini*), si nombreux dans la craie, en fournissent un excellent exemple. On sait qu'à l'état vivant, ces animaux sont invariablement couverts de piquants que supportent des rangées de tubercules, mais on n'aperçoit ces derniers organes qu'après la mort de l'animal, lorsque les piquants ont été détachés. Dans la figure 11 on a représenté une espèce vivante de *Spatangus*, commune sur nos côtes, avec l'une des moitiés de sa coquille dépouillée des piquants. Dans la figure 10, un fossile du même genre, provenant de la craie blanche d'Angleterre, montre la nature de l'enveloppe chez les individus de cette famille, lorsque sa surface est également dépouillée de piquants. La *Serpule*, à l'état complet de développement, que l'on voit aujourd'hui adhérer à cette enveloppe, n'a donc pu commencer à croître avant que le *Micraster* ait été mort, et que ses piquants aient été entraînés.



Fig. 10. — *Serpule* fixée à un *Micraster* fossile de la craie.



Fig. 11. — *Spatangus* récent, avec les piquants enlevés sur l'une des moitiés.
b. Piquants et tubercules, grandeur naturelle.
a. Les mêmes grossis.



Fig. 12. — *a.* *Ananachytes* de la craie, avec la valve inférieure de la *Cranie* qui lui est adhérente
b. Valve supérieure de la *Cranie*, détachée.

Mais on peut pénétrer plus loin encore dans la série des événements que nous révèle ici la nature d'un simple fossile. Par exemple, on rencontre souvent, dans la craie, un oursin (*Ananachytes*, fig. 12) à la surface duquel adhère la valve inférieure d'une *Cranie*, genre de mollusque bivalve. La valve supérieure *b* (fig. 12) manque presque constamment, bien qu'on la trouve quelquefois à un parfait état de conservation, à quelque distance de là, dans la craie blanche. Dans ce cas, il est évident que l'oursin

a d'abord pris son développement, qu'il est mort ensuite, et a perdu ses piquants qui ont été entraînés. C'est alors seulement que la jeune *Cranie* a commencé à adhérer à l'enveloppe nue de l'oursin, a grandi, est morte à son tour, et que sa valve supérieure s'est séparée de la valve inférieure; le tout avant que l'*Ananchytes* ait été enfoui dans la vase crayeuse.

Nous jugeons utile de mentionner encore un exemple de la manière dont de simples fossiles peuvent quelquefois jeter du jour sur un ancien état de choses, et expliquer des événements qui se sont passés soit sur le lit de

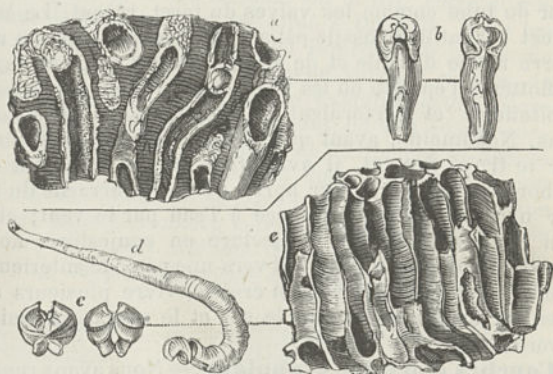


FIG. 13 et 14. — Bois fossile et bois récent percés par les mollusques perforants.

FIG. 13. — a. Bois fossile de l'argile de Londres, troué par la *Teredina*.

b. Coquille et tube de *Teredina personata*; face ventrale à droite, face dorsale à gauche.

FIG. 14. — c. Bois récent troué par le *Teredo* (*Taret*).

d. Coquille et tube du même *Teredo* (*Taret*) *navalis*.

e. Face antérieure et face postérieure des valves du même mollusque, détachées du tube.

l'océan, soit sur les terres voisines. A différentes profondeurs de l'argile sur laquelle Londres est bâtie, on rencontre de nombreux fragments de bois qui ont été percés par les tarets. On extrait quelquefois de cette formation des troncs et des rameaux entiers, de plusieurs décimètres de long, entièrement troués par ces animaux

perforants, dont les tubes et les coquilles subsistent encore dans les cavités cylindriques qu'ils ont produites. La figure 14, *e*, représente un fragment de bois récent, percé par le *Teredo navalis*, ou taret commun, qui détruit les pilotis et les vaisseaux. Lorsqu'on extrait du bois le tube cylindrique, *d*, on voit, à son extrémité la plus grosse, une coquille composée de deux pièces *c*. La fig. 13, *a*, représente aussi un morceau de bois fossile qui a été perforé par un animal de genre voisin, mais éteint, appelé *Teredina* par Lamarck. Le tube calcaire de ce mollusque était comme soudé aux valves de la coquille *b*, qui, par conséquent, ne pouvaient point se détacher du tube comme les valves du taret récent. Le bois de cet échantillon fossile est aujourd'hui converti en une pierre mêlée d'argile et de chaux; mais il a dû surnager et flotter à l'époque où les Térédines l'avaient choisi pour habitation, et perforaient sa masse dans tous les sens. Néanmoins, avant que la jeune colonie se fût fixée sur le tronc flottant, il avait fallu que ce tronc eût été d'abord entraîné à la mer après avoir été arraché du sol par une inondation, ou lancé à l'eau par le vent; et si l'on continue ainsi, de conjecture en conjecture, notre esprit se porte naturellement vers une période antérieure, pendant laquelle l'arbre a dû croître, vivre plusieurs années sur un continent dont le sol et le climat lui étaient favorables.

Couches d'origine organique. — Nous avons remarqué qu'il existe à l'intérieur des continents, à différentes profondeurs de la terre, et à de grandes hauteurs au-dessus du niveau de la mer, des roches presque entièrement formées de débris de zoophytes et de testacés. On peut comparer ces roches aux bancs d'huîtres actuels et aux récifs de coraux, et conclure que leur accroissement a dû aussi être extrêmement long. Mais il existe de plus, dans l'écorce terrestre, une variété de dépôt pierreux que l'on sait aujourd'hui provenir de plantes et d'animaux, et dont l'origine organique n'avait cependant pas été soupçonnée jusqu'à ces dernières années, même par les naturalistes. La découverte qui en a été faite récemment par le professeur Ehrenberg (de Berlin) excita donc une grande surprise parmi les savants : il remarqua qu'une

certaine espèce de pierre siliceuse, que l'on nomme *tripoli*, était entièrement composée de millions de débris de corps organiques qu'il rapporta d'abord à des infusoires microscopiques, mais que l'on reconnaît aujourd'hui être des plantes. Ces corps abondent dans les petits ruisseaux, les lacs d'eau douce et les étangs, en Angleterre et dans d'autres contrées, et ils ont été appelés *Diatomées* par les auteurs qui leur attribuent une origine végétale. Le tripoli, depuis longtemps bien connu dans les arts sous le nom de Terre d'infusoires ou Poudre de Montagne, est employé, sous forme de poudre, pour le polissage des pierres et des métaux. On le tire, entre autres localités, de la vase d'un lac situé à Dolgelly, dans les Galles du Nord, et de Bilin, en Bohême, où une seule couche, qui s'étend sur une large surface, a plus de 4 mètres d'épaisseur. Lorsqu'on examine cette pierre sous un microscope très-grossissant, on voit qu'elle consiste en petites pièces siliceuses de *Diatomées* ci-dessus mentionnées; ces pièces ne sont unies par aucun ciment visible. Il est difficile de se faire une idée de leur extrême petitesse; mais Ehrenberg estime que dans le tripoli de Belin il y a 41,000 millions d'individus de *Gaillonella distans* (fig. 16) par pouce cube anglais de tripoli (16 cent.

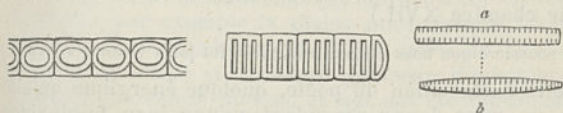


Fig. 15. — *Gaillonella ferruginea*. Ehb. Fig. 16. — *Gaillonella distans*. Ehb. Fig. 17. — *Bacillaria paradoxa*. a vue de face, b vue de côté.

cubes, 386), ce qui représente, environ, le poids de 220 grains (14 gr. 24); c'est-à-dire qu'il y a à peu près 187 millions d'individus par chaque grain. A chaque frottement, par conséquent, opéré avec cette poussière, nous réduisons en atomes plusieurs millions, dix millions peut-être, de ces fossiles complets.

M. Ehrenberg a aussi démontré que la substance bien connue sous le nom de *minerai de fer des marais*, et que l'on rencontre souvent dans les tourbières, se compose d'innombrables fils articulés, d'une couleur jaune d'ocre, formés en partie de silice et en partie de peroxyde

de fer. Ces fils sont les fourreaux d'un très-petit corps microscopique appelé *Gaillonella ferruginea* (fig. 15), associé avec des frustules siliceuses d'autres algues d'eau douce. On rencontre des couches de ce minerai de fer dans les tourbières d'Écosse; on les désigne quelquefois sous le nom de *pan*, et elles ont parfois une certaine valeur.

Il est évident qu'un temps considérable a dû s'écouler pour l'accumulation de ces couches, à la formation desquelles ont contribué les débris de générations sans nombre de Diatomées; et cette découverte nous conduit naturellement à supposer que d'autres dépôts, que l'on était encore habitué à considérer comme matériaux non organiques, proviennent de la dépouille des corps organiques microscopiques. On avait souvent soupçonné que la craie blanche était dans ce dernier cas; le fait se trouve aujourd'hui confirmé.

On a, de plus, découvert dernièrement que les chambres qui divisent ces foraminifères sont aujourd'hui souvent remplies de milliers d'autres corps organiques parfaitement conservés, du genre de ceux qui abondent dans chaque petit grain de craie, et qui sont surtout apparents dans la couche blanche du silex, où on les voit accompagnés d'innombrables spicules aciculaires d'éponges. (Voir chapitre XVII.)

« La poussière que nous foulons aux pieds fut jadis vivante ! » (BYRON.)

Cette exclamation du poète, quelque énergique qu'elle soit, ne nous donne cependant qu'une bien faible idée des véritables merveilles de la nature! Car, à chaque pas, nous acquérons la preuve que la poussière calcaire ou siliceuse, dont les collines sont composées, non-seulement a jadis été vivante, mais encore que chaque particule, quelque invisible qu'elle soit à l'œil nu, conserve encore la structure organique qui, à des époques infiniment éloignées, lui fut imprimée par la puissance de la vie.

Fossiles d'eau douce et marins. — Les couches présentent toutes la même forme, qu'elles aient été déposées dans l'eau salée ou qu'elles aient été formées dans l'eau douce; mais les fossiles qu'elles renferment sont très-différents, car les animaux aquatiques qui fréquentent les lacs et les rivières sont distincts de ceux

qui habitent la mer. Dans la partie septentrionale de l'île de Wight, on voit, sur plus de 15 mètres d'élévation, des formations de marne et de calcaire dans lesquelles toutes les coquilles sont d'espèces éteintes. Cependant il est facile de reconnaître leur origine d'eau douce, car elles appartiennent aux genres qui abondent aujourd'hui dans les étangs et dans les lacs de nos contrées ou des latitudes plus chaudes.

Dans plusieurs localités de France, par exemple en Auvergne, on observe des couches de calcaire, de marne et de grès, épaisses de quelques centaines de mètres, qui contiennent exclusivement des coquilles d'eau douce et des coquilles terrestres, en même temps que des débris de quadrupèdes terrestres. Le nombre de coquilles terrestres, que l'on voit répandues çà et là à travers ces dépôts d'eau douce, est vraiment prodigieux, et l'on cite des districts en Allemagne où les roches contiennent rarement d'autres fossiles que des coquilles d'escargot (*hélices*) : tel est le calcaire de la rive gauche du Rhin, entre Mayence et Worms, à Oppenheim, Findheim, Budenheim et autres endroits. Pour se rendre compte de ce phénomène, le géologue n'a qu'à examiner, à basses eaux, les petits deltas des torrents qui entrent dans les lacs de la Suisse, par exemple la plaine nouvellement formée à l'endroit où la Kander se jette dans le lac de Thoune. Il y verra du sable et du limon parsemés d'innombrables coquilles terrestres mortes, et qui ont été apportées des vallées des Alpes, le printemps précédent, lors de la fonte des neiges. De même, s'il examine les sables des bords du Rhin, dans la partie inférieure du cours de ce fleuve, il comptera un nombre infini de coquilles terrestres mêlées à d'autres espèces des lacs, des étangs, des marais. Ces coquilles auront été apportées par les eaux, les unes des plaines alluviales du grand fleuve et de ses tributaires, quelques-unes des régions montagneuses, d'autres des contrées basses.

Bien que les formations d'eau douce présentent souvent une grande épaisseur, elles sont cependant très-limitées en surface, comparativement aux dépôts marins, de même que les lacs et les estuaires n'offrent que de bien petites dimensions en comparaison des mers.

On peut reconnaître une formation d'eau douce à l'absence de divers fossiles que l'on rencontre presque invariablement dans les couches marines. Par exemple, on n'observe pas d'oursins, ni de coraux, on ne trouve pas non plus de coquilles cloisonnées, telles que le nautilus, ni des Foraminifères microscopiques dans les dépôts lacustres ou fluviatiles. Mais c'est principalement par la forme des mollusques que l'on parvient à distinguer ce genre de formation de celles qui sont accumulées au fond de la mer. Dans un dépôt d'eau douce, le nombre de coquilles est souvent aussi grand, s'il ne l'est plus, que dans une couche marine; mais ces coquilles varient peu quant à l'espèce et quant au genre. On pouvait s'y attendre d'après ce fait, que les genres et les espèces d'eau douce et terrestres récentes sont en petit nombre comparativement aux espèces marines. Ainsi, les genres des vrais mollusques, suivant le système de Woodward, en excluant les espèces éteintes et celles qui n'ont pas de coquilles, s'élèveraient à environ quatre cent quarante-six, sur lesquels les genres terrestres et les genres d'eau douce ne formeraient guère plus d'un cinquième (1).

Presque toutes les coquilles bivalves, telles que celles des mollusques acéphales, sont marines; environ seize genres seulement, sur cent quarante, sont d'eau douce. Parmi ces derniers, les quatre plus communs, soit à l'état vivant, soit à l'état fossile, sont les *Cyclas* (*Sphaerium*), *Cyrena*, *Unio* et *Anodonta* (voy. figs.). Les deux premiers et les deux derniers genres présentent des affinités telles qu'ils passent presque insensiblement l'un à l'autre.

Lamarck a divisé les mollusques bivalves en *Dimyaires* qui ont deux larges empreintes musculaires sur chaque valve, comme *a*, *b*, dans le *Cyclas* (fig. 18), et *Unio* (fig. 22); et *Monomyaires*, tels que l'Huître et le Pétoncle, dans lesquels il n'existe qu'une seule de ces empreintes (fig. 23). Or, comme aucune de ces dernières coquilles, ou bivalves unimusculaires, n'est d'eau douce (2),

(1) Voyez le *Manuel des Mollusques*, de Woodward, 1856.

(2) Les *Mulleria* d'eau douce qui, jeunes, ont deux empreintes musculaires, n'en ont qu'une à l'état adulte, et forment ainsi une exception à la règle.

on pourra conclure qu'un dépôt dans lequel on en découvrira des traces sera marin.

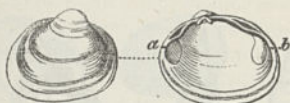


Fig. 18. — *Cyclas (Sphaerium) corneus*, Sow., vivant et fossile.

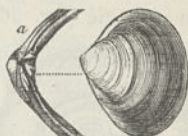
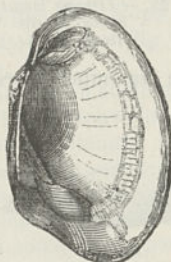


Fig. 19. — *Cyrena (Corbicella) fluminalis*, Moll., fossile. Grays, Essex, et vivant dans le Nil.

Les coquilles univalves les plus caractéristiques des dépôts d'eau douce sont : *Planorbis*, *Limnæa* et *Palu-*



Fig. 20. — *Anodonta cordicera*, d'Orb., fossile. Paris.



21. — *Anodonta latimarginata*, récent. Bahia.



22. — *Unio littoralis*, Lam., récent. Auvergne.

dina (voy. les figs). On y ajoute parfois les *Physa*, *Succinea*, *Ancylus*, *Valvata*, *Melanopsis*, *Melania*, *Potamides* et *Neritina* (voy. les figs.). Les quatre derniers se trouvent ordinairement dans les estuaires.

Quelques naturalistes comprennent la *Neritina* (fig. 35) et la *Nerita* marine (fig. 36) dans le même genre, par la raison qu'il est rarement possible de distinguer ces deux coquilles l'une de l'autre par de bons caractères génériques. Mais, règle générale, les espèces fluviatiles sont plus petites et plus globulaires que les

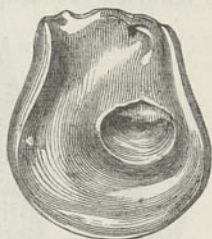


Fig. 23. — *Gryphæa incurva*, Sow. (*G. arcuata*, Lam.), valve supérieure, Lias.

espèces marines, et ne présentent jamais, comme les *Neritæ*, le bord interne de la lèvre extérieure dentelé ou crénelé (fig. 36).

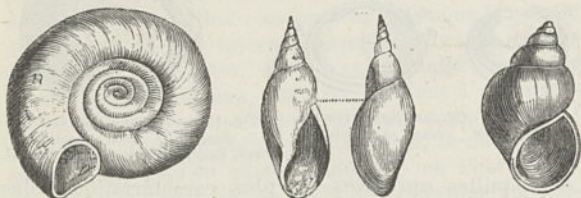


Fig. 24. — *Planorbis euomphalus*, Sow., fossile. Ile de Wight. 25. — *Limnea longiscata*, Brong., fossile. Ile de Wight. 26. — *Paludina viripara*, Brand., fossile et vivante. Ile de Wight.

Le *Potamides* habite les embouchures des rivières dans

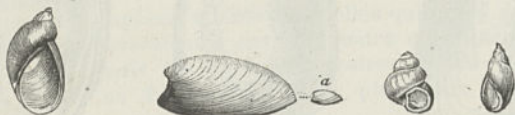


Fig. 27. *Succinea amphibia*, Drap., (S. Putris, L.), fossile, Loess. Rhin. Fig. 28. *Anylus Velletia* (A. elegans) Sow., fossile, Ile de Wight. Fig. 29. *Valvata piscinatis*, Müll. fossile. Grays, Essex. Fig. 30. *Physa hypnorum*, Linn., récente. Ile de Wight.

les latitudes chaudes, et se distingue du *Cerithium* ma-

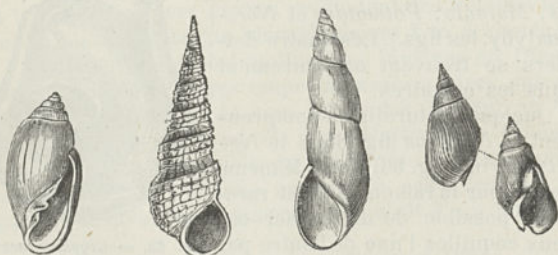


Fig. 31. *Auricula*, récente, Ava. Fig. 32. *Cerithium funatum*, Forbes. Ile de Wight. Fig. 33. *Physa columnaris*, Desh. Bassin de Paris. Fig. 34. *Melanopsis buccinoidea*, Ferr., récente. Asie.

rin par ses opercules orbiculaires et multispirales. Le genre *Auricula* (fig. 31) est amphibie, habitant les marais, spécialement dans le voisinage de la mer.



Fig. 35. — *Neritina globulus*, Deff.
Bassin de Paris.



Fig. 36. — *Nerita granulosa*, Desh
Bassin de Paris.

Les coquilles terrestres sont toutes univalves. Les genres les plus abondants qu'elles fournissent soit à l'état vivant, soit à l'état fossile, sont les *Helix* (fig. 38), *Cyclostoma* (fig. 39), *Pupa* (fig. 40), *Clausilia* (fig. 41), *Bulimus* (fig. 42), *Glandina* et *Achatina*.

L'*Ampullaria* (fig. 43) est un autre genre de coquille qui, dans les régions chaudes, habite les rivières et les étangs. Différentes espèces fossiles, rapportées autrefois à ce genre et que l'on a rencontrées principalement dans les formations marines, sont aujourd'hui considérées par les conchyliologistes comme appartenant à la *Natica*, ou à d'autres genres marins.

Toutes les coquilles univalves, d'espèces terrestres ou d'eau douce, à l'exception de la *Melanopsis* (fig. 34) et de l'*Achatina* qui est légèrement dentée, ont la bouche entière : cette circonstance peut servir de règle pour



Fig. 37. — *Potamides cinctus*, Sow.
Bassin de Paris.



Fig. 38.
Helix Turonensis.
Desh. Faluns, Touraine.



Fig. 39.
Cyclostoma elegans. Müll.
Loess. Drap., Loess. Drap.,



Fig. 40.
Pupa tridens.
Loess. Drap., Loess. Drap.,



Fig. 41.
Clausilia bidens.
Loess. Rhin.



Fig. 42.
Bulimus lubricus. Müll.
Loess. Rhin.

distinguer une couche d'eau douce d'une couche marine ;

car si, dans un dépôt, quelques coquilles se rencontrent dont la bouche ne soit pas entière, on peut présumer que ce dépôt est marin. L'ouverture est dite entière, comme dans les *Ampullaria* et les coquilles terrestres (figs. 38-42), lorsque le contour n'est point interrompu par des dentelures ou crans, tels que les montre en *b* l'*Ancillaria* (fig. 45), ou bien ne se prolonge point en un canal, comme le présente en *a* le *Pleurotoma* (fig. 44).



Fig. 43. — *Ampullaria glauca*,
Jumna.

La bouche, chez un grand nombre de ces univalves marines, offre des entailles ou canaux, et presque toutes les espèces sont carnivores; tandis que la plupart des testacés qui ont la bouche entière se nourrissent de plantes, que leurs espèces soient marines, d'eau douce ou terrestres.



Fig. 44. — *Pleurotoma exorta*,
Brand., Eocène Supérieur et
Moyen. Barton et Bracklesham.

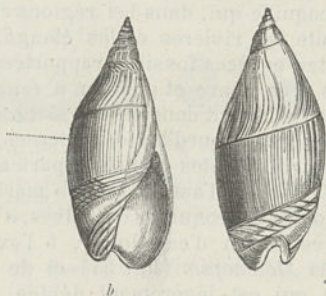


Fig. 45. — *Ancillaria subulata*, Sow.
Argile de Barton. Eocène.

Un genre, toutefois, fournit une exception accidentelle à l'une des règles ci-dessus établies. Le *Potamides* (fig. 37), sous-genre du *Cerithium*, bien que pourvu d'un canal court, comprend quelques espèces qui habitent l'eau salée, d'autres qui vivent dans les eaux saumâtres, quelques autres qui recherchent les eaux douces; toutes, dit-on, se nourrissent de plantes.

Parmi les fossiles qui sont très-communs dans les dépôts d'eau douce, on cite les coquilles *Cypris*, crustacés

bivalves très-petits (1). Plusieurs petites espèces vivantes de ce genre habitent les lacs et les étangs en Angleterre ; mais leurs coquilles ne sont pas, si on les considère isolément, caractéristiques de l'origine d'un dépôt d'eau douce, car la majorité des espèces dans un autre genre du même ordre, les *Cytherina* de Lamarck, habitent l'eau salée ; et bien que l'animal soit un peu différent, sa coquille se distingue difficilement de celle des *Cypris*.

Plantes fossiles d'eau douce. — Les réceptacles de la graine (sporangies) et les tiges du *Chara*, genre de plantes



Fig. 46. — *Chara medicaginula*, fossile. Eocène Supérieur. Ile de Wight.

a. Réceptacle des graines (sporange), grossi 20 fois.

b. Tige grossie.

Fig. 47. — *Chara elastica*, récent. Italie.

a. Réceptacles des graines, sessiles entre les divisions des feuilles de la plante femelle.

b. Coupe transversale d'une branche, grossie, avec cinq tubes à graines, vus de bas en haut.

aquatiques, se trouvent très-fréquemment dans les couches d'eau douce. Avant que leur véritable nature fût connue, ces réceptacles étaient désignés sous le nom de *gyrogonites*, et on les prenait pour des coquilles de foraminifères (voyez fig. 46, a).

Les *Charas* habitent le fond des lacs et des étangs, et se plaisent surtout dans les eaux chargées de carbonate de chaux. Les réceptacles sont couverts d'un tégument coriace, capable de résister à la décomposition ; circonstance à laquelle il faut attribuer leur abondance à l'état fossile. La figure 47 représente la tige de l'une des nom-

(1) Pour les figures des espèces fossiles du Purbeck, voyez plus loin, chap. XIX.

breuses et nouvelles espèces découvertes par le Professeur Amici dans les lacs de l'Italie du Nord. Les réceptacles, dans cette plante, sont plus globulaires que dans les *Charas* d'Angleterre, et, par conséquent, ressemblent beaucoup plus, pour la forme, aux espèces fossiles éteintes, trouvées en Angleterre, en France et dans d'autres contrées. On rencontre les tiges, de même que les réceptacles de ces plantes, dans les marnes coquillières récentes et dans les formations d'eau douce anciennes. Ces tiges se composent généralement d'un large tube entouré de plusieurs autres tubes plus petits, le tout divisé de distance en distance par des cloisons transversales ou joints (voyez *b*, fig. 46).

Il n'est pas rare d'observer, dans les couches qui contiennent des coquilles d'eau douce, des empreintes de feuilles et des branches d'arbres, en même temps que des bandes de matières végétales; on y trouve aussi parfois des dents et des ossements de quadrupèdes terrestres, d'espèces aujourd'hui inconnues. J'ai traité au long, dans les *Principes de Géologie*, de la manière dont ces débris sont accidentellement entraînés par les rivières dans les lacs, surtout pendant les inondations.

Poissons d'eau douce et marins. — Les débris de poissons servent quelquefois à établir l'origine d'eau douce des couches. Certains genres, tels que la carpe, la perche, le brochet, la loche (*Cyprinus*, *Perca*, *Esox*, *Cobitis*), et aussi le *Lebias*, sont particuliers à l'eau douce. D'autres genres fournissent à la fois des espèces d'eau douce et des espèces marines : tels sont les *Cottus*, *Mugil* et *Anguilla*. Les autres genres sont communs aux rivières et à la mer, comme le saumon, ou sont exclusivement caractéristiques des eaux salées. Toutefois, ces dernières observations sur les poissons fossiles sont applicables seulement aux dépôts les plus modernes ou tertiaires; car, dans les roches plus anciennes, les formes s'éloignent tellement de celles que présentent les poissons d'aujourd'hui, qu'il est très-difficile, au moins dans l'état actuel de la science, de tirer des ichthyolithes les moindres renseignements sur l'élément dans lequel les couches ont été déposées.

L'alternance des formations marines et d'eau douce, sur une grande ou sur une petite échelle, est un fait bien cons-

taté en géologie. Lorsqu'elle se présente sur une petite échelle, on peut l'attribuer à l'occupation alternative de certains espaces par une eau de rivière et par la mer; car dans la saison des inondations, la rivière empiète sur l'Océan, en adoucit les eaux sur une très-grande étendue, et dépose son sédiment: après quoi, l'eau salée reprend son domaine, et, revenant sur la place qu'elle occupait primitivement, la recouvre de sable, de limon et de coquilles marines.

A l'embouchure de plusieurs rivières, comme le Nil et le Mississipi, il existe des lagunes qui sont séparées de la mer par des barres de sable, et que remplissent alternativement l'eau salée et l'eau douce. Ces lagunes, pendant des mois, des années, des siècles même, communiquent exclusivement avec la rivière, jusqu'à ce qu'une brèche venant à se produire dans l'un des bancs de sable, elles sont envahies par la mer, et restent, pendant de longues périodes, couvertes d'eau salée.

Lym-Fiord. — Le Lym-Fiord, dans le Jutland, nous offre un excellent exemple d'un changement de ce genre. Pendant le cours des derniers mille ans, l'extrémité sud de cette embouchure, qui a 190 kilomètres environ de longueur, y compris ses embranchements, a été quatre fois alternativement remplie d'eau douce et d'eau salée; chaque fois, un banc de sable s'est produit entre elle et l'Océan, et chaque fois il a été détruit. La dernière irruption d'eau salée eut lieu en 1824; la mer du Nord y pénétra, et toutes les coquilles d'eau douce, les poissons et les plantes périrent; depuis cette époque jusqu'aujourd'hui, le *Fucus vesiculosus*, les huîtres et autres mollusques marins ont succédé aux *Cyclas*, *Limnea*, *Paludina* et *Chara* (1).

Toutefois ces changements dans le Lym-Fiord et ceux que nous avons mentionnés ci-dessus comme s'opérant dans les embouchures des grandes rivières, ne sauraient rendre compte que de quelques cas particuliers de dépôts marins d'une étendue limitée, reposant sur des couches d'eau douce. Quand nous trouvons, dans le sud-est de l'Angleterre (Chap. XVIII), une série considérable de

(1) Voyez, à l'Index des *Principes*, LYM-FIORD.

couches d'eau douce de 300 mètres d'épaisseur, reposant sur des formations marines et recouvertes par d'autres roches, telles que les roches crétacées, qui ont plus de 300 mètres d'épaisseur elles-mêmes et ont pris leur origine dans une mer profonde, nous éprouvons la nécessité de chercher à ces phénomènes d'autres explications.

CHAPITRE IV

CONSOLIDATION DES COUCHES ET PÉTRIFICATION DES FOSSILES.

Dépôts chimiques et dépôts mécaniques. — Cimentation des particules. — Endurcissement par l'effet de l'exposition à l'air. — Nodules concrétionnés. — Effets de consolidation par la pression. — Minéralisation des débris organiques. — Moules et empreintes; comment ils se forment. — Bois fossile. — Expériences de Göppert. — Précipitation de la matière pierreuse, plus rapide par la putréfaction. — Sources de chaux et de silice en dissolution.

J'ai parlé, dans les chapitres précédents, des caractères des formations sédimentaires, quant à la distribution des fossiles et au dépôt des matières inorganiques; il me reste à traiter de la consolidation des roches stratifiées et de la pétrification des débris organiques qu'on y rencontre.

Dépôts chimiques et mécaniques. — Les géologues ont établi une distinction entre les dépôts chimiques et les dépôts d'origine mécanique. Par ces derniers, ils ont voulu désigner les lits de vase, de sable ou de cailloux, produits par l'action de l'eau courante, ainsi que les accumulations de pierres et de scories lancées des volcans, et tombées, de leur propre poids, sur la place qu'elles occupent aujourd'hui. Quant à la matière qui forme un dépôt chimique, elle n'a pas été mécaniquement suspendue dans l'eau; elle y est restée à l'état de dissolution jusqu'au moment où elle s'est séparée du dissolvant par une action chimique. C'est ainsi que le carbonate de chaux s'est précipité sur le fond des lacs et des mers, sous une forme solide, comme on le voit encore aujourd'hui dans plusieurs parties de l'Italie, sur les points où abondent des sources minérales, et où se dépose le calcaire que l'on nomme travertin. Dans ces sources, la chaux est ordinairement tenue en dissolution par un excès d'acide carbonique, ou par la

chaleur, si c'est une source chaude, jusqu'au moment où l'eau, sortant de la terre, se refroidit ou perd une partie de son acide. La matière calcaire se dépose alors sous forme solide, encroûte des coquillages, des fragments de bois, des feuilles, et les lie ensemble.

• Il est très-certain qu'il se forme de ce travertin aux points du lit de la mer où sourdent des sources calcaires; mais Bischoff affirme qu'en règle générale, la quantité de chaux qui se trouve dans les eaux de l'Océan est très-faible, parce que ces eaux contiennent une fois de plus de gaz acide carbonique libre qu'il n'en faut pour maintenir la chaux à l'état fluide. Il est donc rare que le carbonate de chaux soit précipité au fond de la mer par suite de l'action chimique seule, mais il doit être produit par l'action vitale, comme c'est le cas dans les récifs de coraux.

Dans ces bancs de coraux, de grandes masses de calcaire se forment par l'accumulation des squelettes pierreux des zoophytes, et ces derniers, de même que les coquilles, sont réunis par le carbonate de chaux probablement fourni à l'eau de mer par la décomposition des coraux morts. La plupart des coquilles, celles même d'animaux qui vivent encore aujourd'hui sur ces bancs, sont communément recouvertes d'une croûte dure de matière calcaire.

Si du sable et des cailloux sont entraînés à la mer par une rivière, et s'ils sont immédiatement liés ensemble par le carbonate de chaux, on peut assigner au dépôt une origine mixte, en partie chimique et en partie mécanique.

Les remarques que nous avons faites, dans le chapitre II, sur l'horizontalité originelle des couches, peuvent strictement s'appliquer aux dépôts mécaniques, et en partie seulement à ceux d'une nature mixte. Les dépôts qui sont purement chimiques peuvent se former sur une pente très-escarpée, incruster même les parois verticales d'une fissure, et présenter partout la même épaisseur; mais ils ont tous une très-petite étendue, et sont, pour la plupart, limités à des veines.

Consolidation des couches.—C'est surtout dans les roches calcaires que la solidification a lieu au moment du

dépôt; dans beaucoup d'autres, la cimentation ne s'opère que longtemps après leur formation. Quelquefois, là où des eaux de sources ferrugineuses ou calcaires ont traversé un lit de sable ou de gravier, on reconnaît que le fer ou le carbonate de chaux a pénétré dans les interstices qui se trouvaient entre les grains ou les cailloux, et que le tout, lié ensemble, ne forme plus qu'une masse solide; tandis que, sur d'autres points, la même sorte de lit est restée meuble et incohérente.

On remarque une cimentation de ce genre dans une certaine roche à Kelloway, dans le Wilsthire. Un banc particulier de sable appartenant au groupe que les géologues nomment *Oolithe*, après avoir présenté, sur une longue étendue, des grains incohérents et une masse friable, devient pierreux près de Kelloway. Dans ce district, on peut recueillir de nombreuses coquilles fossiles décomposées qui n'ont, pour la plupart, laissé que leurs empreintes. La matière calcaire qui en est résultée a évidemment servi, dans une époque ancienne, à cimenter des grains de sable siliceux et à produire un grès solide. Si l'on plonge dans une dissolution d'acide muriatique ou de tout autre acide, des fragments des divers grès argileux qui ont conservé les moules des coquilles, le ciment de chaux provenant des coquilles se dissout, et les grès se changent immédiatement en sable commun et en vase.

Les traces d'empreintes et de moules sont souvent très-faibles. Dans quelques sables meubles de date récente, certaines coquilles sont arrivées à un tel degré de décomposition, qu'elles tombent en poussière dès qu'on les touche. Il est clair que l'eau, en filtrant à travers ces couches, a dépouillé les coquilles de la matière calcaire qui les enveloppait, et qu'à défaut de circonstances particulières qui aient permis au carbonate de chaux de se déposer de nouveau, les grains de sable n'ayant pu se cimenter, il n'est plus resté aucunes traces reconnaissables des corps organiques enfouis.

Nous verrons tout à l'heure, en traitant de la pétrification des corps fossiles, comment il se fait que la silice et le carbonate de chaux soient répandus d'une manière si générale, quoique en petite quantité, dans les eaux qui

imbibent la croûte de la terre; pour le moment, je ferai seulement remarquer que des eaux de cette nature se trouvent dans le même cas que les eaux thermales : elles passent des parties plus chaudes aux parties plus froides de l'intérieur de la terre, et toutes les fois que la température du dissolvant s'abaisse, la matière minérale tend à s'en séparer et à se déposer sous forme solide. C'est ainsi qu'un ciment pierreux vient souvent s'ajouter à du sable, à des cailloux, ou à tout autre mélange de fragments. Dans certains conglomérats, tels que le poudingue d'Hertfordshire (dépôt Eocène Inférieur), des galets de silex et des grains de sable sont si fortement unis par un ciment siliceux, que, si l'on vient à briser le bloc, la séparation a lieu aussi bien par le milieu des galets que dans l'épaisseur du ciment.

Il est probable qu'un grand nombre de couches ne se sont consolidées qu'au moment où elles sont sorties des eaux dans lesquelles elles avaient été déposées, et lorsqu'elles ont commencé à devenir terre ferme. Un fait bien connu paraît confirmer cette idée : les pierres que l'on emploie dans la construction des bâtiments ou des voies publiques sont presque toujours beaucoup plus molles, plus tendres au moment où elles sont enlevées de la carrière qu'après avoir été exposées à l'air; cependant, une fois qu'elles sont sèches, on peut les replacer dans l'eau pendant aussi longtemps que l'on veut, sans qu'elles reprennent leur état primitif. C'est pour cette raison qu'on taille les pierres destinées aux travaux d'architecture, de préférence pendant qu'elles sont encore tendres et humides et qu'elles contiennent leur *eau de carrière*, comme on dit communément; de même aussi, on casse la pierre destinée aux routes pendant qu'elle est molle, et on la laisse ensuite sécher à l'air, pendant des mois, pour la durcir, avant de l'étendre sur la voie. On peut se rendre compte de ce durcissement en supposant que l'eau qui pénètre les plus petits pores des roches dépose, par l'évaporation, du carbonate de chaux, du fer, de la silice et d'autres minéraux qui y étaient précédemment tenus en dissolution; ces matières remplissent partiellement les interstices poreux, perdent, en cristallisant, toute liberté de mouvement, et reliait

entre elles les portions de la roche qui n'étaient auparavant que juxtaposées. C'est d'après le même principe que le sable humide et la vase deviennent aussi durs que la pierre, quand ils sont gelés, parce que l'un des ingrédients de la masse, c'est-à-dire l'eau, cristallise de manière à unir fortement toutes les particules séparées dont le sable et la vase meubles étaient composés.

Le docteur MacCulloch cite un grès de l'île de Skye, que l'on peut mouler comme de la pâte, au moment de son extraction; des minéraux qui, dans nos cabinets, sont rigides et aussi résistants que du verre, ont été souvent flexibles et mous dans leurs lits primitifs : tels sont l'asbeste, le sahlite, la trémolite, la calcédoine, et, comme on le prétend, le beryl (1).

La marne qui se dépose aujourd'hui au fond du lac Supérieur, dans l'Amérique du Nord, est molle et souvent remplie de coquilles d'eau douce; mais, si l'on en fait sécher un morceau, il devient si dur, que l'on a de la peine à le casser d'un coup de marteau. Si l'on pouvait dessécher le lac, on trouverait que le dépôt qui en forme le fond consiste en couches de marne dure semblables à celles que l'on a observées dans bien des formations européennes, et qu'il contient, comme elles, des coquilles d'eau douce.

Structure concrétionnée. — Il est probable que quelques-unes des matières hétérogènes que les rivières transportent à la mer se consolident immédiatement sous l'eau, comme le mélange artificiel nommé pouzzolane, lequel consiste en sable fin volcanique chargé d'environ 20 pour 100 d'oxyde de fer avec une petite quantité de chaux. Cette substance devient très-dure et forme une pierre très-résistante dans l'eau; les Romains s'en servaient pour la fondation des constructions marines. Dans ce cas, la consolidation a lieu par l'action de l'affinité chimique sur une matière à l'état de particules infiniment ténues, précédemment suspendue dans l'eau. Une fois le dépôt terminé, ces particules paraissent exercer sur elles-mêmes une attraction mutuelle; elles se rassemblent en certains points et forment

(1) Docteur MacCulloch, *Syst. of Geol.*, vol. I, p. 123.

des blocs, des nodules et des concrétions. Ainsi, dans différents dépôts argileux, on rencontre des boules calcaires ou concrétions sphériques, rangées par bandes parallèles à la stratification générale; cette disposition s'est produite après que le schiste ou la marne ont été précipités en feuillets successifs, car on distingue souvent, dans les concrétions, certains de ces feuillets parfaitement marqués et parallèles à ceux de la roche non consolidée environnante (fig. 48). Quelques-uns de ces

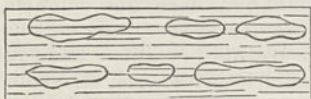


Fig. 48. — Nodules de calcaire dans le Lias.

nodules de calcaire contiennent souvent, à leur centre, une coquille ou un corps étranger.

Parmi les plus remarquables exemples de structure concrétionnée on peut

citer ceux que décrit le Professeur Sedgwick, et que l'on observe abondamment dans le calcaire magnésien du nord de l'Angleterre. Les boules sphériques y sont de différentes grosseurs, depuis celle d'un pois jusqu'à celle de quelques décimètres; elles ont toutes une structure concentrique et rayonnée, et des bandes du dépôt originel les traversent sans interruption. Dans certains

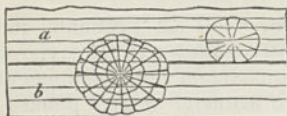


Fig. 49. — Concrétions sphéroïdales, dans le calcaire magnésien.

escarpements, ce calcaire ressemble à une longue rangée irrégulière de boulets de canon. Quelques-unes de ces masses globulaires ont leur centre dans une couche, tandis qu'une partie de leur circonférence traverse

la couche supérieure ou la couche inférieure. Ainsi (fig. 49) le plus grand sphéroïde passe de la couche *b* dans la couche *a* qui est au-dessus. Dans ce cas, on doit supposer que le dépôt d'une série de petits lits a primitivement formé la couche *b* et ensuite la couche susjacente *a*; un mouvement des particules a eu lieu alors, et les carbonates de chaux et de magnésie se sont séparés de la matière mélangée la plus impure, qui a continué de former la portion non consolidée de la couche. La cristallisation, commençant au centre, a dû continuer en formant

autour du noyau originel des couches concentriques qui n'ont aucun rapport avec la structure feuilletée de la roche.

Quand les particules des roches ont été ainsi modifiées par des forces chimiques, il est quelquefois difficile, je dirai même impossible de s'assurer si certaines lignes de division sont dues au dépôt originel ou à l'agrégation subséquente des particules semblables (fig. 50).

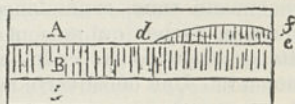


Fig. 50.

Supposons que trois couches de grès A, B, C, soient inégalement chargées de matière calcaire et que B soit la plus calcaire : si la consolidation a lieu dans B, l'action de concrétion doit empiéter supérieurement sur une portion de A, où le carbonate de chaux est plus abondant que dans le reste de l'ensemble, de manière qu'une portion *d, e, f*, faisant partie de la couche supérieure, s'unira avec B en masse pierreuse solide. La ligne originelle de division *d, e*, se trouvant ainsi effacée, la ligne *d, f* sera généralement considérée comme la surface du lit B, quoiqu'elle ne soit point un véritable plan de stratification.

Pression et chaleur. — Lorsque du sable et de la vase se déposent au fond d'une mer profonde, les particules ne supportent pas tout le poids énorme de l'Océan qui est au-dessus ; car l'eau qui se trouve mêlée au sable et à la boue résiste à la pression avec une force égale à celle de la colonne fluide qui repose sur elle. Il en est de même des débris organiques, lorsque, remplis d'eau, ils se déposent sous une grande pression ; s'il en était autrement, ils seraient immédiatement broyés ou aplatis. Néanmoins si les matériaux d'une couche restent dans un état de mollesse, et s'ils ne se solidifient pas, ils seront graduellement écrasés par le poids des autres matériaux qui s'amoncelleront successivement sur eux, de même que de l'argile molle ou du sable meuble sur lequel une maison serait construite ne tarderait pas à s'affaisser et à céder. Par suite de cette compression, les particules d'argile, de sable et de marne peuvent être resserrées en un espace moindre et finir par se joindre en masse compacte.

Des effets analogues de condensation peuvent avoir lieu

quand les parties solides de la croûte terrestre sont comprimées dans des directions diverses par ces mouvements mécaniques que nous décrirons plus loin, et par lesquels des couches ont été inclinées, brisées ou élevées au-dessus du niveau de la mer. Les roches, composées de matériaux sans consistance, peuvent aussi, au contact d'autres roches qui se sont consolidées avant elles, avoir été pressées contre celles-ci et avoir acquis une structure nouvelle. Une découverte récente nous aidera sans doute à comprendre comment un sédiment fin, provenant du détritit des roches, peut se solidifier par la seule pression. Le graphite, ou *mine de plomb* du commerce (en anglais *black lead* (plomb noir), commençant à devenir très-rare, M. Brockedon a imaginé de recueillir la poussière des portions les plus pures du minéral du Borrowdale et d'en reconstituer une masse aussi solide et aussi compacte que le graphite naturel. Voici son procédé. La poussière de graphite est d'abord préparée avec soin, purgée d'air, placée sous une presse puissante, soigneusement calfeutrée, et sur un coin d'acier très-fort; on donne plusieurs coups de presse, chacun de la puissance de 1,000 tonnes, et, après cette opération, la masse est si parfaitement solidifiée, qu'on peut la tailler pour faire des crayons, et qu'elle montre dans la cassure la même texture que le graphite natif.

L'action de la chaleur, à diverses profondeurs de la terre, est probablement la plus puissante de toutes les causes qui coopèrent à l'endurcissement des couches sédimentaires. Je reviendrai sur ce sujet quand je parlerai des roches métamorphiques et de la structure schisteuse et feuilletée.

Minéralisation des débris organiques. — Les changements que les corps organiques fossiles ont éprouvés depuis qu'ils ont été enfouis dans les roches jettent un grand jour sur le mode de consolidation des couches. Dans quelques dépôts modernes, les coquilles fossiles n'ont subi presque aucune altération depuis des siècles, si ce n'est la perte partielle de leur matière animale; mais, dans d'autres cas, la coquille a disparu, laissant soit une empreinte de sa forme extérieure, soit un moule de sa forme intérieure, soit enfin son propre moule. On com-

prendra facilement ces différentes formes de fossilisation, si l'on examine la vase au moment où l'on vient de la retirer d'un étang ou d'un canal où il y a des coquilles. Si la vase est argileuse, elle acquiert de la consistance en séchant; et lorsqu'on vient à en briser un morceau, on trouve que chaque coquille a laissé des empreintes de sa forme extérieure. Si l'on enlève la coquille elle-même, on trouve à l'intérieur un noyau solide d'argile, ayant la forme de l'intérieur de la coquille. Cette forme est souvent très-différente de la forme extérieure. Voyez le moule *a* (fig. 51) qui se rapporte à la coquille qu'on appelle communément *vis fossile*. Un conchyliologiste inexpérimenté

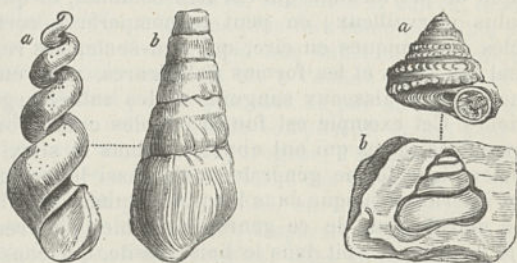


Fig. 51. — *Phasianella Heddingtonensis*, Fig. 52. — *Pleurotomaria Anglica*, et son moule. Coral rag. et son moule. Lias.

pourrait-il jamais supposer que c'est la forme intérieure de l'univalve fossile *b* (fig. 52)? Admettrait-il de, même, à la première vue, que la coquille *a* et le moule *b* (fig. 52) font partie d'un seul et même fossile? Le lecteur observera, dans la fig. *b*, 52, qu'un espace vide, ombré fortement, autrefois occupé par la *coquille elle-même*, subsiste aujourd'hui entre la pierre enveloppante et le moule ou empreinte qui reproduit l'intérieur lisse des tours de spire. La coquille a été dissoute et les particules qui la composaient ont été enlevées par l'eau qui a filtré au travers de la roche. Si le noyau avait disparu, on eût vu à sa place une sorte de moule creux reproduisant en relief la forme extérieure de la coquille, avec ses tubercules et ses stries (*a* fig. 52). Si, d'un autre côté, l'espace qui existe entre le noyau et l'empreinte, au lieu

d'être vide, eût été rempli par du spath calcaire, de la silice, de la pyrite ou tout autre minéral, le moule nous aurait donné une empreinte exacte de la forme extérieure, aussi bien que de la forme intérieure de la coquille originelle. C'est ainsi que se sont produits les moules ou empreintes silicifiées ; et si le sable ou la boue du noyau sont de nature incohérente ou solubles dans l'acide, on peut alors se procurer en silice une coquille vide qui, par sa forme, est la contre-partie exacte de la coquille primitive. Ce genre de moule rappelle ces statues de bronze qui représentent une forme superficielle sans donner aucune idée de l'organisation intérieure. Mais voici un autre exemple de pétrification qui est très-commun, et qui est des plus merveilleux ; on peut le comparer à certains modèles anatomiques en cire, qui non-seulement reproduisent les traits et les formes extérieures, mais encore les nerfs, les vaisseaux sanguins et les autres organes intérieurs. Cet exemple est fourni par des coraux originellement calcaires qui ont conservé, dans le silex, non seulement leur forme générale, mais aussi leur organisation intérieure jusque dans les plus minimes détails.

Une pétrification de ce genre, mais bien plus remarquable encore, se voit dans le bois fossile, qui conserve souvent, non-seulement les anneaux qui marquent sa croissance annuelle, mais même ses vaisseaux les plus petits et ses rayons médullaires ; on y distingue encore les cellules, les fibres, et jusqu'à ces vaisseaux spiraux que l'on ne peut découvrir qu'à l'aide du microscope dans les végétaux vivants. Parmi beaucoup d'exemples, je puis citer un arbre fossile de 22 mètres environ de longueur que l'on a trouvé à Gosforth, près de Newcastle, dans une couche de grès associé à du charbon. Une tranche prise en travers, et assez mince pour permettre le passage à la lumière, m'a fait voir, sous un microscope grossissant cinquante-cinq fois, la texture que je représente (fig. 53). On a observé une texture aussi détaillée dans le bois de gros troncs d'arbres fossiles trouvés dans la carrière de Craigleth, près d'Édimbourg ; la pierre n'était aucunement siliceuse ; elle contenait principalement du carbonate de chaux, de l'oxyde de fer, de l'alumine et du carbone. Les rangées parallèles de vaisseaux qu'on observe dans

la figure 53 représentent les anneaux d'accroissement annuel; sur un point seulement, ces vaisseaux ne sont conservés qu'imparfaitement, le bois ayant probablement été détérioré avant que la matière minéralisante eût pénétré jusqu'à cette partie de l'arbre.

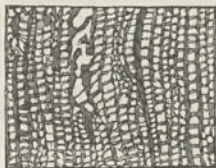


Fig. 53. — Coupe transversale d'un arbre du terrain houiller, grossie, montrant la texture du bois (1).

Pour essayer d'expliquer le procédé de pétrification dans ces différents cas, il faut d'abord admettre que les couches sont généralement imbibées d'eau chargée de petites parties calcaires, siliceuses et autres, tenues en dissolution. Nous verrons plus loin comment a lieu l'imbibition des couches. Quand une substance organique se trouve exposée en plein air à l'action du soleil et de la pluie, elle finit par se putréfier ou par se dissoudre dans les éléments mêmes qui la composent, et qui sont principalement l'oxygène, l'hydrogène, l'azote et le carbone. L'atmosphère a bientôt absorbé ces éléments, ou bien ils sont entraînés par les pluies, en sorte que tout vestige d'animal mort ou de plante disparaît. Mais, si ces mêmes substances sont submergées, elles se décomposent plus lentement, et, lorsqu'elles sont enfouies dans la terre, elles disparaissent plus insensiblement encore, comme on peut s'en convaincre par les exemples que nous fournissent les bois que nous y trouvons. Donc, si, à mesure que chaque particule organique se dégage par la putréfaction pour passer à l'état fluide ou gazeux, une particule égale de carbonate de chaux, de silice, ou d'autre minéral, se trouve toute prête à se déposer, on peut présumer que cette matière inorganique ira prendre précisément la place abandonnée par la molécule organique. De cette manière, non-seulement on obtiendra d'abord le moule intérieur de certains vaisseaux, mais les parois les plus solides de ces mêmes vaisseaux pourront ensuite se décomposer et éprouver une transformation semblable. Cependant, lorsque le tout est pétrifié, rien ne l'oblige à former une masse homogène, pierreuse ou métallique. Quelques-uns des

(1) Witham, *Végétaux Fossiles* (1831), Pl. IV, fig. 1.

éléments organiques originels, ligneux, osseux ou autres, peuvent y rester mélangés dans certains endroits, en même temps que la substance pétrifiante peut se colorer différemment à diverses époques, ou bien cristalliser de manière à réfléchir autrement la lumière; et c'est ainsi que la texture du corps primitif peut être fidèlement représentée.

L'élève demandera peut-être si, d'après les principes de la chimie, nous avons lieu d'attendre que la matière minérale se précipite précisément dans les endroits mêmes où la décomposition organique est en voie de progrès? Les expériences curieuses que je vais mentionner serviront à éclaircir ce point. Le professeur Göppert, de Breslau, voulant imiter les procédés naturels de la pétrification, a plongé diverses substances animales et végétales dans des eaux dont quelques-unes contenaient, en dissolution, de la matière calcaire, siliceuse ou métallique. Au bout de quelques semaines et même de quelques jours, il s'est aperçu que les corps organiques ainsi immergés étaient minéralisés en partie. Ainsi, il a placé, dans une solution moyennement concentrée de sulfate de fer, de minces lanières longitudinales de sapin d'Écosse (*Pinus sylvestris*). Après les avoir laissées tremper dans le liquide pendant quelques jours, il les a fait sécher, puis il les a exposées à la chaleur rouge jusqu'à ce que la matière végétale fût consumée et que rien ne restât que l'oxyde de fer; cet oxyde avait pris si parfaitement la forme du bois, que, sous le microscope, on y apercevait distinctement jusqu'aux vaisseaux qui sont particuliers à cette famille de plantes.

Feu le docteur Turner a observé que, lorsque la matière minérale est à l'état naissant, c'est-à-dire au moment même où elle se dégage de l'état de combinaison chimique, elle est plus prompte à s'unir à une autre matière et à former un nouveau composé chimique. Probablement les atomes, au moment où ils sont mis en liberté, sont d'un volume infiniment petit, se meuvent plus aisément, et sont, en un mot, plus disposés à céder aux moindres impulsions de l'affinité chimique. Quelle qu'en soit la cause, il faut admettre, comme nous l'avons fait précédemment, que là où la matière organique, nouvellement déposée dans un

sédiment, se décompose, les changements chimiques ont lieu avec une activité plus grande.

On a dernièrement analysé l'eau qui découle de cette riche vase que dépose la rivière Hooghly, dans le Delta du Gange, après l'inondation annuelle, et l'on a trouvé qu'elle est fortement chargée de gaz acide carbonique contenant de la chaux en dissolution (1). Or, si l'on admet que cette vase nouvellement déposée puisse être pénétrée par une matière minérale à l'état de dissolution, il ne sera pas difficile de comprendre que les corps organiques enfouis naturellement dans le sédiment où ils se décomposent, pourront se pétrifier aussi rapidement que les substances artificiellement immergées par le professeur Göppert dans ses différents mélanges liquides.

Il est reconnu que l'eau de toutes les sources est plus ou moins chargée d'ingrédients terreux, alcalins ou métalliques, provenant des roches et des veines minérales au travers desquelles elle filtre. Les sources d'eau chaude sont surtout chargées de silice, et elles contiennent presque toujours du carbonate de chaux, en plus ou moins grande quantité. On voit donc que les matières nécessaires pour la pétrification des corps organiques se trouvent ordinairement toutes prêtes, à l'état de solution chimique, partout où ces débris organiques viennent à être enfouis dans des couches récentes.

(1) Piddington, *Asiat. Research.*, vol. XVIII, p. 226.

CHAPITRE V

ÉLEVATION DES COUCHES AU-DESSUS DE LA MER. — STRATIFICATION HORIZONTALE ET INCLINÉE.

Pourquoi la position des couches marines au-dessus du niveau de la mer doit-elle être attribuée plutôt à l'exhaussement de la terre qu'à l'abaissement de la mer? — Alternance de couches formées dans une mer profonde et de couches formées dans des bas-fonds. — Couches marines réunies à des lits d'eau douce et à d'anciennes surfaces continentales. — Strates verticales, inclinées et plissées. — Couches anticlinales et synclinales. — Théorie des mouvements latéraux. — *Creeps* dans les houillères. — Plongement et direction. — Structure du Jura. — Formes diverses d'affleurements. — Couches synclinales formant des crêtes. — Connexion de la fracture et de la flexion des roches. — Couches interverties. — Description des failles. — Signes superficiels de failles oblitérées par la dénudation. — Les grandes failles résultent de mouvements répétés. — Arrangement et direction des plis parallèles des couches. — Discordances. — Couches surplombantes.

La terre s'est élevée, la mer n'a pas baissé. —

Nous avons établi que les roches aqueuses qui contiennent des fossiles marins occupent une vaste étendue sur le continent, et que, sous forme de chaînes de montagnes, elles atteignent des hauteurs considérables au-dessus du niveau de la mer (p. 6). Il s'ensuit que les continents d'aujourd'hui ont été autrefois sous les eaux. Si nous admettons cette conclusion, nous devons supposer, ou que les eaux de l'Océan se sont généralement abaissées, ou que les roches solides, autrefois couvertes par les eaux, se sont élevées au-dessus de la mer et sont devenues des terres fermes. Les premiers géologues qui se trouvèrent réduits à cette alternative, embrassèrent la première opinion; ils prétendirent que l'Océan avait originairement couvert la terre, qu'il avait ensuite graduellement baissé jusqu'au niveau qu'il atteint actuellement,

et que c'est ainsi que les îles et les continents auraient été laissés à sec. Il parut plus facile à ces géologues de supposer un abaissement de l'eau que d'admettre un exhaussement par lequel la terre solide se serait élevée à sa position présente. Il leur fut cependant impossible d'imaginer aucune hypothèse satisfaisante pour expliquer la disparition d'une masse d'eau aussi considérable de la surface du globe ; car on ne saurait nier que l'Océan ait couvert de ses eaux tout point élevé où l'on peut découvrir des coquilles marines. Il devint cependant évident, à mesure que la science de la Géologie fit des progrès, que certaines régions du globe avaient été alternativement fond de mer, puis terre exondée, puis baie, puis mer encore, et enfin, une fois de plus, terre habitable, après être restée dans chacun de ces états pendant un temps considérable. Pour rendre compte de semblables phénomènes, sans admettre aucun mouvement de la terre même, il fallait supposer plusieurs retraites et retours de l'Océan ; et encore cette théorie, uniquement applicable au cas où les couches marines qui composent la terre ferme sont horizontales, laissait sans explication les cas bien plus nombreux où des couches sont inclinées, courbées ou posées sur leur tranche, position qui, évidemment, n'est pas celle qu'elles ont occupée dans leur origine.

Les géologues furent enfin obligés d'avoir recours à l'autre alternative, savoir, à la doctrine d'après laquelle la terre solide aurait été successivement exhaussée ou abaissée, de manière à changer plusieurs fois de niveau relativement à la mer. Différentes raisons militent en faveur de cette conclusion. D'abord, elle peut rendre compte de la position de ces masses élevées, d'origine marine, et dans lesquelles la stratification reste horizontale ; elle peut expliquer aussi la position des couches qui sont disloquées, brisées, verticales ou inclinées. En second lieu, elle est d'accord avec les expériences qui nous démontrent que la terre s'élève graduellement dans quelques endroits, et qu'elle s'abaisse dans quelques autres. De pareils mouvements ont lieu même de nos jours et sont actuellement en voie de progrès ; dans certains cas, ils ont été accompagnés de violentes commo-

tions, tandis que, dans d'autres, ils se produisent si insensiblement, qu'on n'a pu les constater qu'au moyen des recherches scientifiques les plus minutieuses, faites à des intervalles de temps considérables. D'un autre côté, aucune expérience n'a constaté l'abaissement du niveau de la mer dans aucune région, et l'Océan ne peut baisser ou s'élever sur un point sans que son niveau ne soit modifié en même temps sur toute la surface du globe.

Ces remarques préliminaires prépareront le lecteur à comprendre le grand intérêt théorique qui se rattache à tous les faits relatifs à la position des couches horizontales ou inclinées, courbes ou verticales.

La première et la plus simple de toutes ces positions est celle où les couches d'origine marine se rencontrent au-dessus du niveau de la mer, dans une direction horizontale. Telles sont les couches que l'on voit dans le sud de la Sicile, et qui sont remplies de coquilles appartenant aux mêmes espèces que celles qui vivent de nos jours dans la Méditerranée. Quelques-unes de ces couches s'élèvent à plus de 600 mètres au-dessus de la mer. D'autres massifs de montagnes, également composés de couches horizontales d'un âge très-ancien, contiennent des débris fossiles d'animaux totalement différents de ceux qui existent aujourd'hui. Au sud de la Suède, par exemple, près du Lac Wener, un des dépôts fossilifères les plus anciens, désigné par les géologues sous les noms de *Silurien* et de *Cambrien*, nous montre des lits placés comme s'ils avaient fait tout récemment partie du delta d'une grande rivière, et comme s'ils avaient été laissés à sec par le retrait de débordements annuels. Des roches aqueuses, à peu près du même âge, s'étendent sur des centaines de kilomètres, dans le district des lacs de l'Amérique du Nord, et montrent également une stratification rarement dérangée. La montagne de la Table, au Cap de Bonne-Espérance, fournit un autre exemple de couches très-élevées et cependant parfaitement horizontales; cette montagne a plus de 1000 mètres de hauteur; elle est formée de grès d'un âge très-ancien.

Au lieu d'imaginer que ces roches fossilifères ont toujours occupé leur niveau actuel, et qu'autrefois la mer a

été assez élevée pour les couvrir de ses eaux, nous supposons qu'elles ont formé d'abord l'ancien lit de l'Océan, et qu'elles ont été ensuite graduellement portées à la hauteur qu'elles occupent aujourd'hui. Cette idée, si étonnante qu'elle puisse paraître au premier abord, s'accorde cependant tout à fait avec l'analogie des changements qui se continuent de nos jours, dans certaines régions du globe. Ainsi, dans quelques parties de la Suède, sur les rives et les îles du golfe de Bothnie, on a des preuves que la terre a subi depuis des siècles, et subit encore un mouvement lent d'élevation (1).

Il paraît, d'après les observations de M. Darwin et d'autres, que des parties très-étendues du continent de l'Amérique du Sud ont éprouvé un exhaussement lent et graduel, à la suite duquel les plaines unies de la Patagonie, couvertes de coquilles marines récentes, et les Pampas de Buenos-Ayres, ont été élevées au-dessus du niveau de la mer. D'un autre côté, l'abaissement graduel de la côte sud du Groënland, sur une longueur de plus de 900 kilomètres, du nord au sud, pendant les quatre siècles derniers, a été constaté par les observations d'un naturaliste Danois, le Docteur Pingel. Pendant que ces preuves d'abaissement et d'exhaussement du continent, par des mouvements lents et insensibles, étaient récemment recueillies, d'autres preuves du changement de niveau étaient fournies journellement par les violentes convulsions que ressentaient les pays où les tremblements de terre sont fréquents. Là, les roches se fendent de temps à autre, s'élèvent ou s'abaissent de plusieurs mètres à la fois, et sont bouleversées de telles manières que la position primitive des couches est pour jamais modifiée.

M. Darwin a aussi démontré que, dans les mers où les îles circulaires et les récifs de coraux abondent, il se produit un abaissement lent, mais continu, des montagnes sous-marines sur lesquelles reposent les masses de corail, tandis que, sur d'autres points de la mer du Sud, la terre est en voie d'exhaussement, et le corail d'espèces récentes, a été élevé bien au-dessus du niveau de la mer.

(1) Voyez les *Principes de Géologie*, 11^e édit., p. 422.

Alternance de couches marines et de couches d'eau douce. — On a vu dans le troisième chapitre qu'il existe une telle différence entre les fossiles terrestres, les fossiles d'eau douce et les fossiles marins, que le géologue peut facilement déterminer si les groupes particuliers de couches ont été formés au fond de l'Océan ou dans les estuaires, dans les rivières ou dans les lacs. Si l'on fut vivement surpris par la première découverte de coraux et de coquilles marines à une hauteur de plusieurs kilomètres au-dessus du niveau de la mer, on ne le fut pas moins ensuite quand on observa que les couches successives dont se compose la croûte terrestre, surtout aux points où son épaisseur totale atteint plusieurs milliers de mètres, comprennent, en certaines parties, des formations qui ont pris leur origine dans des eaux basses aussi bien que dans une mer profonde, des couches saumâtres ou même simplement d'eau douce, des dépôts de matière végétale ou de charbon qui se sont accumulés sur l'ancien continent. Dans ces cas, on rencontre souvent des lits d'eau douce au-dessous d'une formation marine, ou bien encore, en sens inverse, des couches formées dans des eaux basses au-dessous de celles qui sont originaires d'une mer profonde. Ainsi, par exemple, si l'on creuse un puits artésien au-dessous de Londres, on traverse une argile marine, et puis, à la profondeur de plusieurs dizaines de mètres, on rencontre un sable fluviatile et déposé dans des eaux basses, au-dessous duquel se trouve la craie blanche, originellement formé dans une mer profonde. D'autre part, si l'on vient à creuser verticalement la craie dans les North Downs, on arrive, après avoir traversé des couches marines de craie, à une formation d'eau douce de plusieurs mètres d'épaisseur, que l'on appelle Weald, et qui est identique avec le dépôt que l'on voit dans les comtés de Kant et de Surrey, reposant à son tour sur des couches purement marines. Il en est de même dans diverses parties de l'Angleterre; après avoir creusé des puits verticaux à travers des dépôts marins d'une grande épaisseur, on rencontre de la houille qui doit son origine à des plantes qui se sont développées sur une ancienne surface continentale, dont l'étendue est quelquefois de plusieurs centaines de kilomètres carrés.

Stratification verticale, inclinée et courbée. —

Il a été constaté que des couches marines de différents âges que l'on trouve quelquefois à une hauteur considérable au-dessus du niveau de la mer, ont conservé leur horizontalité originelle ; mais cet état de choses est tout à fait exceptionnel. En règle générale, les couches sont inclinées ou courbées de façon à indiquer que leur position originelle a été modifiée. La preuve la moins équivoque d'un changement dans la portion primitive des couches, est celle de la perpendicularité de leurs plans, que l'on observe fréquemment, surtout dans les contrées montagneuses. Ainsi, on remarque en Écosse, à la lisière sud des Grampians, des lits de poudingue alternant avec des bandes minces de sable fin, et, comme elles, en position verticale.

Quand de Saussure trouva pour la première fois, dans les Alpes Suisses, certains conglomérats dans une situation semblable, il observa que les galets, presque tous de forme ovale, avaient leurs axes les plus longs parallèles aux plans de stratification (fig. 54). Il en conclut que ces couches devaient avoir été d'abord horizontales, chaque galet ovalaire n'ayant dû reposer originellement au fond de l'eau que sur son côté plat, par la même raison qu'un œuf ne peut rester debout sur l'une ou l'autre de ses extrémités, s'il n'est soutenu par un point d'appui.

Quelques-unes des pierres arrondies offrent quelquefois, il est vrai, dans les conglomérats, une exception à cette règle, par la même raison encore que nous voyons, sur une plage couverte de galets, quelques-uns [de ceux-ci reposer sur leur pointe ; mais ils ont été amenés à cette position par la vague, ou par le courant, qui les a culbutés les uns sur les autres.

Courbures anticlinales et synclinales. — Les couches verticales, lorsqu'on peut les suivre d'une manière continue vers le haut ou vers le bas, jusqu'à une certaine distance, semblent invariablement faire partie de grandes courbes qui peuvent avoir depuis quelques mètres jusqu'à

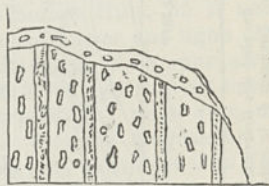


Fig. 54. — Conglomérat et grès verticaux.

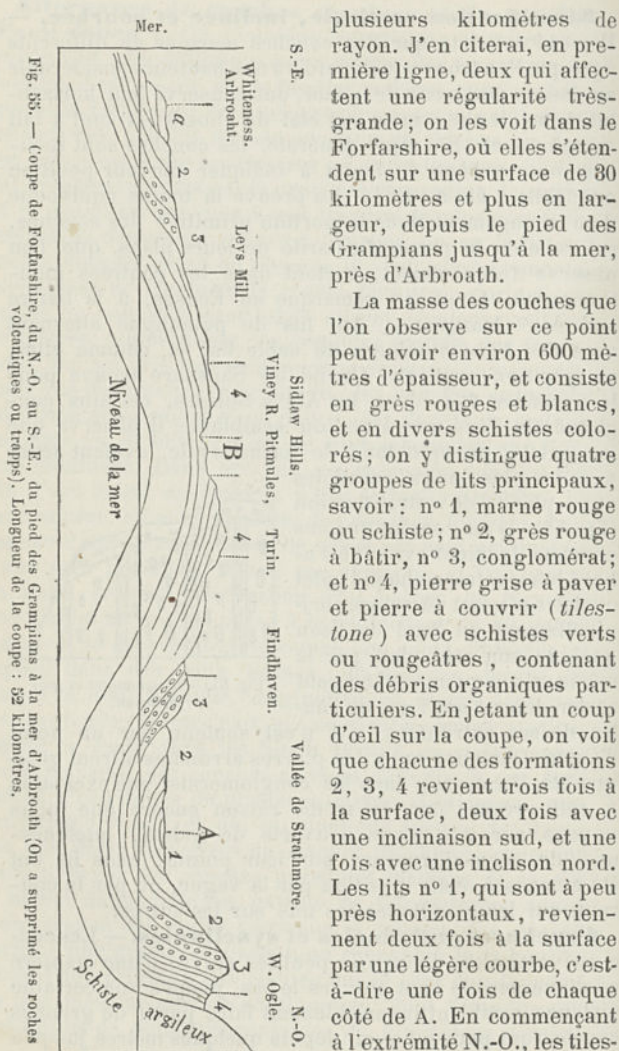


Fig. 33. — (Coupe de Forfarshire, du N.-O. au S.-E., du pied des Grampians à la mer d'Arbroath (On a supprimé les roches volcaniques ou tressés). Longueur de la coupe : 52 kilomètres.

plusieurs kilomètres de rayon. J'en citerai, en première ligne, deux qui affectent une régularité très-grande; on les voit dans le Forfarshire, où elles s'étendent sur une surface de 30 kilomètres et plus en largeur, depuis le pied des Grampians jusqu'à la mer, près d'Arbroath.

La masse des couches que l'on observe sur ce point peut avoir environ 600 mètres d'épaisseur, et consiste en grès rouges et blancs, et en divers schistes colorés; on y distingue quatre groupes de lits principaux, savoir: n° 1, marne rouge ou schiste; n° 2, grès rouge à bâtir, n° 3, conglomérat; et n° 4, pierre grise à paver et pierre à couvrir (*tiles-tone*) avec schistes verts ou rougeâtres, contenant des débris organiques particuliers. En jetant un coup d'œil sur la coupe, on voit que chacune des formations 2, 3, 4 revient trois fois à la surface, deux fois avec une inclinaison sud, et une fois avec une inclinaison nord. Les lits n° 1, qui sont à peu près horizontaux, reviennent deux fois à la surface par une légère courbe, c'est-à-dire une fois de chaque côté de A. En commençant à l'extrémité N.-O., les tiles-

tones et les conglomérats n° 4 et n° 3 sont verticaux, et forment généralement une chaîne parallèle aux lisières sud des Grampians. Les couches supérieures nos 2 et 1 inclinent de moins en moins, en descendant vers la vallée de Strathmore, où les couches, présentant une courbe concave, reposent, comme disent les géologues, dans une *cuvette* ou *bassin*. Au centre de cette vallée court une ligne imaginaire A, que l'on nomme techniquement une *ligne synclinale*, et où les lits qui se recourbent dans des directions opposées sont censés se réunir. Il importe beaucoup à l'observateur de noter ces lignes, car il verra, par le diagramme, qu'en voyageant du nord au centre du bassin, il passera toujours des lits les plus anciens aux plus nouveaux, au lieu que, en traversant la ligne A et en poursuivant la même direction sud, il quittera successivement les lits les plus nouveaux, et s'avancera vers les plus anciens. Tous les dépôts qu'il aura d'abord examinés commenceront à se représenter dans un ordre inverse, jusqu'à ce qu'il arrive à l'axe central de Sidlaw Hills, où il verra ces couches formant un arc ou *selle*, avec une ligne *anticlinale* B au centre. Après cette ligne, et en poursuivant vers le S.-E., les formations 4, 3 et 2 apparaîtront encore dans le même ordre de superposition, mais avec une inclinaison sud. A Whiteness (voir le diagramme), il verra que les couches inclinées sont couvertes d'un nouveau dépôt *a*, en lits horizontaux composés de conglomérats rouges et de sable, plus récents qu'aucun des autres groupes 1, 2, 3, 4, que nous venons de décrire, et reposant en stratification discordante sur les couches du groupe de grès n° 2.

Sir James Hall a parfaitement décrit des courbures ou convolutions de roches bien plus aiguës et beaucoup plus nombreuses, sur un espace aussi limité, fig. 56 (1). On les observe près de Saint-Abb's Head, sur la côte orientale d'Écosse, où la roche principale est un schiste bleu, à surface fréquemment ondulée. Les ondulations des lits se prolongent depuis le sommet jusqu'à la base d'escarpements, qui ont de 60 à 90 mètres de hauteur; on compte, dans un espace d'environ 8 kilomètres, seize

(1) *Edimb. Trans.*, vol. VII, p. 3.

courbures distinctes, alternativement concaves et convexes par le haut.

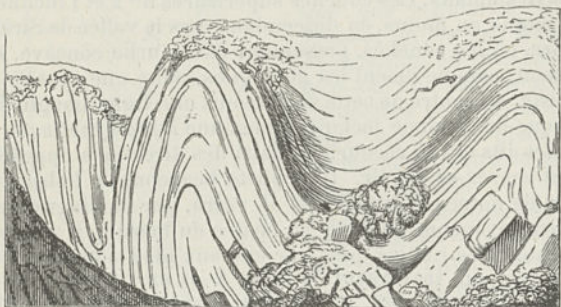


Fig. 56. — Couches de schiste recourbées, près de St-Abb's Head, Berwickshire. (Sir J. Hall.)

Plissement par mouvement latéral. — Sir James Hall fit une expérience pour reconnaître la manière dont les couches avaient été amenées à cette position après avoir été primitivement horizontales. Il plaça, sous un certain poids, une série de petits lits d'argile, et pressa assez fortement contre leurs extrémités opposées pour qu'elles fussent forcées de se rapprocher l'une vers l'autre. Après avoir ôté ensuite les poids, il remarqua que les petits lits étaient courbés et plissés, de manière à ressembler, en petit, aux couches analogues des falaises. Nous devons, toutefois, ne pas oublier que, dans les sections naturelles ou escarpements marins, nous ne voyons qu'imparfaitement les plis; il sont invisibles sous les eaux, et d'ailleurs, on peut supposer que leur partie supérieure a été enlevée par la *dénudation*, action de l'eau dont nous donnerons l'explication dans le chapitre suivant. Les lignes noires (fig. 57) représentent la portion des couches visibles dans l'escarpement. Les lignes moins foncées désignent la portion cachée sous le niveau de la mer, ainsi que celle qui est supposée avoir existé au-dessus de la surface actuelle.

On rendrait encore plus saisissables les effets que la compression latérale peut produire sur des couches flexibles, en plaçant quelques morceaux de drap de différentes

couleurs sur une table; après que ceux-ci auront été étendus horizontalement, couvrez-les avec un livre, ajoutez

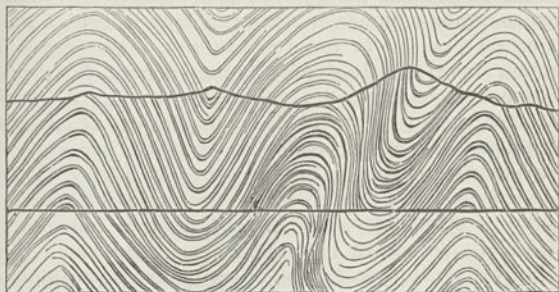


Fig. 57.

ensuite d'autres livres à chacune des extrémités, et pressez le tout. Les plis de drap que vous obtiendrez reproduiront exactement ceux que l'on voit dans les courbures des couches (fig. 58). Le livre mis par-dessus sera légèrement

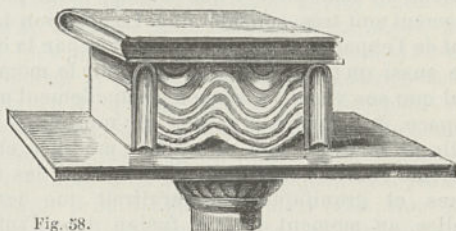


Fig. 58.

soulevé et ne touchera plus les deux volumes sur lesquels il reposait d'abord, parce qu'il se trouvera supporté par les crêtes synclinales que forment les morceaux de drap courbés. Il en est de même pour les couches plissées, et bien qu'elles aient été condensées par une pression latérale et plus étroitement serrées, elles ont été allongées et forcées de se soulever dans une direction perpendiculaire à la pression.

Que les courbures analogues que l'on observe dans les roches stratifiées soient le résultat de semblables efforts

latéraux, c'est une question que nous ne pouvons résoudre par l'observation. Notre impuissance à expliquer la nature du procédé ne dépend pas seulement de l'impossibilité où nous sommes de pénétrer dans la région souterraine où s'exerce la force mécanique, mais encore de la lenteur avec laquelle s'opère le mouvement. Il est possible que les changements soient quelquefois la conséquence des variations que subit la température des massifs montagneux de roches; celles-ci, en effet, par suite de ces variations, peuvent se contracter ou se dilater, si elles sont encore solides; ou bien entrer en fusion, puis se refroidir et cristalliser. S'il en est ainsi, il nous serait aussi difficile de suivre l'accomplissement du phénomène dans la période limitée de nos observations scientifiques, que de voir s'opérer le développement des racines d'un arbre, qui, après un certain nombre d'années, parviennent à soulever un mur en maçonnerie massive, à le fendre et à le renverser. Dans les deux cas la force peut être irrésistible, et, bien qu'elle soit adéquate, il n'est pas nécessaire que son action nous soit visible pour que le phénomène ait lieu, pourvu que le temps exigé pour son développement soit très-considérable. La pression latérale provenant de l'expansion inégale des roches par la chaleur peut faire aussi qu'une masse reposant sur le même plan horizontal que ses voisines, occupe graduellement un plus grand espace, de manière à passer sur une autre roche, qui, si elle est flexible, sera elle-même modifiée et prendra une forme courbée et plissée. Dans les cas des roches volcaniques et granitiques, il paraîtrait que certaines d'entre elles, au moment de leur fusion dans l'intérieur de la croûte terrestre, auraient été injectées de force dans des fissures, et, qu'après la solidification de cette matière intruse, il se serait produit d'autres fentes, croisant les premières qui, à leur tour, auraient été remplies par de la roche fondue. Ces injections répétées impliquent une extension, et parfois un soulèvement de la masse totale.

Nous savons aussi, par l'étude que nous avons faite des contrées sujettes aux tremblements de terre, qu'il existe, d'une manière permanente, à l'intérieur du globe, des causes capables de produire un abaissement du sol souvent très-local, d'autres fois s'étendant sur une large

surface. La répétition fréquente ou la continuité pendant de longues périodes de ces mouvements d'abaissement, surtout s'ils sont partiels et confinés à des étendues linéaires, peut produire des plissements réguliers dans les couches.

Creeps dans les mines de houille. — Les *creeps* (1), nom usité dans les mines de houille, fournissent une excellente démonstration de ce fait. D'abord on peut établir d'une manière générale, que l'excavation de la houille, à une profondeur considérable, fait baisser en masse l'ensemble des couches susjacentes, même quand on prend la précaution de multiplier les étais du toit de la mine. « Dans le Yorkshire, dit M. Buddle, trois affaissements se manifestèrent à la surface du sol, lorsqu'on eut extrait les trois lits de houille sous-jacents, et d'innombrables fentes se produisirent dans le sens vertical, au travers des masses de grès et de schiste argileux qui subirent un tassement proportionnel (2). » La quantité exacte de dépression ne peut, dans ce cas, être justement appréciée que sur les points où l'eau s'accumule à la surface, ou sur lesquels un chemin de fer traverse le bassin houiller.

Lorsqu'on exploite un lit de houille, on laisse, par intervalles, des piliers ou masses rectangulaires de houille, pour supporter le toit et protéger les galeries de mine. Dans la figure 59, qui représente une coupe prise à Wallsend (Newcastle), les galeries qui ont été excavées sont représentées par les espaces blancs *a*, *b*, tandis que les parties voisines, plus foncées, indiquent des portions de lits de houille primitifs laissés comme étais; des lits d'argile sableuse ou de schiste argileux constituent le plancher de la mine. Lorsque les étais deviennent trop faibles, ils sont pressés par le poids des roches susjacentes (qui n'ont pas moins de 192 mètres d'épaisseur) sur le schiste argileux qui est au-dessous, et celui-ci, par suite de cette compression, cède et s'ouvre d'espace en espace.

Comme on pouvait s'y attendre, ce n'est point le plan-

(1) On appelle ainsi, en termes de mineur, dans certains districts houillers en Angleterre, les espèces d'effondrements qui ont lieu par soulèvements de bas en haut dans certaines exploitations de houille, et dont l'auteur donne ici la description. (Note du traducteur.)

(2) *Proceed. of Geol. Soc.*, vol. III, p. 148.

cher qui s'élève, mais le plafond qui s'abaisse, et cet effet, appelé un *thrust* (effondrement) par les mineurs dans certains districts de l'Angleterre, doit se produire naturellement partout où le plancher est plus solide que le toit. Or, il arrive ordinairement, dans les mines de houille, que le toit est composé de schiste argileux dur, ou quelquefois de grès, roches qui cèdent moins que les fondations, consistant souvent en argile; et, même dans les endroits où les sous-couches argileuses étaient d'abord consistantes, elles s'amollissent bientôt et passent à un état plastique dès qu'elles sont exposées au contact de l'air et de l'eau dans le plafond de la mine.

Le premier symptôme d'un *creep*, dit M. Buddle, est une légère courbure qui apparaît sur le fond de chaque galerie comme on voit en *a* (fig. 59); dès ce moment le plancher continuant à hausser, commence à s'ouvrir suivant une fente longitudinale *b*; puis les points des bords de rupture atteignent le toit, comme on voit en *c*; en dernier lieu, les lits exhausés ferment la galerie entière, et les bords de rupture, le long de la crête, se sont de nouveaux unis et présentent une surface plane au sommet, comme on voit en *d*. Sur ces entrefaites, la houille des étais a éclaté et s'est fendue par pression; on remarque également qu'au-dessous des *creeps a, b, c, d*, une couche inférieure appelée *houille-métal*, d'un mètre d'épaisseur, s'est fracturée aux points *e, f, g, h*; elle a haussé du même coup, en montrant ainsi que le mouvement ascensionnel occasionné par l'extraction de la *houille principale* s'est propagé à travers les 16 mètres de lits argileux dont l'épaisseur sépare les deux lits de houille. Le même déplacement s'est fait sentir aussi vers le bas, à une profondeur de plus de 45 mètres au-dessous de la houille-métal; mais il devient de moins en moins prononcé et finit par être tout à fait imperceptible.

Le trait le plus saillant du phénomène que nous venons de décrire est la lenteur avec laquelle s'opère le changement dans la distribution des lits: des jours, des mois et des années s'écoulent entre le premier symptôme de la courbure du plancher et le moment où le toit est atteint. Sur les points où le mouvement a été plus rapide, la courbure des lits est plus régulière et la réunion des bords

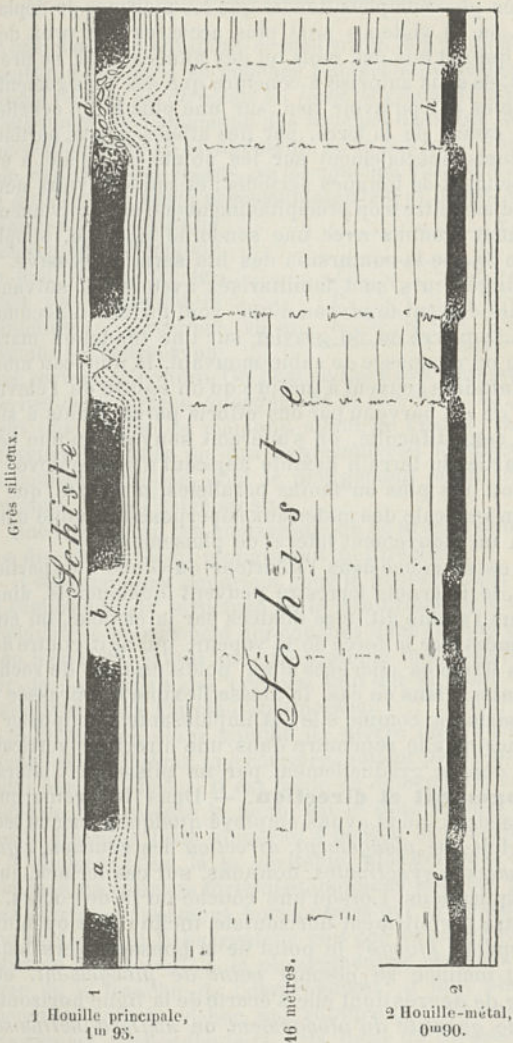


Fig. 59. — Coupe de couches carbonifères, à Wallsend, Newcastle, montrant les *creeps*. (J. Buddle, Esq.)
 Longueur horizontale de la coupe : 53 mètres. Le lit supérieur, ou lit de houille principale, ici exploité, était à 192 mètres au-dessous de la surface.

fracturés plus complète, tandis que les marques de déplacement ou de violence sont plus accusées sur ceux des *creeps* qui ont mis des mois ou des années pour se produire. Cela nous autorise à conclure que des changements semblables ont pu avoir lieu, sur une plus large échelle, dans la croûte de la terre, par des affaissements partiels et graduels, spécialement sur les points où le sol a été miné pendant de longues périodes; et nous devons nous garder d'admettre trop précipitamment que les mouvements se seraient produits avec une soudaine violence, simplement de ce que la contorsion des lits serait excessive.

Les ingénieurs sont familiarisés avec le fait suivant : lorsqu'ils élèvent le niveau d'une voie ferrée en accumulant de la pierre ou du gravier sur une fondation marécageuse ou composée de sable mouvant, le nouveau monticule s'affaisse souvent à mesure qu'on essaye de l'élever. Lorsqu'on est parvenu par des efforts persévérants à surmonter cette difficulté, on s'aperçoit souvent qu'une certaine partie du terrain flexible adjacent a été soulevée en arches ou plis plus ou moins parallèles, montrant que la pression verticale des matériaux superposés a donné naissance à un mouvement latéral de plissement.

Il en est de même dans l'intérieur du Globe : les parties solides de la croûte terrestre peuvent quelquefois, ainsi que nous l'avons dit, être dilatées par la chaleur, ou être comprimées par la force de la vapeur, qui agit contre des couches flexibles chargées d'un poids énorme de roches susjacentes. Dans ce cas, la masse flexible est pressée de toutes parts, et, comme elle est impuissante à supporter la résistance qu'elle rencontre dans une direction verticale, elle s'y dérobe graduellement par un plissement latéral.

Plongement et direction. — Dans les remarques qui précèdent, nous avons employé quelques termes techniques, tels que *plongement*, *direction* des couches, *lignes anticlinales* et *synclinales*; donnons, sur ces termes, quelques explications. Lorsqu'une couche ou lit de roches, au lieu d'être parfaitement horizontale, incline plus ou moins, on dit qu'elle *plonge*; le point de la boussole vers lequel elle est inclinée se nomme *point de plongement*, et le nombre de degrés dont elle s'écarte de la ligne horizontale s'appelle *quantité du plongement* ou *angle d'inclinaison*.

Ainsi, dans le diagramme ci-contre (fig. 60), on voit l'inclinaison d'une série de couches plongeant au nord sous un angle de 45° . La *direction* ou *ligne de gisement* est le prolongement ou l'extension des couches dans une direction perpendiculaire au plongement ; de là son nom. Par exemple, dans le cas ci-dessus, où les couches plongent au nord, la direction doit être nécessairement est et ouest. Les Anglais ont emprunté aux

géologues allemands le mot *strike*, par lequel ils désignent la direction : *streichen* signifie s'étendre, avoir

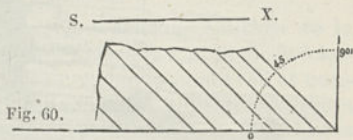


Fig. 60.

une certaine direction. On peut se faire une idée très-juste de ces deux termes, *plongement* et *direction*, en se figurant une rangée de maisons allant de l'est à l'ouest. La longueur du faite du toit représenterait la direction de la couche d'ardoise, dont le plongement serait d'un côté au nord, et de l'autre au sud.

Une couche qui est horizontale ou de niveau dans toutes les directions n'a ni plongement ni direction.

Il sera toujours important pour le géologue qui cherche à comprendre la structure et la conformation d'un pays, d'étudier le plongement des couches dans chaque partie de son territoire ; il faut quelque pratique toutefois pour éviter de commettre des erreurs, tant sur le point du plongement que sur l'angle d'inclinaison.

Si la surface d'une couche de pierre dure se trouve à découvert, soit dans une carrière, soit au pied d'un rocher battu par les vagues, il est facile de déterminer vers quel point de la boussole la pente est la plus rapide, ou dans quelle direction l'eau viendrait à couler, si l'on en versait à la surface. C'est là le véritable plongement. Mais les tranches de couches fortement inclinées peuvent produire des lignes parfaitement horizontales sur la face d'une roche verticale, si l'observateur voit ces couches suivant la ligne de leur direction, le plongement se dirigeant en arrière de la tranche de l'escarpement ; il faut alors qu'il découvre, dans le rocher, une rupture qui soit une section exactement perpendiculaire à la ligne de direction, pour reconnaître le véritable plongement. Dans le dessin qui

suit (fig. 61), nous supposons un cap dont un côté fait face au nord, et où les lits paraîtraient horizontaux aux yeux



Fig. 61. — Horizontalité apparente des couches inclinées.

d'une personne qui serait placée à distance dans un bateau, tandis que, de l'autre côté faisant face à l'ouest, un observateur placé sur le rivage verrait le véritable plongement sous un angle de 40° . Si donc nous avons, pour tout champ d'étude, un escarpement vertical qui ne présente qu'un seul côté, il faudra tâcher de découvrir quelque lambeau ou portion de plan de l'un des lits qui s'avance au delà des autres, afin de nous assurer du véritable plongement.

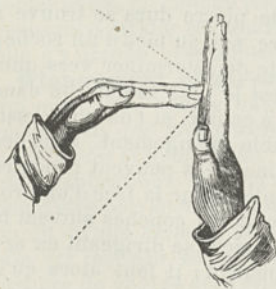


Fig. 62.

L'observateur qui ne serait pas pourvu d'un *clinomètre*, instrument précieux, lorsqu'il importe de déterminer avec précision l'angle d'inclinaison des couches, pourrait mesurer cet angle, à quelques degrés près, de la manière suivante. On se place en face du rocher qui présente le véritable plongement ; on élève les mains à la hauteur des yeux, et l'on tient les doigts de l'une d'elles dans une position

perpendiculaire, et ceux de l'autre dans une position

horizontale, comme on le voit dans la figure 62. Il est facile alors de découvrir si les lignes des lits inclinés coupent en deux l'angle de 90° formé par la rencontre des mains, de manière à donner un angle de 45° , ou bien si elles divisent l'espace en deux parties plus ou moins égales. Il suffit alors de changer la position des mains pour arriver à la ligne de plongement au-dessus de la main placée horizontalement.

Lorsque nous avons décrit les couches courbes de la côte Est de l'Écosse, dans le Forfarshire et le Berwickshire, on a vu qu'une série de courbures concaves et convexes pouvaient occasionnellement se répéter plusieurs fois. Elles forment ordinairement une série de flexuosités parallèles qui se prolongent dans la même direction sur une étendue considérable. Ainsi, pour le Jura suisse, on a prouvé que cette chaîne élevée se compose de crêtes

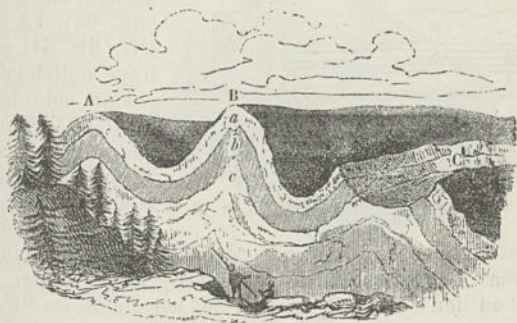


Fig. 63. — Coupe démontrant la structure du Jura suisse.

parallèles, séparées par des vallées longitudinales (fig. 63). Ces crêtes sont formées de couches fossilifères recourbées, dont la nature et le plongement se voient quelquefois dans des gorges profondes et transversales nommées *cluses*, qui ont été produites par des fractures perpendiculaires à la direction de la chaîne (1). Supposons maintenant que ces crêtes et ces vallées parallèles courent du nord au sud ;

(1) Thurmann, *Essai sur les soulèvements jurassiques de Porrentruy*. Paris, 1832.

nous dirons que la *direction* des couches est Nord et Sud, et le plongement Est et Ouest. Les lignes tracées le long des sommets A et B seront des lignes anticlinales, et celle qui suit le fond des vallées voisines sera une ligne synclinale.

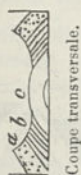
Affleurement des couches — Nous ferons observer que quelques-uns de ces sommets A, B (fig. 63) sont entiers, tandis que l'un d'eux, C, a été fracturé le long de la ligne de direction, et que la dénudation en a fait disparaître une partie, de sorte que les crêtes des lits, dans les formations *a, b, c*, ont été mises à découvert, ou, comme disent les mineurs, *affleurent* sur les côtés de la vallée. On peut expliquer par un diagramme (fig. 64) le plan d'une des crêtes dénudées, tel qu'on le représenterait dans une carte

Fig. 62.



Plan horizontal de la crête dénudée C., fig. 63.

Fig. 65.



Coupe transversale.

rait dans une carte géologique, et sa section en travers (fig. 65). La ligne DE (fig. 64) est la ligne anticlinale de chaque côté de laquelle le plongement a lieu dans une direction opposée, comme les flèches l'indiquent. L'émergence des couches à la surface du sol a reçu des mineurs le nom d'*affleurement*, et en anglais celui de *basset*.

Si, au lieu d'être plissés en crêtes parallèles, les lits présentaient une protubérance en forme de bosse ou de dôme, si nous supposions aussi que le sommet de ce dôme eût disparu, un plan horizontal de ce cas particulier ferait voir les bords des couches formant une succession de cercles ou d'ellipses autour d'un centre commun. Ces cercles seraient les lignes de direction, et le plongement étant toujours perpendiculaire à la direction, inclinerait tout autour du circuit vers tous les points de la boussole, constituant ainsi ce que les géologues anglais nomment *quâquâversal dip*, c'est-à-dire plongements vers tous les points de l'horizon.

Il y a des variations sans nombre dans les figures que

décrivent les affleurements des couches, suivant leurs différentes inclinaisons et le mode de dénudation qu'elles ont subi. L'un des cas les plus élémentaires et qui se rencontre le plus souvent est celui de la forme de V que présentent les couches qui affleurent dans une vallée ordinaire. D'abord, si les couches sont horizontales, la disposition en forme de V sera aussi horizontale, et les couches les plus récentes seront les plus culminantes.

En second lieu, si les lits sont inclinés et coupés par une vallée descendant dans la même direction, et si le plongement des lits est moins grand que l'inclinaison de la vallée, les V,

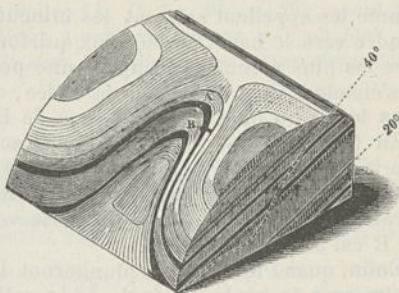


Fig. 66. — Inclinaison d'une vallée à 40°, plongement des couches à 20°.

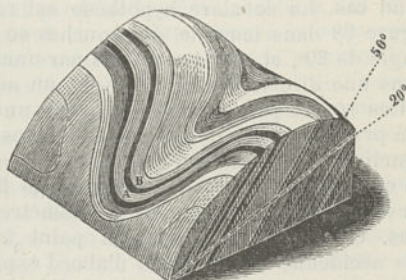


Fig. 67. — Inclinaison d'une vallée à 20°, plongement des couches à 50°.

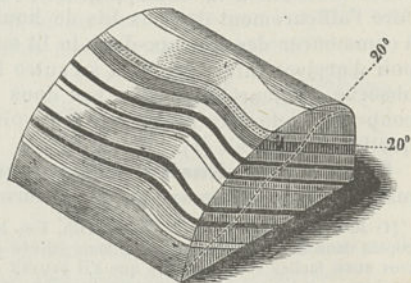


Fig. 68. — Inclinaison d'une vallée à 20°, plongement des couches à 20°; les directions étant opposées.

comme les appellent souvent les mineurs, viendront rejoindre vers le haut (fig. 66) ceux qui, formés par les couches les plus récentes, occupent une position supérieure et s'étendent plus haut dans la vallée, comme on le voit dans la figure où A est au-dessus de B.

En troisième lieu, si les couches sont plus inclinées que la vallée, les V pointeront vers le bas (fig. 67), et ceux qui sont formés par les couches les plus anciennes paraîtront supérieurs, ainsi qu'on le voit dans la figure où B est au-dessus de A.

Enfin, quand les couches plongeront dans une direction contraire à la pente générale de la vallée, quel que soit le degré d'inclinaison, les couches les plus récentes paraîtront les plus élevées, comme dans le premier et le second cas. La dernière hypothèse est représentée par la figure 68 dans laquelle des couches se dressent sous un angle de 20° , et sont traversées par une vallée qui incline dans une direction opposée, sous un angle de 20° .

Ces règles peuvent souvent offrir une très-grande utilité pratique, car on peut rencontrer les différents degrés d'inclinaison que nous avons représentés dans les figures 66 et 67, en suivant la même ligne de flexion sur des intervalles distants de quelques kilomètres les uns des autres. Un mineur qui ne serait point familier avec tous ces accidents, et qui aurait d'abord exploré la vallée (fig. 66), pourrait creuser un puits vertical au-dessous du lit de houille A, jusqu'à la rencontre du lit inférieur B. Il passerait alors à la vallée (fig. 67), et découvrant là encore l'affleurement de deux lits de houille, il s'exposerait à commencer des travaux dans le lit supérieur, avec l'espoir d'arriver inférieurement à l'autre lit A, dont il aurait observé l'affleurement plus bas dans la vallée. Un seul coup d'œil jeté sur la section fait voir l'erreur dans laquelle il tomberait (1).

Couches synclinales formant crêtes. — Dans la majorité des cas, un axe anticlinal forme une crête, et un

(1) Je dois à la bonté de M.-T. Sopwith, Esq. les trois modèles que j'ai copiés dans les figures ci-dessus ; mais l'élève ne trouvera pas ces copies aussi faciles à comprendre que s'il pouvait examiner et manier les originaux, et les retourner dans tous les sens ; il en comprendrait mieux les indications, ainsi que celles d'autres modèles beaucoup plus compliqués, que le même ingénieur a construits pour démontrer les *failles*.

axe synclinal une vallée (A, B, fig. 63, p. 79) ; mais il y a quelques exceptions à cette règle, car les couches inclinent quelquefois vers l'intérieur, aux deux côtés d'une

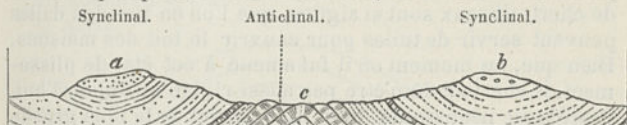


Fig. 69. — Coupe de roches carbonifères du Lancashire (E. Hull) (1). Grès grossiers (grits) et schistes. Calcaire de montagne. Grès grossiers et schistes.

montagne, comme *a*, *b* (fig. 69), tandis que dans la vallée intermédiaire *c* elles inclinent vers le haut en formant un arc.

Il serait naturel de penser que la fracture des roches solides s'est surtout produite là où la courbure des couches est la plus aiguë et que cette fissure a occasionné des ravins donnant accès à l'eau courante et ayant leur surface exposée aux influences dévastatrices de l'atmosphère. Cependant l'absence complète de traces semblables de rupture, même sur les points où la flexion a été la plus forte, comme en *a* (fig. 63), est souvent fort remarquable, et n'est pas toujours facile à expliquer. Il faut supposer que plusieurs couches de calcaire, de *chert* (2) ou d'autres roches, qui sont maintenant cassantes, étaient flexibles lorsqu'elles ont été pliées sous leur forme actuelle. Elles ont pu devoir leur flexibilité, en partie à la matière fluide qu'elles contenaient dans leurs pores les plus ténus, comme nous l'avons expliqué ci-devant (p. 52), et en partie à l'imbibition de leur masse par l'eau de mer, à une époque où elles étaient encore submergées.



Fig. 70. — Couches de chert, de grit (grès grossier) et de marne, près de Saint-Jean-de-Luz.

A l'extrémité occidentale des Pyrénées, on remarque de

(1) Edward Hull, Quart. Geol. Journ. vol. XXIV, p. 324. 1866.

(2) *Chert*, nom anglais donné à une espèce de pierre quartzreuse (hornstone) impure, compacte et de couleur trouble.

grandes courbures de couches, dans des falaises qui sont composées de marne, de grès et de *chert*. Sur certains points, comme en *a* (fig. 70), quelques-unes des courbures de *chert* siliceux sont si aigües, que l'on en tire des dalles pouvant servir de tuiles pour couvrir le toit des maisons, Bien que, au moment où il fut amené à cet état de plissement, le *chert* ait dû n'être pas aussi rigide qu'aujourd'hui, il présente néanmoins, çà et là, au point de la plus grande flexion, de petites crevasses qui démontrent qu'il était déjà quelque peu solide à l'époque de son déplacement. Ces crevasses ne sont pas vides, mais remplies de calcédoine et de quartz.

Entre San Caterina et Castrogiovanni, en Sicile, on rencontre des marnes gypseuses courbées et ondulées, contenant çà et là des lits minces de gypse solide interstratifiés.

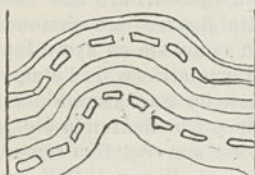


Fig. 71 — *g.* Gypse. — *m.* Marne.

Quelquefois ces lits ont été brisés en fragments détachés qui conservent leurs bords aigus (*g, g*, fig. 71), tandis que la continuité des marnes, plus souples et plus ductiles, *m, m*, n'a pas été interrompue.

Nous avons déjà expliqué, figure 69, que les roches stratifiées ont ordinairement leurs couches courbées suivant des plis parallèles qui forment des axes anticlinaux et synclinaux, un groupe de plusieurs de ces plis ayant souvent été soumis à un mouve-

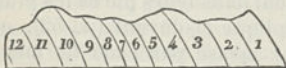


Fig. 72.

ment commun et ayant acquis une direction uniforme. Dans quelques régions torrentielles, il est souvent difficile, même à un géologue expérimenté, de déterminer positivement l'âge relatif des lits par la superposition, les couches étant repliées inférieurement sur elles-mêmes. Si donc, on rencontrait des couches comme celles représentées dans la section (fig. 72), on pourrait supposer qu'il a existé douze lits distincts, dont le n° 1 serait le plus nouveau et le n° 12 le plus ancien. Mais en réalité, il a pu ne s'en trouver que six qui ont été pliés,

comme le fait voir la figure 73, de telle sorte que chacun se présente deux fois; la moitié de ces lits est renversée, et, dans cette moitié, le n° 1, qui était originairement au sommet, occupe maintenant le point le plus bas dans la série.

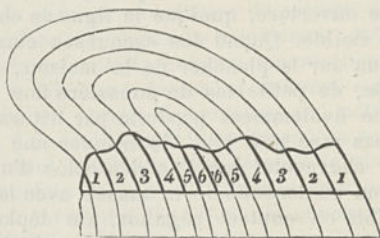


Fig. 73.

On observe souvent, et sur une grande échelle, ces sortes de phénomènes dans certaines régions de la Suisse, sur des escarpements qui ont plus de 600 mètres de hauteur perpendiculaire. Des flexions aux dimensions aussi considérables se montrent aussi dans les Pyrénées. La partie supérieure des couches qui est représentée dans la figure 73 par des lignes plus faibles, a été enlevée par ce qu'on appelle la *dénudation*, phénomène dont nous parlerons plus tard.

Fractures des couches et failles. — On observe souvent de nombreuses crevasses dans des roches qui paraissent n'avoir été que fracturées, et dont les parties brisées conservent leurs rapports mutuels; mais on rencontre aussi fréquemment telle fissure de plusieurs centimètres, ou même de plusieurs mètres de longueur, qui est remplie de terre et de sable, ou de fragments angulaires, provenant évidemment de rochers contigus.

La surface de chaque paroi de la fissure est souvent d'un poli remarquable, comme si elle avait été vernie, et striée ou sillonnée de rainures parallèles telles qu'aurait pu en produire le frottement continu de surfaces de roches d'inégale dureté. Ces surfaces polies sont appelées par les mineurs *surfaces de glissement* (*slickensides*), et l'on suppose que les lignes des stries indiquent la direction suivant laquelle s'est effectué le mouvement des roches.

En 1864, pendant un des petits tremblements qui se fit sentir au Chili, les murs en briques d'un édifice furent fendus verticalement en plusieurs endroits, et éprouvèrent des vibrations de plusieurs minutes à chaque choc. Après l'événement ils se conservèrent parfaitement solides, et sans aucune ouverture, quoique la ligne de chaque fente fût encore visible. Quand les secousses eurent cessé, on remarqua sur le plancher de la maison, au bas de chaque fente, de petits tas de poussière fine de brique, qui avait été évidemment produite par trituration.

Il n'est pas rare non plus de trouver une masse rocheuse qui chevauche sur l'un des côtés d'une fissure, au-dessus ou au-dessous de la masse avec laquelle elle était autrefois en contact régulier. Ce déplacement se nomme *glissement* ou *faille*. « Le mineur, dit M. Playfair, en décrivant une *faille*, est souvent embarrassé, dans son voyage souterrain, par un déragement dans les couches, qui le met tout à coup en déroute au milieu des jalons et supports qui avaient jusque-là dirigé sa course. Quand la mine qu'il a pratiquée parvient à un certain plan perpendiculaire comme dans AB (fig. 74), ou oblique à l'horizon comme dans CD (fig. 74), il rencontre des lits

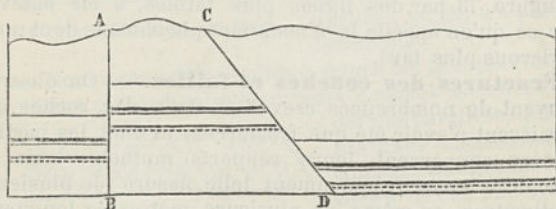


Fig. 74. — Failles : AB, perpendiculaires ; CD, à l'horizon.

divisés, ceux de l'un des côtés du plan ont changé de place, en glissant, suivant une direction particulière, contre les autres lits. Malgré ce mouvement, les lits ont quelquefois conservé une position normale, comme dans la figure 74, et les couches de chaque côté des failles AB, CD, se continuent parallèlement les unes aux autres ; dans d'autres cas, les couches se sont inclinées de chaque côté, comme dans *a, b, c, d* (fig. 75), et cependant

leur identité est encore reconnaissable, car elles possèdent la même épaisseur et les mêmes caractères intérieurs (1). »

A Coalbrook-Dale, dit M. Prestwich (2), des dépôts de grès, de schiste argileux, de houille, qui s'élèvent sur une épaisseur de plusieurs centaines de mètres, et s'étendent sur une surface de plusieurs kilomètres, ont été brisés en fragments qui ont été ensuite poussés dans des positions tout à fait discordantes, et souvent à des niveaux qui diffèrent de plusieurs centaines de mètres les uns des autres. Les côtés des failles, lorsqu'ils sont perpendiculaires, sont habituellement séparés de plusieurs mètres, quelquefois de plus de 40 mètres chacun, et les intervalles sont remplis des débris de couches fracturées. En suivant la direction d'une faille, on remarque parfois, en différents endroits, des variations très-inégales de niveau : la différence est, sur tel point, de 90 mètres, sur tel autre de 200 mètres; ces variations proviennent, dans quelques cas, de la jonction de deux ou plusieurs failles. En d'autres termes, les couches disjointes ont été, dans certains districts, soumises à des mouvements répétés qu'elles n'ont point subis ailleurs.

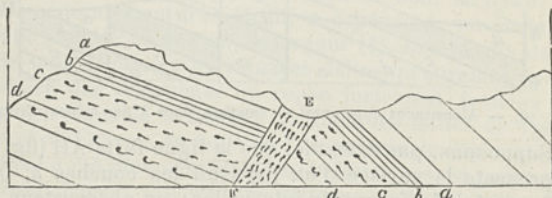


Fig. 75. EF, faille ou fente remplie de débris, de chaque côté de laquelle les couches inclinées ne sont point parallèles.

On rencontre, dans certaines carrières de sable meuble et de gravier, des exemples de glissements tout à fait semblables, quoique sur une petite échelle. La plupart ont été sans aucun doute occasionnés par le desséchement et la contraction des couches argileuses et autres, et de légers affaissements sont résultats du défaut de support;

(1) Playfair. *Illustr., of Hutton Theory*, § 42.

(2) *Geol. Trans.*, 2^e série, vol. V, p. 452.

quelques-uns, cependant, même les moins importants, ont pu se produire pendant les tremblements de terre, car le sol a été agité, et son niveau, relativement à celui des mers, a changé considérablement pendant la période où s'est déposée une grande partie du sable et du gravier d'alluvion qui recouvrent aujourd'hui la surface des continents.

J'ai déjà montré que, dans un pays où les couches sont bouleversées, le géologue devait bien se garder de considérer comme des alternances répétées de roches la disposition de certaines couches, jadis continues, mais qui ont été recourbées de manière à revenir plusieurs fois avec le même prolongement et avec la même coupe. La présence d'une série de failles a souvent occasionné de semblables erreurs; avec un peu d'expérience il sera facile de les éviter.

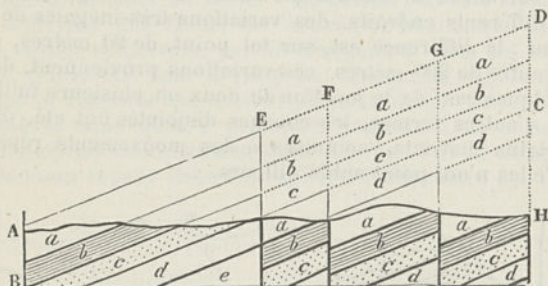


Fig. 76. — Alternances apparentes de couches, dues à des failles verticales.

Supposons, par exemple, que la ligne forte AH (fig. 76) représente la surface d'un pays où les couches *a*, *b*, *c*, affleurent à de fréquents intervalles; un observateur, s'il s'avance de H vers A, pourra s'imaginer d'abord qu'il rencontre à chaque pas des couches nouvelles, tandis qu'il y a seulement une répétition des mêmes lits, causée par des affaissements ou par des failles verticales. Admettons qu'à l'origine, la masse ABCD ait été une suite de couches uniformément inclinées, et que les différentes masses sous EF, FG et GD se soient affaissées successivement, de manière à laisser vides les places marquées par les lignes ponctuées et à remplir celles qui sont indiquées par les lignes pleines. Admettons ensuite qu'une dénu-

dation se soit opérée le long de la ligne AH, de telle sorte que les masses saillantes, représentées par les lignes plus faibles, aient disparu; un mineur qui n'aura pas aperçu les failles pourra s'imaginer, en rencontrant la masse *a* (que nous supposerons être un lit de charbon se répétant quatre fois), qu'il a trouvé quatre lits exploitables jusqu'à une profondeur indéfinie; mais, dès qu'il arrivera à la faille G, il se trouvera soudainement arrêté dans ses travaux; il ne rencontrera plus que des couches de grès *c*; en atteignant la ligne de faille F, il se placera en partie sur le schiste *b* et en partie sur le grès *c*; enfin, en arrivant à E, il sera encore arrêté par le mur de la roche *d*.

Les différences de niveau que représentent les parties séparées des mêmes couches, sur les côtés d'une faille, sont vraiment quelquefois extraordinaires. L'un des cas les plus célèbres, en Angleterre, est, sans contredit, celui que l'on nomme le *ninety fathom dyke* dans le district houiller de Newcastle. On lui a donné ce nom, parce que les lits correspondants sont de quatre-vingt-dix brasses (164 mètres) plus bas au nord qu'au sud. L'intervalle de la fissure a été comblé par un amas de sable qui, passé maintenant à l'état de grès, a reçu le nom de *dyke*; ce *dyke*, généralement très-étroit, a cependant, sur certains points, plus de 20 mètres de largeur (1). Les parois de la faille sont sillonnées de rainures telles qu'auraient pu en produire des fragments de roche fortement frottés le long des plans de la fissure (2). Dans les failles de Tyndale et de Craven, au nord de l'Angleterre, le déplacement vertical a été plus considérable; la fracture s'est propagée horizontalement jusqu'à une distance de 45 kilomètres et plus.

Les grandes failles sont le résultat de mouvements répétés. — Cependant il ne faut pas supposer que les grandes failles ne consistent qu'en fissures linéaires; il y en a ordinairement un grand nombre [qui rayonnent de la fente principale, et l'on trouve quelquefois une longue bande de pays qui semble réduite en morceaux par des rangées de failles parallèles ou se joi-

(1) Conybeare and Philips. *Outlines*, etc., p. 376.

(2) Philips. *Geology*, Lardner's Cyclop., p. 11.

gnant transversalement. Parfois une grande ligne de faille a subi deux fois l'action des mouvements, ou ceux-ci se sont continués durant des périodes successives, de sorte que les dépôts nouveaux ayant couvert l'ancienne ligne de déplacement, les couches, tant nouvelles qu'anciennes, ont cédé le long de la ligne primitive de fracture. Quelques géologues ont imaginé qu'il fallait nécessairement que le mouvement vers le haut ou vers le bas se fût accompli d'un seul coup et non par une suite de chocs subits et interrompus. Cette idée semble déduite de ce que les parois n'ont de rainures que suivant une seule direction. Mais ce fait est si loin d'être constant que non-seulement la plupart des stries ne sont pas toujours parallèles, mais que l'argile et les débris, compris entre des parois rayées et polies, montrent des rainures en sens différents, et que les sillons produits par les minéraux durs sur des surfaces plus tendres sont souvent courbes et irréguliers.

J'ai déjà fait allusion, en expliquant la figure 76, p. 88, à l'absence ordinaire de roches saillantes, formant des précipices ou des crêtes, le long des lignes de grandes failles. Ce fait remarquable est surtout facile à observer dans un terrain houiller qui a été largement exploité, et c'est dans ces localités que les rapports primitifs de couches qui ont changé de position peuvent être déterminés avec une grande exactitude. Prenons-en pour exemple le bassin houiller de Ashby, de la Zouch, dans le Leices-

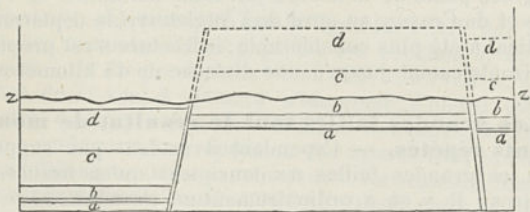


Fig. 77. — Couches de houille dénudées et fracturées, Ashby de la Zouch (Mammatt).

tershire (fig. 77); on y voit une faille sur l'un des lits de houille *a*, *b*, *c*, *d*, qui doivent s'être d'abord élevés à la

hauteur de 150 mètres au dessus des lits qui leur correspondent de l'autre côté. On en pourrait conclure que les couches qui occupent la portion supérieure font une saillie de 150 mètres au-dessus de la surface générale; il n'en est rien, car la configuration du pays qu'exprime la ligne *z z*, prouve au contraire qu'elle est uniformément ondulée et sans aucune brisure; quant à la masse indiquée par la ligne ponctuée, elle a dû être emportée par les eaux (1).

L'étudiant en géologie consultera avec fruit le mémoire de M. Hull, relativement à la mesure des failles que cet auteur a observées dans le bassin houiller du Lancashire. Il remarquera que le déplacement vertical s'élève dans cette localité à des centaines de mètres et que néanmoins toutes les inégalités superficielles qui doivent avoir été produites par ces mouvements ont été effacées par la dénudation consécutive. Le même mémoire fournit la preuve qu'il y a eu deux périodes de mouvement vertical dans la même faille, l'une, par exemple, avant et l'autre après l'époque Triasique (2).

Il existe souvent un rapport intime entre le déplacement des lits par les failles et ces plissements qui constituent les axes anticlinaux et synclinaux dont nous avons déjà parlé; on ne saurait mettre en doute que les causes souterraines de ces deux formes de perturbation ne soient, en grande partie, les mêmes. Dans la Virginie, une faille qui paraissait impliquer un déplacement de plusieurs centaines de mètres a été suivie sur une distance de plus de 128 kilomètres dans la même direction que les plis de la chaîne des Appalaches (3). Une hypothèse qui attribue de semblables déplacements à une succession de mouvements est de beaucoup préférable à toute autre qui montre chaque faille comme le résultat d'un seul soulèvement ou d'un abaissement subit de plusieurs centaines de mètres. Nous savons d'ailleurs qu'il se passe de nos jours, à de grandes profondeurs dans l'intérieur du globe, des actions par suite desquelles certaines étendues de terre, grandes et petites, s'élèvent au-dessus de leur pre-

(1) Voyez *Geological facts*, etc., par Mammatt, p. 90 et planche.

(2) Hull. *Quart. Geol. Journ.*, vol. XXIV, p. 318. 1868.

(3) A. D. Rogers. *Geol. de la Pensylvanie*, p. 897.

mier niveau ou s'abaissent au-dessous, que ces phénomènes s'accomplissent, les uns lentement et insensiblement, les autres subitement et par secousses, à raison de quelques centimètres ou de mètres à la fois; il n'y a donc aucune raison de penser que, pendant les trois mille ans, au moins, qui nous ont précédé, telles régions aient été élevées ou abaissées d'un seul coup de plusieurs dizaines et encore moins de plusieurs centaines de mètres.

Assurément il n'est pas facile de comprendre comment, dans les régions souterraines, une masse de roche solide a été pliée par une série de mouvements continus, tandis qu'une autre en contact de la première ou qui n'en est séparée que par une ligne de fissure, est restée stationnaire ou s'est peut-être affaissée. Cependant les volcans, par l'action intermittente de la vapeur, des gaz et de la lave qu'ils émettent pendant une éruption, nous donnent une idée de la manière dont s'accomplissent ces opérations. On remarque, en effet, que pendant des éruptions qui se répètent à des intervalles indéterminés dans le cours entier d'une période géologique ou dans une grande partie de sa durée, quelques districts contigus et environnants n'éprouvent aucune espèce de perturbation; tandis que dans la plupart des cas qui nous sont très-connus, l'émission de la lave, des scories et de la vapeur est accompagnée du soulèvement de la croûte solide. C'est ainsi que dans les régions du Vésuve, de l'Etna, des îles Madère, des Canaries et des Açores on a la preuve que des dépôts marins de date récente et tertiaire ont été élevés à la hauteur de 300 mètres et quelquefois plus, depuis le commencement des explosions volcaniques. En outre, on observe que les ouvertures du volcan contemporain affectent une tendance générale à prendre une disposition linéaire qui, dans quelques cas, comme aux Andes et dans l'Archipel Indien, s'étend à des distances qui égalent la moitié de la circonférence du globe. Quoi qu'il en soit, il est facile de concevoir que la chaleur volcanique, même lorsqu'elle agit à une profondeur telle qu'elle ne puisse se frayer un passage à la surface, sous la forme d'une éruption, donne encore naissance à des soulèvements du sol, à des courbures et à des failles dans certaines étendues linéaires. La dénudation marine dont

nous traiterons dans le chapitre suivant nous aidera à comprendre les raisons pour lesquelles la portion des roches fissurées, qui devrait être saillante, ne se trouve pas à la surface.

Arrangement et direction des plis parallèles des couches. — J'ai examiné au commencement de ce chapitre les causes qui peuvent produire le plissement des couches par mouvement latéral. Il n'existe pas en Europe de chaîne de montagne à comparer à celle des Apalaches dans l'Amérique du Nord pour la persistance de ses flexions sur une grande distance. Cette chaîne qui a été étudiée et décrite avec la plus grande exactitude par les meilleurs observateurs, s'étend du Nord au Sud, ou plutôt du N.-N.-E. au S.-S.-O. sur une longueur de près de 2400 kilomètres et une largeur de 80 kilomètres ; dans toute cette étendue les couches Paléozoïques ont été courbées de façon à former une série de crêtes parallèles anticlinales et synclinales qui comprennent ordinairement trois ou quatre flexions principales et un grand nombre de plus petites. Quelques-uns de ces plis forment de larges et gracieuses courbures, et d'autres des arceaux étroits et raides, tandis que certains, sur les points où la flexion a été la plus forte, sont intervertis, les couches ayant été repliées sur elles-mêmes comme on l'a vu dans la figure 73, page 85.

Après avoir suivi une ligne droite pendant plusieurs centaines de kilomètres, les crêtes parallèles se montrent sur une plus petite distance, déviant de 30° de leur première direction ; et les plis ont opéré ensemble leur conversion en conservant leur parallélisme, comme s'ils avaient tous obéi au même mouvement. La date des mouvements qui ont donné lieu aux grandes flexions doit, naturellement, avoir été postérieure à celle de la formation de la plus grande partie du terrain supérieur houiller ou des roches courbées les plus récentes ; mais la perturbation a dû cesser avant que les couches du Trias fussent déposées sur les arêtes dénudées des lits courbés.

La manière dont les plis parallèles, si nombreux et tous formés simultanément, prennent ensemble une direction commune et qui peut varier quelquefois de 30° de la ligne normale de la chaîne, montre à quelle déviation

on peut s'attendre dans des lits d'une direction uniforme, quand l'aire géographique à travers laquelle on les suit est prise sur une vaste échelle.

Les dérangements dans le cas dont nous parlons ont dû se produire entre la période Carbonifère et celle du Trias, et cet intervalle est si considérable qu'ils doivent avoir occupé un grand laps de temps, pendant lequel le parallélisme des plis s'est toujours maintenu. Cependant, en règle générale, partout où, après un long intervalle géologique, le retour des mouvements latéraux a donné naissance à une nouvelle série de plis, la direction de ces derniers est différente. Ainsi, par exemple, M. Hull a montré que trois lignes principales de dérangements, toutes postérieures à la période Carbonifère, ont affecté les roches stratifiées du Lancashire. La première de ces lignes, ayant une direction E.-N.-E., a été produite à la fin de la période Carbonifère; la suivante, courant du nord au sud, s'est formée à la fin du Permien, et la troisième, allant dans le sens N.-N.-O., à la fin de la période Jurassique (1).

Stratification discordante. — On dit des couches qu'elles sont discordantes quand une série est placée sur une autre série, de telle sorte que le plan de la partie supérieure repose sur la tranche de la partie inférieure

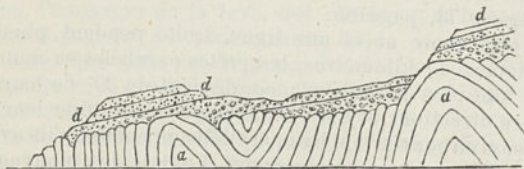


Fig. 78. — Jonction discordante du vieux grès rouge et du schiste Silurien au Siccar-Point, près de Saint-Abb's Head, Berwickshire.

(fig. 78). Dans ce cas, il est évident qu'une période quelconque s'est écoulée entre la formation des deux séries, et que durant cet intervalle, la plus ancienne a été poussée et bouleversée; la série supérieure s'est ensuite déposée sur la précédente en couches horizontales. Si les lits

(1) Edward Hull. *Quart. Geol. Journ.*, vol. XXIV, p. 327.

supérieures *d, d* (fig. 78) sont également inclinés, il est clair que les couches inférieures *a, a* ont été déplacées deux fois : d'abord, avant le dépôt des lits nouveaux *d, d*, ensuite, à l'époque où ces lits ont été légèrement rejetés eux-mêmes de leur position horizontale.

Il arrive souvent que, durant l'intervalle qui s'écoule entre le dépôt de deux groupes de couches discordantes, la roche inférieure a été non-seulement dénudée, mais encore perforée par des coquilles. Ainsi, à Autreppe et à Gusigny, près de Mons, on voit des lits anciens de calcaire (primaire ou paléozoïque) fortement inclinés et souvent recourbés, qui sont couverts de couches horizontales

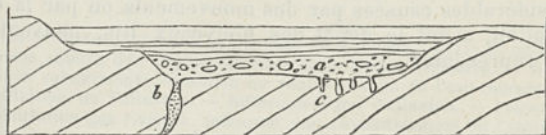


Fig. 79. — Jonction de couches discordantes, près de Mons, en Belgique.

de marnes verdâtres et blanchâtres de formation Crétacée. Le lit inférieur, et conséquemment le plus ancien de la série horizontale, est ordinairement formé de sable et de conglomérat, *a*, dans lesquels se trouvent des fragments de pierre arrondis de 25 à 30 centimètres de diamètre. Ces fragments présentent souvent des coquilles qui adhèrent à leur surface, ou bien ils ont été percés par des mollusques perforants. La surface solide du calcaire inférieur a été également trouée, et montre des cavités cylindriques et piriformes, comme dans *c*, qui ont été produits par les mollusques saxicaves. Diverses fissures, comme en *b*, qui descendent à plusieurs décimètres ou même à quelques mètres dans le calcaire, ont été remplies de sable et de coquilles semblables à celles qui se trouvent dans la couche *a*.

Couches en recouvrement. — Les couches sont dites en recouvrement, lorsqu'un lit supérieur s'étend au delà des limites d'un lit inférieur. Ce cas peut se produire de diverses manières ; ainsi, par exemple, lorsque les altérations de la géographie physique font varier la position des bras d'une rivière ou des canaux de décharge,

de façon que le sédiment transporté se dépose sur une plus grande surface que précédemment; ou bien encore lorsque le fond de la mer a été exhaussé et puis déprimé sans que la position horizontale des couches ait été dérangée. Dans ce cas, les couches récentes peuvent reposer en stratification plus ou moins discordante sur les anciennes, mais dépassent, en s'étendant, les bords de ces dernières. On peut rencontrer tous les états qui sont intermédiaires entre celui des couches en stratification discordante et celui des couches en recouvrement, parce que tous les degrés entre un léger changement de position des formations anciennes, et les perturbations plus considérables causées par des mouvements ou par la dénudation, avant le dépôt des nouveaux lits, peuvent y être représentés.



CHAPITRE VI

DÉNUDATION.

Définition de la dénudation. — La quantité de dénudation égale au moins la masse entière des dépôts stratifiés de la croûte terrestre. — Dénudation subaérienne. — Action du vent. — Action de l'eau courante. — Définition de l'alluvion. — Différents âges d'alluvion. — Pouvoir de dénudation des rivières, influencé par l'exhaussement ou l'abaissement des terres. — Dénudation littorale. — Falaises marines à l'intérieur des terres. — Escarpements. — Dénudation sous-marine. — Dogger-Bank. — Banc de Terre-Neuve. — Pouvoir de dénudation de l'Océan pendant l'émersion des terres.

La dénudation, dont il a été accidentellement question dans les chapitres précédents, consiste en un déplacement de la matière solide par l'eau en mouvement (eau des fleuves, vagues et courants de la mer), et, par conséquent, dans la mise à nu de certaines roches inférieures. L'influence de cette opération sur la structure de l'écorce terrestre n'a pas été moins importante, moins universelle que la sédimentation même; car la dénudation contribue invariablement à la production de toutes nouvelles couches d'origine mécanique. La formation de chaque nouveau dépôt par le transport de sédiments et de cailloux roulés, prouve nécessairement qu'il s'est opéré, en tel ou tel endroit, une désagrégation de la roche, en fragments arrondis, sable ou limon, égale en quantité aux couches nouvelles. Tout dépôt donc, sauf le cas de formation par une pluie de cendres volcaniques, par une coulée de lave, ou par le développement de certains produits organiques, indique une désagrégation superficielle, se continuant de nos jours, sur un point quelconque, et ailleurs un accroissement correspondant. Le gain cons-

taté d'un côté équivaut à la perte éprouvée de l'autre. Ici les eaux d'un lac ont baissé, là un ravin s'est profondément creusé ; sur tel point le lit de la mer s'est approfondi par suite de la disparition d'un banc pendant une tempête ; sur tel autre, sa profondeur a diminué par suite de l'accumulation, sur son fond, du sable transporté de ce même banc.

La vue d'un édifice en pierre éveille naturellement en nous l'idée de la carrière qui en a fourni les matériaux ; eh bien ! les assises de cet édifice peuvent se comparer aux couches successives, et la carrière à un ravin ou à une vallée dénudée. Si les couches sédimentaires ont été, comme les lits de pierre, déposées graduellement les unes au-dessus des autres, de même aussi l'excavation de la vallée et celle de la carrière ont eu lieu graduellement. Pour pousser encore plus loin la comparaison, assimilons les monticules de limon, de sable et de gravier habituellement nommés *alluvion*, aux débris de carrières, rejetés comme inutiles par les ouvriers, ou qui, tombés sur la route, entre la carrière et la construction, gisent dispersées çà et là sur le sol.

Mais il arrive parfois qu'on rencontre dans un conglomérat de gros cailloux roulés appartenant à un conglomérat plus ancien, et qui provenaient déjà d'un grand nombre de roches différentes. Dans ces cas, nous nous rappellerons que les mêmes matériaux ont servi plusieurs fois à des combinaisons nouvelles, et qu'il ne suffit pas d'affirmer que la masse entière des dépôts stratifiés de la croûte terrestre offre un témoignage et une mesure de la dénudation qui a eu lieu, car, dans le fait, la quantité de matière que l'on voit aujourd'hui sous la forme de roches stratifiées ne représente qu'une fraction de celle qui, après avoir été déplacée par l'eau, a été ensuite déposée dans les âges passés.

Dénudation subaérienne. — Il y a deux sortes de dénudation : la dénudation subaérienne qui est causée par l'action du vent, de la pluie et des rivières ; et la dénudation sous-marine qui est produite par les vagues de la mer, par les marées et par les courants marins. L'opération du premier genre nous étant mieux connue, c'est sur elle que nous appellerons d'abord l'attention.

Action du vent. — Dans les régions désertes qui ne

connaissent pas la pluie, ou dans celles, comme certaines parties du Sahara, où le sol est tellement salé qu'il ne peut se couvrir d'aucune végétation, des nuages de poussière et de sable attestent le pouvoir qu'a le vent de déplacer les roches incohérentes ou désagrégées.

En examinant les contrées volcaniques, j'ai été vivement frappé des grands changements que le vent apporte à la surface dans le cours des siècles. Le pic le plus élevé de Madère a une altitude d'environ 4,815 mètres au-dessus du niveau de la mer; il consiste en un squelette de cône volcanique d'une hauteur actuelle de 75 mètres, dont les couches ont toutes plongé d'abord du centre dans toutes les directions sous un angle de plus de 30°. Le sommet est formé d'un dyke de basalte, renfermant beaucoup d'olivine, de 4^m50 de large, et paraissant être le reste d'une colonne de lave qui s'élançait autrefois du cratère. Presque toutes les scories de la partie supérieure du cône ont été balayées, et il ne reste plus que les portions de celles qui ont été durcies au contact ou à proximité du dyke. Me trouvant sur ce pic, le 25 janvier 1854, j'observai de mes yeux le vent, quoique le temps ne fût pas orageux, enlever le sable et la poussière qui provenaient des scories décomposées. La nuit avait été très-froide, et on voyait encore un peu de glace dans les crevasses des rochers.

Sur la plate-forme la plus élevée de la Grande-Canarie, à une altitude de 4,800 mètres, se trouve une colonne cylindrique de lave dure, dont la matière tendre a été enlevée; et il en est de même pour des débris semblables de dykes appartenant à des cônes d'éruption; tous ces exemples attestent le pouvoir de dénudation du vent sur des points où l'eau courante ne pourrait exercer aucune influence. La dégradation occasionnée par le vent, aidé par la gelée et la neige, ne saurait être insignifiante, même en un seul hiver; et, lorsqu'elle est répétée pendant des siècles, elle peut devenir infiniment considérable.

Action de l'eau courante. — Il existe différentes classes de phénomènes qui montrent, de la manière la plus frappante, le pouvoir qu'a l'eau de creuser des espaces considérables et de les laisser vides. Je parlerai d'abord de ces vallées sur les flancs desquelles on voit se succéder, dans un même ordre, les mêmes couches qui se corres-

pendent par leur composition minérale et par les fossiles qu'elles renferment. Observons, par exemple, plusieurs formations représentées dans le dessin ci-joint (fig. 80) aux n^{os} 1, 2, 3, 4. Nous verrons que chacun des n^o 1, conglomérat, n^o 2, argile, n^o 3, grès grossier, et n^o 4, calcaire, se répète dans une série de collines que séparent des vallées de diverses profondeurs. Si l'on examine les parties subordonnées de ces quatre formations, on trouve, de même, dans chacune d'elles, des lits distincts qui se correspondent sur les côtés opposés des vallées, tant par leur composition que par leur ordre de position. On ne saurait en douter, ces couches ont été continuées à l'origine, et c'est par suite de quelque cause qu'ont été enlevées les portions qui formaient une suite dans toute la série.

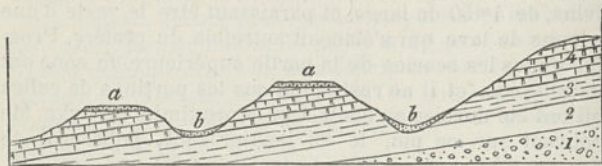


Fig. 80. — a. Alluvion ancienne ou drift (terrain de transport).
b. Alluvion moderne.

Un torrent produit, sur le flanc d'une montagne, des interruptions semblables ; et quand on pratique des saignées artificielles pour le nivellement des routes, on met à découvert des lits qui se correspondent ainsi de chaque côté des tranchées. Seulement ces phénomènes se montrent sur une plus vaste échelle dans la nature, car on les observe sur des montagnes qui ont plusieurs centaines de mètres de hauteur, et qui sont séparées par des intervalles de plusieurs kilomètres ou même de plusieurs lieues d'étendue.

Dans le volume 1 des *Mémoires du Geological survey of Great Britain*, le professeur Ramsay a démontré que les couches manquantes, par suite de leur enlèvement, sur le sommet des Mendips, doivent avoir eu une épaisseur de près de 1,600 mètres ; et il a également signalé des espaces considérables, dans les Galles du Sud et dans quelques comtés adjacents d'Angleterre, qui ont été complètement dépouillés de toute une série de couches

primaires (ou paléozoïques) qui n'avaient pas moins de 3,359 mètres d'épaisseur. On n'a pas besoin de dire que tous ces matériaux ont été transportés dans d'autres régions, et sont entrés dans la composition de formations plus récentes; d'un autre côté, les observations consignées dans le même ouvrage, *Survey*, etc., démontrent que les strates paléozoïques ont une épaisseur de 6,000 à 9,000 mètres. Evidemment, de telles roches, formées de limon et de sable, et maintenant en grande partie consolidées, sont les monuments de faits de dénudation qui se sont produits sur une grande échelle, à une des époques très-reculées et encore inconnues de l'histoire de la terre. Or, tout ce qui a été ajouté à une surface n'a pu être emprunté qu'à une autre; c'est là une vérité dont l'évidence est saisissante, et qu'on ne saurait trop graver dans l'esprit de l'élève, parce qu'on admet, dans certains systèmes géologiques, que la croûte extérieure de la terre a toujours augmenté d'épaisseur par l'accumulation, d'âge en âge, de la matière sédimentaire, comme si les nouvelles couches n'étaient pas toujours produites aux dépens de roches préexistantes, stratifiées ou non stratifiées. En réfléchissant mûrement sur ce fait que tout dépôt d'origine mécanique implique le transport d'une quantité égale de matière solide provenant de quelque autre région, éloignée ou voisine, on conçoit comment la portion pierreuse extérieure de notre planète a dû, dans tous les temps, s'amincir sur tel point et augmenter d'épaisseur sur tel autre.

Tout le monde sait qu'il se forme généralement des deltas aux embouchures des grandes rivières, et que la terre y tend sans cesse à empiéter sur la mer. Ces deltas sont les monuments de dénudation et de dépôts récents, et il est évident que si l'on enlevait le limon, le sable ou le gravier qui les composent pour les restituer aux continents, tous ces matériaux combleraient une grande partie des gorges et des vallées qui sont le résultat de l'action érosive et de transport qu'exercent les torrents et les rivières.

Alluvion. — Entre l'enveloppe superficielle de terre végétale et la roche sous-jacente, il existe généralement un dépôt de gravier meuble, de sable et de limon, auquel on a donné le nom *d'alluvion*. Ce nom a été tiré *d'alluvio*

(inondation), ou d'*alluo* (je lave), d'après cette circonstance que les cailloux et le sable ressemblent communément à ceux du lit d'une rivière, et aux dépôts de limon et de gravier que les eaux abandonnent sur les terres basses.

Durant le cours des changements survenus dans la géographie physique à l'époque où le fond de la mer, s'élevant graduellement, passait à l'état de terre ferme, chaque place a pu être un récif, une baie, un estuaire, une plage marine, ou même le lit d'une rivière. De plus, la distribution des eaux sur les continents a pu se trouver modifiée maintes et maintes fois par les tremblements de terre; des lacs temporaires se sont formés par les glissements de terrain, et la destruction des barrières naturelles opposées à ces lacs a causé des déluges partiels. Pour ces motifs on ne peut espérer d'avoir l'explication de tous les phénomènes alluviaux de chaque pays en particulier, lorsqu'on voit les causes de leur origine être si variées. Enfin, les dernières actions de l'eau ont eu pour effet naturel de troubler et de confondre toutes les alluvions formées précédemment. En présence d'une aussi grande diversité de causes et d'origines, on est toujours exposé à regarder comme l'œuvre d'une seule époque, et l'effet d'une cause unique, ce qui fut, en réalité, le résultat d'actions distinctes pendant une longue succession de périodes géologiques. On peut, toutefois, tirer une instruction utile de l'examen d'une contrée comme l'Auvergne, où des graviers superficiels de différentes dates ont été conservés par des coulées de lave, sorties successivement à des époques où la dénudation, et probablement l'exhaussement, des roches étaient en voie de progrès. Cette région avait acquis en partie sa configuration actuelle avant qu'aucun volcan y fût en activité, et qu'aucune matière ignée eût été répandue sur ses formations granitiques ou fossilifères; aussi les galets, dans les graviers les plus anciens, y sont-ils exclusivement formés de granit et d'autres roches primordiales; lorsque les soupiraux volcaniques vinrent à s'ouvrir, cette alluvion fut couverte par des courants de lave qui la préserva du mélange avec le gravier des époques subséquentes. Dans la suite des temps, un nouveau système de vallées prit naissance, et les rivières coulèrent à des niveaux inférieurs à ceux

des premières alluvions et des anciennes coulées de laves. Lorsque, plus tard, d'autres éruptions donnèrent lieu à de nouvelles laves, la matière fondue se répandit sur un sol plus bas, et le gravier de ces plaines différa de celui de l'alluvion des hautes terres en ce qu'il contient des fragments arrondis de différentes roches volcaniques, et souvent des os appartenant à des groupes distincts d'animaux terrestres qui avaient vécu dans la nouvelle contrée et avaient été ensevelis dans des graviers plus anciens.

Le dessin ci-joint (fig. 81) fait voir les hauteurs diverses auxquelles on observe des lits de lave et de gravier, différents les uns des autres par leur composition et par leur âge; quelques-uns occupent les plateaux de montagnes élevées de 200 à 250 mètres, d'autres la pente des mêmes montagnes, et les plus modernes de tous, le fond de la rivière actuelle, où l'on ne trouve d'ordinaire que du gravier. Toutefois, dans quelques cas, une coulée étroite de lave solide occupe, avec la rivière, la partie basse de la vallée.

La proportion des espèces éteintes de quadrupèdes est

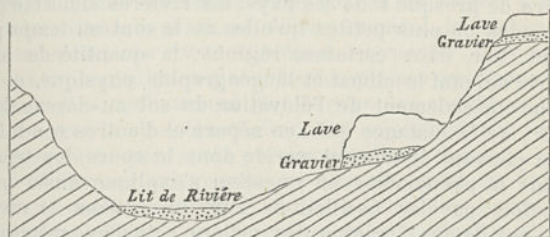


Fig. 81. — Laves en Auvergne, reposant sur des alluvions de différents âges.

plus forte dans les débris fossiles du gravier, n° 1 que dans ceux du n° 2. Dans le n° 3 les ossements ressemblent beaucoup plus, et quelquefois complètement, à ceux de la faune actuelle. La rareté habituelle ou l'absence des débris organiques dans les lits de gravier meuble et de sable doit être attribuée, soit au frottement qui a réduit à l'origine les roches en petits fragments, soit à la nature poreuse de l'alluvion qui permet à l'eau de pluie de pénétrer dans la

masse et de provoquer la décomposition et la dissolution des débris organiques.

La matière meuble transportée, que l'on trouve aujourd'hui sur la surface d'une grande partie du continent dans les régions tempérées et arctiques de l'hémisphère nord, doit être regardée comme étant dans un état exceptionnel, par suite du rôle important qu'a joué la glace dans les temps géologiques comparativement modernes. Nous étudierons plus particulièrement ce sujet quand nous décrirons, dans le chapitre onzième, les dépôts appelés *glaciaires*.

Influence de l'exhaussement ou de l'abaissement du sol sur le pouvoir dénudant des rivières. — On a observé depuis longtemps qu'un grand nombre de rivières creusent aujourd'hui leur lit à travers des dépôts d'alluvion plus profonds et plus étendus qu'aucun de ceux que peuvent former les cours d'eau actuels. On a conclu de ce fait que les rivières, en général, étaient devenues plus petites et moins sujettes aux débordements qu'elles ne l'étaient autrefois. Il se peut que dans l'histoire de presque tous les pays, les rivières aient été plus grandes ou plus petites qu'elles ne le sont au temps présent; car, dans certaines régions, la quantité de pluie varie suivant le climat et la géographie physique, et dépend spécialement de l'élévation du sol au-dessus de la mer, de la distance qui l'en sépare et d'autres conditions qui peuvent également varier dans le cours des temps. Mais le phénomène en question s'explique aussi quelquefois par les oscillations survenues dans le niveau du sol depuis l'origine des vallées actuelles, même sur des points où il n'y a eu ni diminution sensible dans la quantité de pluie, ni augmentation dans les dimensions des rivières.

On sait qu'un grand nombre de grandes étendues continentales sont sujettes, les unes à un exhaussement, les autres à un abaissement, et à moins que d'admettre que ces deux mouvements opposés sont partout uniformes, il y a tout lieu de croire que les bassins hydrographiques actuels ont formé temporairement des lacs qui, d'abord comblés par des couches fluviales, ont été ensuite partiellement creusés à nouveau.

Supposons, par exemple, qu'une portion de continent, comprenant dans son étendue un vaste bassin hydrographique, tel que celui du Mississipi, vienne à baisser de plusieurs centimètres ou décimètres dans le cours d'un siècle, comme cela est arrivé pendant trois ou quatre cents ans entre les latitudes 60° et 69° N., pour la côte occidentale du Groenland qui s'étend du nord au sud sur près de 900 kilomètres (1) ; la quantité d'abaissement ne sera pas partout la même, et, dans bien des cas, l'intérieur des terres subira une dépression supérieure à celle de la région qui longe la mer. Toutes les fois qu'il en sera ainsi, la pente des eaux qui descendront des terres supérieures diminuera, les ruisseaux tributaires perdront de leur force à transporter le sable et les sédiments dans la rivière principale, et celle-ci deviendra à son tour moins puissante à entraîner son fardeau annuel de matière transportée à la mer. Toutes les rivières, dès lors, commenceront à combler partiellement leurs anciens lits, et, pendant leurs inondations devenues plus fréquentes, elles exhausseront par de nouveaux dépôts les plaines alluviales qui les bordent. Si, alors, la même surface de terre vient à se relever à son premier niveau, la pente, et, conséquemment, la vitesse de toutes les rivières commenceront à augmenter. Les eaux seront moins sujettes à inonder les plaines voisines alluviales ; elles continueront de charrier les matières terreuses vers la mer, et nettoieront et approfondiront leurs lits jusqu'à ce que, après plusieurs milliers d'années, chacune d'elles se soit creusé un nouveau canal ou vallée au travers d'une formation fluviale d'une date comparativement moderne. La surface de ce qui constituait la *plaine de rivière* pendant la période de plus grande dépression, formera alors aux deux côtés de la vallée des sortes de terrasses en apparence horizontales, mais qui, en réalité, suivront l'inclinaison générale de la rivière. Ces terrasses présenteront partout des escarpements de gravier et de sable qui feront face au cours d'eau. Qu'une semblable série de mouvements se soit effectivement produite pendant les oscillations de niveau dans la vallée principale du Mississipi et de ses tributaires, c'est ce que je

(1) *Principes de Géologie*, édition française, 1873, p. 252, vol. II.

me suis efforcé de démontrer dans une description de cette contrée (1); et les coquilles d'eau douce d'espèces vivantes, ainsi que les ossements de quadrupèdes terrestres appartenant en partie à des races éteintes et conservés dans les terrasses d'origine fluviale, attestent l'exclusion de la mer pendant toute la durée du comblement et de la ré-excavation partielle.

Dénudation littorale. — On doit comprendre dans la dénudation sous-aérienne une partie de l'action qu'exercent les vagues entre les deux marques extrêmes des eaux, d'autant plus que l'affouillement des falaises par les vagues est facilité par les sources terrestres qui entraînent souvent la descente dans la mer de masses considérables de terre. Le long des côtes d'Angleterre, on trouve un grand nombre de forêts submergées, visibles seulement aux basses eaux et dont les arbres ont leurs troncs debout; leurs racines s'étendent encore à travers l'ancien sol comme si elles étaient vivantes. On rencontre ces exemples en trop d'endroits et à une trop grande profondeur pour qu'on puisse les expliquer par un pur changement dans le niveau des marées, bien que, par suite de la dévastation qui sévit sur les côtes et modifie leur configuration, la hauteur des marées montantes et descendantes varie sans cesse, et que les niveaux de la haute mer, en un point quelconque, puissent différer entre eux, dans le cours des siècles, de plusieurs mètres et même de plusieurs brasses. C'est cette fluctuation dans la hauteur des marées, ainsi que l'érosion et la destruction des côtes marines qui nous rend excessivement difficile, dans l'espace de quelques siècles, ou même peut-être de quelques milliers d'années, de déterminer s'il existe un changement opéré par un mouvement souterrain dans le niveau relatif de la terre et de la mer.

On remarque souvent, et tel est le cas pour les côtes du Devonshire et du Pembrokeshire, des faits qui paraissent conduire à des conclusions opposées; et c'est ainsi que l'on verra sur un point une plage élevée avec des coquilles marines littorales, et sur un autre immédiatement adjacent une forêt submergée. Ces phénomènes indiquent

(1) *Second Visit to the United States (Second voyage aux États-Unis)*, vol. I, chap. XXXIV.

des oscillations de niveau, et comme les mouvements sont très-graduels, ceux-ci doivent fournir aux brisants l'occasion souvent répétée de dénuder le terrain sans cesse exposé à leur furie, quoique évidemment la submersion s'effectue quelquefois de façon à permettre aux arbres qui bordent les côtes de ne pas être enlevés de leur position.

Falaises marines dans l'intérieur des terres. —

Dans les pays où les calcaires durs abondent, les falaises intérieures ont souvent conservé fidèlement la physiologie qu'elles avaient lorsqu'elles constituaient des limites entre la terre et la mer. En Morée, par exemple, on observe jusqu'à trois et même quatre rangées de ces falaises qui sont parfaitement conservées; on les voit s'élever au-dessus les unes des autres, à différentes distances du rivage actuel, la plus haute, qui est en même temps la plus ancienne, atteignant parfois à plus de 300 mètres d'élévation. A la base de chacune d'elles il existe habituellement une plage consolidée avec coquilles marines, et une ligne d'excavations littorales. Ces rangées de falaises impliquent que des interruptions ont eu lieu pendant la durée de l'exhaussement et que c'est alors que les vagues et les courants ont eu le temps de miner, d'entraîner et de faire disparaître des masses considérables de rochers.

J'avertirai, toutefois, les commençants de n'être point surpris s'ils ne rencontrent aucune trace évidente du séjour antérieur de la mer sur des terres dont la submersion, à des époques relativement récentes, ne fait pour nous aucun doute. Malgré la nature durable des traces laissées par l'action littorale sur quelques roches, spécialement sur les roches calcaires, on ne saurait découvrir partout d'anciennes plages marines et des falaises intérieures. Bien au contraire, ces sortes de traces sont, en général, fréquemment interrompues, et manquent souvent dans les districts composés de formations argileuses et sableuses, bien que celles-ci aient dû s'élever dans le même temps et par les mêmes mouvements intermittents que les roches voisines plus dures.

Escarpelements. — Outre les falaises intérieures dont nous venons de parler qui marquent les anciennes limites de la mer, on observe d'autres terminaisons brusques

de roches de diverses sortes qui ressemblent aux falaises marines, mais qui sont, en réalité, le produit de la dénudation sous-aérienne. On leur a donné le nom de *escarpements*, et ce terme sert ordinairement à désigner l'affleurement de formations particulières qui ont des lignes brusques, par lesquelles elles se distinguent des falaises dues à l'action marine.

J'avais d'abord supposé que la ligne escarpée des pentes ressemblant à des falaises que l'on voit le long de l'affleurement de la craie, quand on suit la crête des North ou South Downs, était due à l'action marine; mais le professeur Ramsay a démontré (1) que la configuration actuelle de la géographie physique est bien plus en faveur de l'idée que les escarpements proviennent d'une dévastation graduelle qui s'est opérée à partir du moment où les roches ont été exposées dans l'atmosphère à l'action de la pluie et des rivières.

M. Whitaker a donné un excellent résumé des circonstances qui permettent de reconnaître si ces falaises, en apparence marines, sont simplement le résultat de la dévastation en plein air. 1° On ne voit, à la base de l'escarpement, aucuns signes de plages marines anciennes ou de dépôts littoraux; 2° on observe une grande inégalité dans le niveau de la ligne fondamentale; 3° les escarpements ne coupent pas, comme les falaises marines, une série de roches distinctes, mais ils sont toujours confinés à la ligne-limite de la même formation; 4° on distingue quelquefois divers escarpements contigus et parallèles, ceux du grès vert et de la craie, par exemple, qui sont si rapprochés les uns des autres, et parfois d'une hauteur si uniforme, qu'il est impossible de concevoir qu'un archipel actuel, venant à être converti en terre ferme, puisse présenter une pareille configuration.

Cette théorie n'est nullement incompatible avec l'idée que les limites de l'affleurement du grès et de la craie, que suivent maintenant les escarpements, ont été déterminées à l'origine par la dénudation marine. Lorsque la partie sud-est de l'Angleterre finit par émerger au-dessus des eaux, elle fut en butte, sans aucun doute, à l'action

(1) *Géographie Physique et Géologie de la Grande-Bretagne*, p. 78. 1864.

des marées, des vagues et des courants, et la craie dût former tout d'abord une masse en surplomb au-dessus de l'argile, appelée Gault, qui est beaucoup moins résistante. Puis, après l'émergence, les escarpements actuels, si semblables aux falaises marines, durent certainement tirer leurs traits les plus caractéristiques de la dévastation sous-aérienne causée par la pluie et par les rivières.

Dénudation sous-marine. — Quand on essaye d'évaluer dans quelle proportion s'exerce la dénudation sous marine, on reconnaît le désavantage que nous avons de ne pouvoir observer d'une manière suivie l'action des courants marins sur le fond de la mer. On n'ignore pas que l'agitation des vagues, même pendant les tempêtes, décroît beaucoup à partir de la surface, de telle sorte qu'elle devient très-insignifiante à la profondeur de quelques brasses, et tout à fait insensible à celle d'environ seize brasses. Mais on sait aussi que lorsque de grandes masses d'eau sont transportées par un courant d'une partie de l'Océan à un autre, elle conservent à de grandes profondeurs une vitesse telle, qu'elles sont capables d'enlever aux roches, sur lesquelles elles roulent les parties fines et même quelquefois les parties grossières. Si le Mississippi, avec une profondeur de 45 mètres et une vitesse à la surface de 3,200 à 4,800 mètres à l'heure, peut maintenir son canal libre et charrier jusqu'à son delta du sable et du gravier, on comprend qu'un courant gigantesque comme le Gulf-Stream, dont le volume est égal à celui de plusieurs centaines de Missisipis, et qui est doué, en certains points de sa surface, d'une vitesse de 4,800 mètres, puisse exercer son pouvoir d'érosion et de transport à des profondeurs bien plus considérables. Toutefois la puissance de la mer considérée comme agent de dénudation, au point de vue géologique, ne dépend pas de la propriété qu'auraient les courants de conserver à de grandes profondeurs une vitesse assez grande pour enlever le sable et le limon, parce que, même sur le point où il n'y a encore ni dépôt, ni entraînement de la matière sédimentaire, la profondeur de l'eau ne reste pas la même pendant toute la durée d'une époque géologique. Chaque page de l'histoire du globe nous prouve que les niveaux relatifs des terres et des mers, aussi bien que la position de l'Océan,

des continents et des îles, n'ont jamais cessé de varier ; et l'on peut tenir pour certain qu'en ce moment même, il est des portions de l'aire sous-marine qui s'élèvent, tandis que d'autres s'abaissent. La force de la marée, du courant et des vagues suffit, pendant les tempêtes, pour empêcher l'émerision d'un grand nombre de parties continentales, quand même elles seraient sous l'influence d'un exhaussement continu. C'est une erreur assez commune que de croire que la dévastation des falaises marines donne toute la mesure de la dénudation marine, car elle n'en représente probablement qu'une insignifiante portion.

Dogger-bank.—Le vaste haut-fond appelé le Dogger-bank se trouve à 96 kilomètres Est environ de la côte du Northumberland et a été comparé sous le rapport de l'étendue à la principauté de Galles tout entière. Il a partout une profondeur de 27 mètres et ses parties les plus élevées ne sont qu'à 12 mètres, au-dessous des eaux. On pourrait l'utiliser à la sûreté des vaisseaux qui naviguent dans nos mers, en y formant une île artificielle sur laquelle on élèverait un phare, mais il n'est pas d'ingénieur assez imprudent pour tenter une semblable entreprise, car il serait certain de voir à la première tempête l'Océan détruire son ouvrage, comme il balaye tout haut-fond momentané qui s'accumule de temps à autre autour d'un bâtiment échoué sur ce même banc (1).

On ne connaît pas de changements géographiques, dans la période des temps historiques, qui nous donnent le droit de penser que l'exhaussement, sur les points où il s'opère, suive une marche rapide. Selon toutes conjectures ce n'est pas à raison de mètres, mais seulement de décimètres, 10 à 12 probablement dans un siècle, que le phénomène se produit. S'il en est ainsi, la continuation du mouvement d'exhaussement pourrait facilement être contrebalancée par la force dénudante de ces courants et de ces vagues que l'on sait prédominer pendant les tempêtes dans l'Océan Allemand. Quelles sont les parties du lit de l'Océan qui sont actuellement stationnaires, quelles sont les terres qui sont en voie de s'élever ou de s'abaisser ? Ce sont là autant de faits très-obscurs pour nous, car la

(1) *Principes*, 10^e édit., vol. I, p. 741.

pratique des sondages faits avec soin est d'une date tout à fait récente.

Banc de Terre-Neuve. — Le grand banc de Terre-Neuve peut être comparé, sous le rapport de l'étendue, à l'Angleterre tout entière. Cette partie du fond de l'Atlantique est entourée de trois côtés par une mer dont la profondeur augmente rapidement, le banc se trouvant lui-même à vingt ou cinquante brasses (360 à 900 mètres) au-dessous de l'eau. La comparaison de différentes cartes dressées à des époques éloignées ne nous permet pas de constater s'il y a sur ce point un changement quelconque de niveau; et quand même un exhaussement graduel viendrait à s'opérer, on ne pourrait pas en déduire que ce banc se transformerait en terre ferme, parce que les brisants situés en pleine mer exerceraient une action prodigieuse même sur les roches solides qui seraient parvenues à atteindre par le soulèvement à quelques mètres de la surface. On sait, par exemple, que lorsqu'en 1831, une île volcanique nouvelle surgit dans la Méditerranée, il suffit aux vagues de peu d'années pour la réduire à l'état de roche submergé.

Il en est de même pour les courants qui passent sur le banc de Terre-Neuve avec une vitesse de 3,200 mètres à l'heure pendant une grande partie de l'année et que l'on sait conserver une rapidité considérable jusque près du fond; ils peuvent enlever tout ce qu'il y a de sable meuble et de limon, et rendre impossible l'émergence du haut-fond malgré les apports de limon, de sable et de roches transportées, provenant à l'occasion des glaces qui se détachent des glaciers du Nord et viennent échouer fréquemment sur les diverses parties du banc. Ces glaces doivent souvent abandonner sur le fond de gros blocs erratiques que les courants marins sont incapables de déplacer, et l'affouillement des couches, composées de matière fine, sur lesquelles reposent les blocs et les graviers, peut aussi entraîner la chute de fragments rocheux de même nature. Il est très-possible que l'enlèvement annuel fait aux roches d'une épaisseur moyenne de 12 millimètres, soit capable de contrebalancer l'exhaussement ordinaire que subissent de grandes étendues sous-marines; aussi le véritable problème à résoudre par le géologue ne consiste pas à établir l'extension de la force dénudante sur la craie

blanche ou sur nos sables et argiles tertiaires, mais à expliquer pourquoi ces matériaux incohérents parviennent toujours, dans une mer ouverte, à dresser leurs crêtes au-dessus des eaux. Pourquoi ne sont-ils pas balayés pendant les tempêtes et précipités dans les abîmes adjacents, lorsque les parties les plus hautes de tout haut-fond sont toujours aplanies et réduites à ne pas dépasser une profondeur de quelques brasses? Cela tient peut-être à la dureté et à la ténacité de certaines roches qui, situées de manière à pouvoir affronter la force des vents, font l'office de brisants; cela doit tenir aussi, ne l'oublions pas, à la protection apportée par une couverture épaisse et continue de cirrhopodes, de patelles et autres créatures qui prospèrent surtout entre les hautes et basses eaux, et abritent contre l'action des vagues les côtes nouvellement exhaussées.

CHAPITRE VII

ACTIONS RÉUNIES DE LA DÉNUDATION, DE L'EXHAUSSEMENT ET DE L'ABAISSEMENT DANS LE REMANIEMENT DE LA CROÛTE TERRESTRE.

Comment on obtient à la surface une idée de l'arrangement des roches situées à de grandes profondeurs. — Pourquoi la hauteur des couches successives dans une région donnée est si disproportionnée avec leur épaisseur. — Évaluation de la quantité moyenne annuelle de dénudation sous-aérienne. — Antagonisme de la force volcanique et du pouvoir nivelant de l'eau courante. — Jusqu'à quel point le transport de sédiment d'une terre à un fond de mer voisine peut avoir de l'influence sur les mouvements souterrains. — Permanence des aires continentales et océaniques.

Comment on obtient à la surface une idée de l'arrangement des roches situées à de grandes profondeurs. — Le lecteur a déjà appris qu'on rencontre souvent, dans la structure de la croûte terrestre, la preuve de la superposition directe des couches marines à des couches d'eau douce, ainsi que celle de l'alternance de formations produites dans une mer profonde et de formations accumulées dans des eaux basses. Pour expliquer comment une telle série de roches a pu former nos îles et nos continents actuels, il ne suffit pas de supposer que des mouvements alternatifs d'exhaussement et d'abaissement se sont produits verticalement sur une grande échelle, il faut aussi admettre que le soulèvement dans les aires que nous habitons aujourd'hui a suffisamment prédominé, dans les derniers temps géologiques, sur l'abaissement, pour faire que ces portions de la croûte terrestre soient devenues terres fermes au lieu de mers. Par suite de l'affaissement d'un delta au-dessous du niveau de la mer, les couches d'origine fluviale ou même terrestres,

telles que les tourbières avec leurs arbres propres aux marais, pourront être couvertes par des dépôts originaires d'une mer profonde. D'autre part, il n'y a pas de limite à l'épaisseur du limon et du sable qui peuvent s'accumuler dans des eaux basses, pourvu que les apports renouvelés du sédiment qui est amené d'une terre soumise à la dénudation s'opèrent dans la même proportion que l'abaissement du fond de la mer. Ce dernier, à son tour, s'affaîssera quelquefois avec une rapidité telle que la matière terreuse, se trouvant arrêtée dans quelque dépression nouvellement produite du côté du rivage, n'arrivera jamais à atteindre la place où elle devait définitivement se déposer; alors, l'eau devenant claire sur ce point, et favorisant le développement de coquilles et de coraux, il s'ensuivra que des roches calcaires d'origine organique s'accumuleront sur des dépôts mécaniques.

La succession des couches dont nous venons de parler s'accorderait avec la production des mouvements d'abaissement et d'exhaussement graduels de la terre et du fond de la mer, sans que l'horizontalité de plusieurs formations éprouvât aucune perturbation. Mais l'arrangement des roches stratifiées qui composent la croûte terrestre diffère matériellement de celui qui résulterait simplement d'une suite de mouvements verticaux. Si les forces volcaniques n'avaient donné lieu qu'à de pareils mouvements, et si les roches stratifiées s'étaient formées, à l'origine, au-dessous des eaux et puis élevées au-dessus de leur surface, sans subir aucune compression latérale, le géologue n'aurait jamais pu lire dans les monuments des divers âges, parmi lesquels il en est qui remontent à une ancienneté extrêmement reculée.

Ce que nous avons dit dans le Chap. V, relativement au plongement et à l'inclinaison, au plissement et à l'inversion des couches, aux flexions synclinales et anticlinales, et dans le Chap. VI, relativement à la dénudation, sous-aérienne ou sous-marine, à différentes périodes, tout cela doit entrer dans l'esprit de l'étudiant avant qu'il cherche à éclaircir plus tard ce qui lui paraîtra d'abord une anomalie, et qu'il est particulièrement important pour lui de bien comprendre. Je veux parler de la petite hauteur qu'atteignent au-dessus du niveau de la mer des couches

qui offrent souvent plusieurs kilomètres d'épaisseur, aussi bien que de la succession chronologique qu'elles présentent, dans une même région, sans qu'il soit permis d'élever aucun doute à cet égard. Si les roches stratifiées se fussent en général maintenues horizontales, les vagues de la mer auraient eu le pouvoir, pendant les oscillations de niveau, d'en niveler les couches supérieures à mesure qu'elles s'élevaient ou s'abaissaient durant l'émergence ou la submersion de la terre ferme. Mais on ne rencontre qu'exceptionnellement une série de formations, d'âges tout à fait différents, qui soient restées horizontales, et voilà pourquoi l'aplanissement des parties supérieures des couches n'a pas eu lieu. C'est donc réellement à des mouvements de compression latérale s'exerçant de côté, aussi bien qu'à la dénudation sous-aérienne et sous-marine que sont dues ces strates à courbures synclinales et anticlinales, déjà décrites (fig. 55, p. 68), qui nous permettent d'observer les conditions de structure de la croûte terrestre à plusieurs kilomètres au-dessous des points que le mineur peut atteindre. J'ai déjà montré dans la fig. 56, p. 70, comment, à St. Abb's Head, une série de couches, d'une puissance indéfinie, peut devenir verticale, et puis être dénudée, de façon que les bords des lits soient seuls visibles, la hauteur des crêtes soulevées étant réduite à ne dépasser que modérément le niveau de la mer. On reconnaîtra aussi que, bien que les couches incombantes du Vieux-Grès-Rouge soient, dans cette localité, presque horizontales, des lits plus récents de même nature ont subi ailleurs des flexions telles qu'ils montrent des strates verticales dont les bords sont coupés brusquement, comme on peut le voir aux points 2, 3, 4, sur le côté droit du dessin représenté dans la fig. 55, p. 68.

Pourquoi, dans une région donnée, la hauteur des couches successives est si disproportionnée avec leur épaisseur. — On ne saurait se pénétrer assez de cette vérité que la faculté que nous avons de consulter les différentes pages et volumes de ces mémoires rocheux dont se compose la croûte du globe, dépend essentiellement des actions réunies qu'exercent les forces volcaniques et les forces aqueuses, les unes en dérangeant la position primitive des roches, et les autres en en

détruisant de grandes portions. Mais, demandera-t-on, pourquoi, si l'ancien lit de la mer a été soulevé, dans plusieurs régions, à la hauteur de trois ou quatre kilomètres, parfois même à une hauteur double, et si l'on peut prouver que certaines formations ont à elles seules une épaisseur de trois ou quatre kilomètres, rencontre-t-on si souvent plusieurs groupes importants, superposés les uns aux autres, qui n'atteignent encore qu'une élévation de quelques centaines de mètres au-dessus du niveau de la mer ?

Les géologues Américains, après avoir étudié avec soin les monts Alleghany ou Appalaches, ont affirmé que les roches fossilifères les plus anciennes de cette chaîne (du Silurien au Carbonifère inclusivement) n'ont pas moins de 12,600 mètres d'épaisseur, et que, si on les superposait les unes aux autres dans l'ordre où elles ont été déposées, leur hauteur serait égale à celle qu'on obtiendrait en entassant les Alpes par-dessus les monts Himalaya. Ces montagnes, cependant, atteignent rarement une altitude de 1,500 mètres, et leurs pics les plus élevés ne s'élèvent pas au-dessus de 2,100 mètres. On peut démontrer que les strates carbonifères qui constituent le membre supérieur de la série et contiennent des couches de houille, se sont formées dans des eaux basses, ou même quelquefois en plein air dans des terrains marécageux. Mais, chose étonnante, c'est que la partie tout à fait inférieure de cette grande série Paléozoïque, au lieu d'être une masse précipitée d'une certaine hauteur au fond d'un abîme de plus de 12,000 mètres de profondeur, consiste en sédiment (grès de Postdam) qui s'est évidemment déposé sur le lit d'une mer basse, où se sont formés occasionnellement des sables marqués de rides. On n'obtient pas l'énorme chiffre de 12,000 mètres de puissance en ajoutant l'une à l'autre l'épaisseur maximum qu'atteint chaque formation dans les parties séparées de la chaîne, mais en mesurant les groupes successifs comme on les rencontre dans une étendue très-limitée et sur les points où les bords dénudés des couches verticales qui forment les plis parallèles dont nous avons parlé à la page 93 *affleurent* à la surface. M. James Hall, paléontologue de New-York, a appelé notre attention sur le fait que les ro-

ches Paléozoïques de la chaîne Appalachienne qui sont d'une épaisseur si considérable, s'amincissent graduellement partout où elles sont presque entièrement d'origine mécanique, à mesure qu'on les suit en allant vers l'ouest. De ce côté, évidemment, les mers contemporaines ne se sont pas opposées à la formation des roches organiques par les coraux, les échinodermes et les encrinites, dans des eaux plus claires, et quoique les mêmes périodes successives y soient représentées, la masse totale des couches, depuis la série Silurienne jusqu'à la série Carbonifère, au lieu d'avoir une épaisseur de 12,000 mètres, n'en a qu'une de 1,200 mètres.

Toutes les contrées montagneuses telles que les Alpes, en Europe, présentent un phénomène semblable ; mais il n'est pas besoin, pour en trouver des exemples, de pousser plus loin que le nord de l'Angleterre. Ainsi, dans le Lancashire et l'Angleterre centrale, l'épaisseur de la formation Carbonifère, y compris le grès grossier de Millstone et les lits de Yoredale, est évaluée à plus de 5,400 mètres ; on peut y ajouter le Calcaire de Montagne qui a 600 mètres au moins d'épaisseur, et les formations susjacentes du Trias et du Permien dont la puissance est de 900 à 1,200 mètres. Comment se fait-il donc que les collines les plus hautes du Yorkshire et du Lancashire, au lieu d'avoir une altitude de 7,200 mètres, ne s'élèvent jamais au-dessus de 900 mètres ? Parce que, dans ce cas, comme on l'a observé pour les Alleghanys, toutes les grandes épaisseurs se rencontrent quelquefois réunies dans un cercle étroit et dans une région qui n'a que quelques kilomètres de diamètre. Il faut dire aussi que ces mêmes séries de couches, quand on les suit à des distances indéfinies, montrent qu'elles ont perdu beaucoup de leur puissance. Ainsi les grès et schistes Carbonifères de 5,400 mètres que nous avons signalés dans le Lancashire s'amincissent graduellement, comme l'a indiqué M. Hull, à mesure qu'ils s'étendent vers le Sud, et cela, par diminution ou défaut originel de sédiment et non par suite d'une dénudation consécutive, de telle sorte qu'après les avoir suivis sur une distance d'environ 1,600 kilomètres, dans le Leicestershire, nous les trouvons réduits à une épaisseur de 900 mètres. Dans la même

région, le calcaire Carbonifère atteint une épaisseur si inaccoutumée — c'est-à-dire de plus de 1,200 mètres — qu'elle semblerait telle pour compenser jusqu'à un certain point le manque de roches sédimentaires contemporaines (1).

Il est admis que lorsque deux formations sont discordantes il existe toujours une différence considérable entre leurs débris fossiles. L'hiatus dans la continuité des formes organiques paraît se rattacher à un grand laps de temps écoulé, et, pendant cet intervalle, les strates ont pu subir des perturbations considérables et être dépouillées en partie par la dénudation. Plus on étend ses recherches, et plus on découvre de preuves de ces lacunes qui se montrent même dans les roches les plus anciennes que l'on ait découvertes jusqu'à ce jour. Les exemples les plus anciens que l'on ait mis en lumière dans les Iles Britanniques se trouvent sur les frontières du Rosshire et du Sutherlandshire ; ils ont été parfaitement décrits par sir Roderick Murchison, qui en a admirablement démontré les rapports chronologiques, très-différents, comme il l'a prouvé, de ceux qu'avaient imaginés précédemment certains observateurs. J'ai eu l'occasion, dans l'automne de 1869, de vérifier la splendide coupe représentée dans la fig. 82, en gravissant pendant quelques heures une hauteur de plus de 800 mètres, depuis les bords du Loch Assynt jusqu'au sommet de la montagne appelée Queenaig.

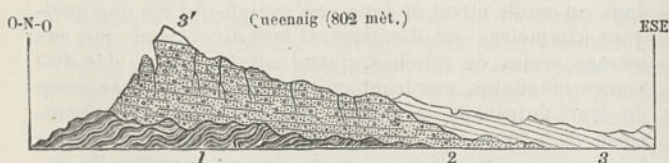


Fig. 82. — Couches Paléozoïques en position discordante, Sutherlandshire (Murchison). 1 Gneiss Laurentien; 2 Conglomérat et grès Cambriens; 3 Membre Quartzeux inférieur (Silurien) avec fourreaux d'annélides.

Les formations 1, 2, 3, Laurentienne, Cambrienne et Silurienne, sur lesquelles nous donnerons des explications

(1) *Hull. Quart. Geol. Journ.*, vol. XXIV, p. 322. 1868.

dans les Chap. XXV et XVI, ne se rencontrent pas seulement en succession dans cette montagne, mais leurs jonctions en discordance sont distinctement visibles à l'œil nu.

Commençons d'abord par la série la plus ancienne de roches, le n° 1 ; ces roches consistent principalement en gneiss hornblendique, et, dans les Hébrides voisines, elles forment la masse totale et atteignent une épaisseur de plusieurs centaines de mètres ; cependant elles ont subi des contournements et une dénudation si considérable qu'elles s'élèvent rarement de plus de quelques décimètres au-dessus du niveau de la mer. Sur les bords de ce gneiss repose, en stratification discordante, le n° 2, groupe composé de conglomérat et de grès pourpre que l'on peut rapporter à la formation Cambrienne ou de Longmynd, qui se trouve partout caractérisée, comme on peut le prouver, par ses débris organiques particuliers. Sur celle-ci repose le n° 3, un membre inférieur du groupe important connu sous le nom de Silurien et dont un lambeau détaché coiffe le sommet de Queenaig, attestant ainsi le déplacement opéré par la dénudation de roches du même âge, qui s'étendaient jadis depuis la grande masse 3 jusqu'à 3'. Quoique cette roche consiste aujourd'hui en quartz solide, il est évident qu'elle se composait à l'origine de sable fin, perforé par un grand nombre de vers arénicoles ou annélides qui ont laissé la trace de leurs demeures sous forme de creux tubulaires (voir Chap. XXV, figure des *Arenicoles*), dont je vis des centaines et des milliers en descendant la montagne.

Sur le Queenaig, ce membre quartzeux de la série Silurienne se montre tout seul, mais le Rév. W. S. Symonds m'informe que dans les coupes voisines de la baie du Queenaig (3 a, fig. 83), des calcaires fossilifères recouvrent le quartz inférieur du Queenaig, 3, et que ces calcaires à leur tour sont surmontés par un quartzite supérieur, 3 b, qui se continue dans les hauteurs des Glashven et Ben-More. A l'Est, cette roche supérieure de quartz est couverte par un gneiss supérieur qui a été confondu avec le gneiss Laurentien inférieur d'Assynt (1, figs. 82, 83). Or, ce gneiss supérieur est plus micacé que le gneiss Laurentien, et il en diffère sous le rapport minéralogique, en ce qu'il

est moins cristallin et plus contourné. Il est très-rare que dans la même contrée une formation continue, telle que le Silurien, soit, comme dans ce cas, plus fossilifère et

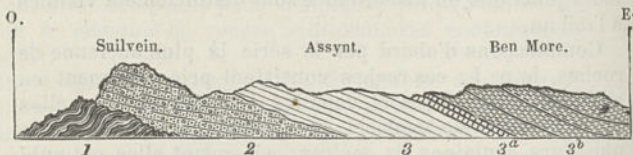


Fig. 83. — Esquisse d'une coupe des mêmes groupes près Queenaig (Murchison).

1. Gneiss Laurentien. — 2 Conglomérat et grès Cambrien. — 3 Roche quartzreuse inférieure (Silurien) avec fourreaux d'annelides. — 3 a. Calcaire fossilifère Silurien. — 3 b. Roche quartzreuse supérieure (Silurien altéré) avec trapps.

moins altérée par la chaleur volcanique dans ses couches anciennes que dans celles qui sont plus récentes ; et il est encore plus rare de trouver un groupe sousjacent et en position discordante comme le Cambrien, qui ait mieux conservé sa condition originelle de conglomérat et de grès que la formation susjacent. On remarquera aussi, relativement à l'origine de ces roches Cambriennes, que ces roches ont été évidemment produites aux dépens du Laurentien sousjacent, car les cailloux roulés que l'on y rencontre sont identiques, sous le rapport de la composition et de la texture, avec ce gneiss cristallin qui constitue les lits contournés de la formation inférieure n° 1. Lorsque le lecteur aura étudié le chapitre sur le métamorphisme, et qu'il aura compris combien il faut de modifications apportées par la chaleur, la pression et l'action chimique, avant que les couches sédimentaires soient converties en couches cristallines, il appréciera l'importance de la notion que l'on acquiert ainsi, relativement à la date des changements qui avaient été déjà effectués dans les roches Laurentiennes avant qu'elles eussent fourni les cailloux roulés Cambriens de quartz et de gneiss. Sir William Logan estime que le Laurentien atteint, dans le Canada, une épaisseur de 9,000 mètres. Quant au Cambrien, sir Roderick Murchison pense que le fragment de cette roche laissé dans le Sutherlandshire a 1,050 mètres environ d'épaisseur, et que, dans les Galles et sur les frontières du Shropshire, cette forma-

tion a 3,000 mètres de puissance. A l'égard des strates Siluriennes n° 3, quelque difficile qu'il soit de les mesurer dans les divers contours qu'elles présentent du côté de l'Est, où elles ont été envahies par des masses intruses de granit, on a supposé qu'elles surpassaient plusieurs fois en volume et en densité les couches du Cambrien.

Quoique nous nous occupions ici de roches stratifiées, qui auraient individuellement une épaisseur de plusieurs kilomètres si elles étaient complètement représentées, nous ferons observer que leur ensemble n'atteint pas même une simple élévation de 4,600 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Évaluation de la quantité moyenne annuelle de dénudation sous-aérienne. — La géologie du district dont nous venons de parler peut nous aider à comprendre sur quelle vaste échelle les groupes d'anciennes roches, dont chacun a pu former à son tour des continents et des bassins océaniques, ont été dérangés, contournés et dénudés dans le cours de quelqu'une de ces périodes géologiques qui font partie de celles si nombreuses que constatent nos monuments imparfaits. Si l'on tient compte du pouvoir multiplicateur du temps, on n'arrivera pas facilement à exagérer les effets que doivent produire des causes qui n'ont pas cessé un jour d'être en activité.

M. Manfredi, en 1736, et plus tard M. Playfair, en 1802, essayèrent de calculer le temps qu'il faudrait aux rivières pour jeter toute la terre ferme dans le bassin de l'Océan. A cette époque, les données étaient encore trop imparfaites et trop vagues pour leur permettre d'arriver sûrement à des conclusions même approximatives. Mais, de nos jours, des recherches de même nature ont été reprises avec plus d'espoir de succès, car on a vérifié avec plus de soin la quantité de matières que plusieurs grands fleuves apportent à la mer. M. Alfred Tylor, en 1850, avançait que la quantité de détritiques qui est aujourd'hui distribuée sur le fond de l'Océan, donnerait lieu dans 40,000 ans à une élévation du niveau de la mer égale, au moins, à 75 millimètres (1). Par la suite, M. Croll, en 1867 et puis en 1868, se fondant sur des observations plus

(1) Tylor. *Phil. Mag.*, 4^e série. p. 268. 1850.

exactes, déduisit, de la dernière évaluation du sédiment que transportent les rivières d'Europe et d'Amérique, le taux de la dénudation sous-aérienne à laquelle est exposée la surface des grands continents; il prenait de préférence pour base le bassin hydrographique du Mississipi, comme étant celui qui donnait la mesure la plus avantageuse de la destruction moyenne de la terre ferme. Dans son remarquable mémoire (1), l'auteur arrivait à conclure que toute la surface terrestre est dénudée dans la proportion de 30 centimètres dans 6,000 ans, et cette opinion fut simultanément confirmée par son coadjuteur scientifique, M. Geikie, qui, conjointement engagé dans la même voie d'observations, publia, en 1868, un essai plein de clarté sur ce sujet.

En se reportant à mes *Principes de géologie* (2), l'étudiant verra que MM. Humphrey et Abbot, dans leur reconnaissance du Mississipi, entreprirent de mesurer exactement la proportion de sédiment que ce fleuve charrie annuellement à la mer, y compris non-seulement le limon tenu en suspension, mais encore le sable et le gravier qui roulent sur le fond.

Il est évident que lorsqu'on connaît les dimensions de l'aire arrosée et la quantité annuelle de matière terreuse qui lui est enlevée pour être portée à la mer, on peut affirmer la quantité moyenne de terre que perd la surface générale dans une année. De plus, en prenant pour exemple le Mississipi, on n'a pas à craindre d'exagérer le taux moyen de dénudation, car ce fleuve arrose une contrée qui égale, sous le rapport de l'étendue, plus de la moitié du continent d'Europe; il s'étend sur un espace de vingt degrés de latitude, et parcourt, par conséquent, des régions à climats très-variés; il a enfin des tributaires qui descendent de montagnes très-élevées. D'un autre côté, le Mississipi est aussi parfaitement situé pour nous donner une excellente mesure de la dénudation ordinaire, parce que, différent du Saint-Laurent et de ses tributaires, il n'a pas de ces grands lacs dans lesquels le sédiment se précipite et est arrêté dans sa course vers la mer. En établissant une moyenne générale, il ne faut pas oublier qu'il

(1) Croll. *Phil. Mag.*, 1838, p. 381.

(2) Voi. I, p. 600. 1872.

existe de vastes déserts où il ne tombe presque pas de pluie, ainsi que des régions qui sont aussi sèches que certaines parties du Pérou ; il ne faut pas les négliger, car elles compensent celles des tropiques où la quantité de pluie est en excès. Si donc, conclut M. Geikie, on admet que le Mississipi est en voie d'abaisser la surface du grand bassin qu'il arrose, dans la proportion de 30 centimètres par 6,000 ans, de 3 mètres par 60,000, de 30 mètres par 600,000, et de 300 mètres par 6,000,000, il ne faudra pas plus de 4,500,000 années pour faire disparaître complètement tout le continent du nord de l'Amérique, si sa hauteur moyenne est réellement, comme l'a calculé Humboldt, de 225 mètres. Or, si la hauteur moyenne de toute la terre ferme qui se trouve actuellement au-dessus de la mer, dans tout le globe, est de 300 mètres, ainsi que le pensent quelques géographes, six millions d'années suffiraient à l'action de la dénudation sous-aérienne pour détruire une masse de roche égale, en volume, à la totalité de la terre ferme. A cela on peut objecter que la dévastation annuelle est partielle, et qu'elle ne s'exerce pas également sur la surface générale d'une région, d'autant plus que les plaines, les lignes de faite qui séparent les bassins de rivières et les plateaux à toutes les hauteurs ne subissent comparativement que fort peu d'altérations ; mais, ces exceptions, comme le fait très-bien observer M. Geikie, ne doivent avoir aucune influence sur notre évaluation de la somme totale de dénudation. En effet, la quantité reste la même, car si nous comptons trop peu pour la perte subie par la surface des plateaux, nous exagérons, d'autre part, celle qu'éprouvent les flancs et les fonds des vallées, et *vice versa* (1).

Antagonisme entre la force volcanique et le pouvoir nivelant de l'eau courante. — On suppose dans toutes ces estimations que toute la terre ferme supérieure au niveau de la mer reste, en moyenne, entière, malgré les dégradations qu'elle subit annuellement. S'il en était autrement, la dénudation sous-aérienne perdrait continuellement de sa force par suite de la diminution, de la hauteur et des dimensions de la terre ferme qui est exposée à son action destructive. Malheureusement, nous

(1) *Trans. Geol. Soc. Glasgow*, vol. III, p. 469.

ne possédons pas encore de données certaines au moyen desquelles on puisse mesurer l'action de cette force qui a la propriété de réparer les inégalités de la surface de la croûte terrestre et de maintenir l'équilibre entre la hauteur des continents et la profondeur des mers. En 1830, je disais dans les *Principes de Géologie* que l'eau courante et l'action volcanique sont deux forces antagonistes; que l'une travaille sans cesse à réduire au niveau de la mer toute la terre ferme, et l'autre à réparer et à maintenir les inégalités de la croûte terrestre, desquelles dépend entièrement l'existence des îles et des continents. J'ajoutais, en outre, que lorsqu'on cherche à se faire une idée des rapports qui existent entre ces forces destructives et réparatrices, il faut toujours avoir présent à l'esprit que ce n'est pas uniquement par le soulèvement que les mouvements souterrains peuvent balancer le pouvoir nivelant de l'eau courante. Car, tandis que le transport du sédiment de la terre ferme à l'Océan exhausse le niveau général de la mer, l'abaissement du fond de celle-ci, qui a pour effet d'augmenter la capacité de ce vaste réservoir, contrarie son exhaussement et empêche la submersion de la partie continentale. Je me suis efforcé de montrer qu'à moins d'admettre qu'en général l'exhaussement est plus considérable que l'abaissement, il faut supposer que le diamètre de la planète va toujours en augmentant par l'effet de cette quantité de matière volcanique, qui sort de l'intérieur de la terre et se répand annuellement, sous forme de laves ou de cendres, soit sur la terre ferme, soit sur le lit de la mer. Le départ de cette matière occasionne, sans aucun doute, des vides souterrains et des effondrements correspondant à la surface, car autrement, la densité moyenne des parties intérieures de la planète iraient toujours en diminuant, tandis que son volume ne ferait que s'accroître (1).

De ce qu'il nous est impossible de déterminer la quotité ou la direction des mouvements dus à l'action volcanique, il ne s'ensuit nullement que l'efficacité de cette force s'appliquant, dans les temps anciens, au maintien des conti-

(1) *Principes*, vol. II, p. 305. 1873.

nents, soit une pure hypothèse. L'étudiant verra dans le Chapitre XXIV les preuves certaines que des forêts Carbonifères, de plusieurs centaines de kilomètres d'étendue, ont existé sur des basses terres ou deltas voisins de la mer, qu'elles se sont affaissées et ont fait place à d'autres forêts, jusqu'au moment où, dans certaines régions, des strates fluviales et d'eaux peu profondes, contenant parfois des veines de houille, se sont empilées les unes sur les autres au point de former une épaisseur de plusieurs centaines de mètres. De semblables accumulations qui ont été observées en Amérique et en Angleterre, sur les bords opposés de l'Atlantique, impliquent l'existence longtemps continuée d'une végétation terrestre, et celle de rivières arrosant un ancien continent qui se trouvait à la place de celui qu'occupe aujourd'hui une mer profonde.

On verra aussi au Chapitre XXV qu'on a la preuve d'une riche flore terrestre, celle du Devonien, plus ancien même que le Carbonifère ; alors que, d'autre part, les périodes plus récentes du Trias, de l'Oolithe, du Crétacé et des Tertiaires successifs nous ont toutes fourni des fossiles, plantes, insectes ou mammifères terrestres. Ces faits nous démontrent que, malgré de grandes oscillations de niveau et des changements continuels dans la position des continents et des mers, les forces volcaniques ont maintenu une proportion importante de terre sèche. On peut aussi invoquer les formations d'eau douce, telles que le Purbeck et le Weald, pour prouver que, pendant les périodes de l'Oolithe et du Néocomien, il existait, en Europe, des rivières qui arrosaient d'anciens continents, à des époques où d'autres espaces, actuellement au-dessus de l'eau, étaient positivement submergés.

Jusqu'à quel point le transport du sédiment d'une terre ferme au fond d'une mer voisine peut avoir de l'influence sur les mouvements souterrains. — D'après le peu que nous savons aujourd'hui relativement aux lois qui gouvernent la distribution, dans l'intérieur du globe et dans le sein de son enveloppe, de la chaleur volcanique qui forme les chaînes de montagnes, les plateaux élevés et les abîmes de l'Océan, il paraît évident que la chaleur est l'agent principal duquel dé-

pendent tous les grands traits qui caractérisent la configuration extérieure de la planète.

On a avancé que l'arrachement par dénudation de fortes masses d'une partie d'un continent et leur décharge sur le fond de la mer doivent avoir certainement pour effet d'opérer des changements de température dans la partie sous-jacente de la croûte terrestre, c'est-à-dire, en d'autres termes, d'occasionner le déplacement des lignes isothermes souterraines. S'il en est ainsi, l'enveloppe terrestre serait susceptible de s'élever dans une de ses parties, et de s'abaisser dans une autre, par suite de l'expansion et de la contraction des roches dont la température est altérée.

Il m'est impossible pour le moment de discuter ce sujet que j'ai traité plus amplement ailleurs (1), mais je puis affirmer ici que dans ma pensée ce transport de sédiment joue un rôle très-subordonné dans la modification de ces mouvements desquels dépend la configuration de la croûte terrestre. Pour que des strates formées dans des eaux basses puissent atteindre à une épaisseur de plusieurs centaines de mètres, et arriver ainsi à exercer une pression considérable de haut en bas, il a fallu que des forces indépendantes et en activité existassent à l'origine pour donner lieu, dans des eaux peu profondes, à un commencement de réceptacle, dans lequel est venu s'accumuler le sédiment. Les mêmes causes continuant de déprimer sur ce point le fond de la mer, il s'est formé de la place pour les nouveaux apports de sédiment, et ce n'est qu'après une répétition longtemps soutenue de pareils moyens de dépôts que la nouvelle matière aurait pu s'accumuler en quantité suffisante pour empêcher la chaleur de s'échapper et pour affecter ainsi la température des roches situées bien au-dessous, jusqu'au point d'accroître ou de diminuer leur volume.

Permanence des aires continentales et océaniques. — Si l'épaisseur de plus de 12,000 mètres, propre aux strates sédimentaires dont nous avons signalé la présence dans les Appalaches, prouve que les mouvements de haut en bas ont prédominé, aux temps Paléozoïques,

(1) *Principes*, vol. II, p. 294. 1873.

dans un district qui forme aujourd'hui la frontière orientale de l'Amérique du Nord, il prouve aussi, comme nous l'avons déjà indiqué, l'existence prolongée et la destruction d'un continent voisin, formé probablement de roches Laurentiennes, et qui était situé sur le lieu même où règne actuellement l'Atlantique. Une semblable hypothèse serait en parfaite harmonie avec les conclusions qui nous ont été imposées par l'étude de la configuration présente de nos continents et par le rapport de leur hauteur avec la profondeur des bassins océaniques, aussi bien qu'avec l'élévation et l'étendue considérables qu'atteint quelquefois le terrain de transport contenant des coquilles d'espèces récentes. Elle concorderait encore plus avec le fait de strates sédimentaires, de plusieurs centaines de mètres d'épaisseur, comme les strates de la Sicile centrale, ou celles qui flanquent les Alpes et les Apennins et qui renferment des mollusques fossiles, dont l'identité avec les espèces vivantes est quelquefois presque complète.

J'ai remarqué ailleurs (1) que des mouvements de haut en bas ou de bas en haut d'une amplitude de 300 mètres et plus ont pour effet de convertir en mer de grandes étendues de terre ferme, et de vastes mers en terre ferme, dans les régions continentales et dans celles qui les limitent, tandis que les oscillations d'une importance égale ne produisaient pas, en général, un effet correspondant dans le lit de l'Océan que l'on suppose avoir une profondeur moyenne de 4,500 mètres, ou pour le moins de 3,600. Il est probable, d'après les sondages pratiqués pendant la pose des câbles télégraphiques et d'après les draguages faits par les expéditions scientifiques, que les profondeurs *maxima* de la mer n'excèdent pas les hauteurs les plus grandes du continent; il peut donc sembler étrange que la profondeur moyenne de la mer puisse être douze fois plus grande que la hauteur de la terre ferme, en prenant pour les profondeurs de l'Océan l'estimation la plus basse qui ait été donnée par les derniers sondages (2). Cette anomalie apparente résulte de ce que les hauteurs extrêmes d'un continent sont exceptionnelles et limitées

(1) *Principes*, vol. I, p. 348. 1873.

(2) Wyville Thomson. *Profondeurs de la mer*, p. 31. 1873.

à une petite portion de sa surface, tandis que l'Océan conserve sa plus grande profondeur sur des aires d'une énorme étendue. L'exemple suivant fera peut-être mieux comprendre la capacité du bassin océanique : — Si l'on confectionnait avec de la glace un modèle exact de toute la terre ferme qui se trouve au-dessus du niveau de la mer, il faudrait douze de ces masses, lorsqu'elles seraient fondues, pour remplir un océan d'une étendue superficielle égale à celle de la terre sèche ; et comme la surface totale de l'Océan, comparée à celle des continents, est dans le rapport de $2\frac{1}{2}$ à 1, il faudrait trente de ces modèles en glace, représentant la masse solide s'élevant au-dessus du niveau de la mer, afin de fournir une quantité d'eau suffisante pour remplir le bassin de nos océans actuels. La dénudation sous-aérienne toute seule serait impuissante à diminuer l'étendue d'un continent, mais elle tend à combler avec du sédiment les mers de profondeur modérée qui baignent les côtes. La matière la plus grossière tombe au fond, près du rivage, dans la première eau tranquille qu'elle rencontre, et, partout, si le fond de mer sur lequel cette matière s'est déposée subit un léger exhaussement, ce fond tend à se convertir en terre ferme ; et il suffira d'un soulèvement d'une centaine de mètres pour qu'il atteigne la hauteur moyenne des continents en général.

Supposons donc que nous ayons la certitude que le pouvoir réducteur de la dénudation sous-aérienne peut en un temps donné — en trois ou six millions d'années et même davantage — pulvériser un volume de roche égal en dimensions à tous les continents actuels, nous trouverions encore, s'il nous était donné de visiter de nouveau la planète à la fin d'une telle période, que les continents occupent absolument la même position que celle qu'ils avaient auparavant, nous verrions les rivières employées à charrier à la mer le même limon, le même sable et les mêmes cailloux qu'elles transportaient de notre temps, nous pourrions remarquer que la matière alluviale superficielle, aussi bien que les strates sédimentaires d'une forte épaisseur renferment des coquilles, et nous reconnaitrions que ces coquilles sont, toutes ou en grande partie, spécifiquement identiques avec celles que nous avons

connues vivantes. Pour si considérables qu'aient été les changements géographiques dans l'hémisphère septentrional depuis la Période Glaciaire, pendant laquelle les parties continentales de cette région ont tour à tour été abaissées et soulevées sur une étendue verticale de 300 mètres, pour si grandes qu'aient été les variations de température dans les latitudes tempérées, tous les géologues savent parfaitement que les mollusques marins n'ont pas changé, et que le même terrain de transport qui a été charrié à la mer au commencement de la période, est actuellement en voie de subir un second transport dans la même direction.

Quand on mesure une fraction du temps au moyen d'un sablier, on n'a qu'à renverser la position de ce chronomètre pour que le même sable serve à mesurer de nouveau la durée d'une seconde période égale; il en est de même avec la force volcanique qui a remanié la forme d'un continent et du fond de mer adjacent, les mêmes matériaux sont employés une seconde fois à accomplir la même opération. Il est vrai qu'à chaque oscillation de niveau les roches solides qui composent le continent originel souffrent par suite d'une dénudation nouvelle, et ne restent pas intacts comme le système en bois et en verre du sablier; cependant, quoique sur les grandes surfaces exposées à la dénudation sous-aérienne la détérioration s'exerce sur du terrain de transport meuble ou sur des strates sédimentaires, dont les détritiques sont portés dans des mers contiguës à la terre ferme et qui s'élèvent ensuite, les mêmes continents et les mêmes bassins océaniques n'en conservent pas moins, tout ce temps, leur existence.

De tout ce qu'on sait relativement à l'extrême lenteur des mouvements d'élévation et d'abaissement qui produisent même de légers changements géographiques, on peut conclure qu'il faudrait une longue suite de périodes géologiques pour déplacer les aires sous-marines et supra-marines, au cas même où le mouvement ascendant, dans une région, et le mouvement descendant, dans une autre, s'effectueraient continuellement dans une seule direction. Du reste, il suffit de considérer la structure des Alpes, où se trouvent tant de formations d'eaux profondes

et d'eaux basses, de divers âges, empilées dans un espace limité, pour se convaincre que les chaînes de montagnes sont le résultat de grands changements de niveau. Les plateaux ne sont pas seulement produits par un exhaussement, ils le sont surtout par la prédominance qu'ont eue les mouvements d'élévation sur ceux d'abaissement. Quand l'Océan est extrêmement profond, c'est parce que l'affaissement du fond s'est produit en excès, malgré les interruptions qu'il a pu subir pour cause d'exhaussement.

Les principaux traits des continents et des mers sur le globe, pour si persistants qu'ils puissent être, ne sont pas immuables. Des parties du limon le plus fin sont, sans aucun doute, transportées à des distances indéfinies des côtes par les courants marins, et les sondages exécutés dans une mer profonde nous apprennent que dans l'eau claire, à des profondeurs égales à la hauteur des Alpes, des êtres organisés peuvent vivre, et que leurs dépouilles s'accablent lentement au fond. Nous avons aussi, de temps en temps, la preuve que des volcans sous-marins vomissent des cendres et des courants de laves dans le milieu de l'océan comme sur le continent (voir *Principes*, vol. 11, p. 85), et que partout où des montagnes, telles que l'Etna, le Vésuve et les îles Canaries, sont actuellement le théâtre d'éruptions, celles-ci sont accompagnées d'un exhaussement par suite duquel des lits de cendres, remplis de coquilles marines récentes, ont été soulevées de plusieurs dizaines de mètres. Ne soyons donc pas surpris si la géologie nous enseigne que les continents et les mers n'ont pas toujours été placés comme ils le sont aujourd'hui, quoiqu'il y ait bien de quoi accabler l'imagination quand on essaye de se faire une idée de la quantité de temps qu'il a fallu pour accomplir de telles révolutions.

Nous aurons fait un grand pas si nous pouvons déterminer approximativement le nombre de millions d'années pendant lequel la dénudation aqueuse a dû exercer son action sur la partie solide du globe pour transporter à la mer une quantité de matière égale au volume moyen de nos continents, et cette notion nous donnerait une mesure du minimum de la force volcanique qui est nécessaire pour contrebalancer ce pouvoir nivelant de l'eau courante. Mais quant à découvrir une relation entre ces

grandes actions et le taux des variations propres aux espèces organiques, c'est là, actuellement, une difficulté qu'il ne nous est pas possible de résoudre, quoiqu'on ne puisse prouver qu'elle dépasse définitivement les facultés de l'homme.

CHAPITRE VIII

CLASSIFICATION CHRONOLOGIQUE DES ROCHES

Roches aqueuses, plutoniques, volcaniques et métamorphiques, considérées sous le rapport chronologique. — Explication des termes Primaire, Secondaire et Tertiaire; Paléozoïque, Mésozoïque et Cénozoïque. — Sur les différents âges des roches aqueuses. — Des trois caractères principaux qui distinguent l'âge relatif : superposition, caractère minéralogique, et fossiles. — Changements des caractères minéralogique et paléontologique dans la même formation. — Preuves de l'existence d'espèces différentes d'animaux et de plantes aux époques successives. — Provinces distinctes d'espèces indigènes. Extension considérable de simples provinces. — Des lois semblables ont prévalu aux époques géologiques successives. — Importance relative des caractères minéralogique et paléontologique. — Indication de l'âge des roches par les fragments qu'elles renferment. — Absence fréquente de couches appartenant à des époques intermédiaires. — Table synoptique des couches fossilifères.

Chronologie des roches. — Dans le premier chapitre de cet ouvrage, nous avons établi quatre grandes classes de roches : aqueuses, volcaniques, plutoniques et métamorphiques; nous avons dit qu'elles devaient être considérées, chacune, non-seulement sous le rapport de leurs caractères minéralogiques et de leur origine, mais encore sous celui de leur âge relatif. Quant aux roches aqueuses en particulier, nous avons vu qu'elles étaient stratifiées; que les unes étaient calcaires, les autres argileuses ou siliceuses, quelques-unes composées de sable, quelques autres de galets; que certaines renfermaient des fossiles d'eau douce, d'autres des fossiles marins, et ainsi de suite. Mais l'élève ne sait pas encore reconnaître, d'après leurs caractères, à quelles époques de l'histoire de la terre telles ou telles roches ont été formées.

Il est plus facile de déterminer l'âge des formations

fossilifères que celui de toute autre classe de formations. La méthode la plus convenable et la plus naturelle consiste à établir d'abord une chronologie de ces couches, puis à rapporter autant que possible aux mêmes divisions les différents groupes des roches plutoniques, volcaniques ou métamorphiques. Ce système de classification se recommande non-seulement par sa grande clarté et par la facilité qu'il offre aux applications, mais encore par la manière dont il frappe l'imagination en déroulant le tableau des révolutions contemporaines qu'ont subies les créations inorganiques et organiques des premiers âges. Quant aux formations sédimentaires, on les distingue facilement par les différentes espèces d'animaux et de plantes fossiles qu'elles renferment, espèces qui ont successivement vécu par groupes sur la terre et ont ensuite disparu.

Dans cet ouvrage, les quatre grandes classes de roches, aqueuses, plutoniques, volcaniques et métamorphiques, formeront quatre colonnes parallèles, ou presque parallèles, réunies dans un tableau chronologique. Elles seront considérées comme quatre ordres de monuments ayant rapport à quatre séries d'événements contemporains ou presque contemporains. Je m'efforcerais, en traitant des roches plutoniques, dans un autre chapitre, de faire comprendre comment certaines masses appartenant à chacune des quatre classes de roches, ont pu se produire simultanément pendant chaque période géologique, et comment, depuis des temps infiniment reculés, la croûte terrestre a pu se modifier continuellement dans sa forme, au-dessus et au-dessous, par l'influence des causes aqueuses et des causes ignées. De même que des couches aqueuses et fossilifères se forment aujourd'hui dans certaines mers et certains lacs, tandis que, sur d'autres points, on voit apparaître des roches volcaniques issues des réservoirs de matière fondue qui existent à de vastes profondeurs dans les entrailles de la terre; de même, à chaque époque du passé, des dépôts fossilifères et des roches ignées se sont produits à la surface, concurremment avec d'autres dépôts souterrains et d'origine plutonique, tandis que certaines couches sédimentaires, soumises à l'action de

la chaleur, ont acquis une structure cristalline ou métamorphique.

On ne saurait considérer comme établi que, durant tous ces changements, la croûte solide de la terre ait augmenté en épaisseur. Il a été démontré qu'en ce qui concerne l'action aqueuse, le gain par les dépôts d'eau douce, et la perte par la dénudation, ont été compensés à chaque période (voyez ci-dessus, page 97); il en a dû être de même pour la portion inférieure de la croûte terrestre, et le bénéfice en nouvelles roches cristallines, à chaque époque successive, n'a fait que contrebalancer la perte résultant de la fusion de matières antérieurement consolidées. Quant à l'ancienneté relative des fondements cristallins de la croûte terrestre comparée à celle des roches fossilifères et volcaniques qu'ils supportent, j'ai déjà prouvé, dans le premier chapitre, que formuler une opinion sur ce sujet est chose aussi difficile que de décider si, dans une ancienne ville bâtie sur pilotis, ce sont les fondements ou bien les étages qui sont les plus anciens. Nous avons vu que, pour répondre à cette question, il fallait d'abord être prêt à dire si le travail de destruction et de restauration avait eu lieu plus rapidement dessus ou dessous; si la durée des pilotis avait dépassé celle des constructions en pierre, ou avait été moindre. Il en est de même quant à l'âge relatif des portions supérieures et inférieures de la croûte terrestre; nous ne pouvons hasarder même une simple conjecture jusqu'à ce que nous sachions laquelle des deux forces, de l'eau agissant en dessus, ou de la chaleur qui agit en dessous, est la plus efficace pour donner de nouvelles formes à la matière solide.

Les anciens géologues avaient donné le nom de Primitives ou Primaires à toutes les roches cristallines ou non fossilifères, sous l'influence de l'idée que ces roches se trouvaient formées avant l'apparition de la vie sur le globe; et ils avaient choisi cette dénomination pour l'opposer à celle de Secondaires qui désigne les strates aqueuses ou fossilifères, et à celle de Tertiaires qui appartient aux alluvions ou autres dépôts superficiels. Le sens de ces termes s'est donc modifié avec les progrès de la science, et on les

emploie maintenant pour désigner les trois divisions chronologiques dans lesquelles on peut classer toutes les formations géologiques. Chacune de ces formations est plutôt caractérisée par la présence de groupes distincts de débris organiques que par les particularités que peuvent offrir les strates elles-mêmes. Si, donc, on conserve le terme *primaire*, on ne doit pas l'employer pour désigner un groupe de roches cristallines dont quelques-unes sont certainement d'âge même Tertiaire, mais il faut l'appliquer à toutes les roches plus anciennes que les formations secondaires. Pour prévenir la confusion, certains géologues ont substitué au mot primaire celui de *Paléozoïque* (de *Παλαιον*, ancien, et *ζῶον*, être organisé), en conservant toujours les termes Secondaire et Tertiaire. Le professeur Phillips, par esprit d'uniformité, a proposé, pour Secondaire, le terme *Mésozoïque* (dérivé de *μέσος*, milieu, etc.), et pour Tertiaire celui de *Cainozoïque* (de *καινος*, récent, etc.); mais les mots Primaire, Secondaire et Tertiaire sont synonymes des précédents et ils ont pour eux le droit de priorité.

On objectera peut-être que certaines couches métamorphiques et quelques granites sont antérieurs aux roches fossilifères primaires les plus anciennes. Cette opinion est sans doute fondée, et sera discutée dans les chapitres suivants; mais je dois faire observer ici que, lorsque nous disposons dans un tableau chronologique les quatre classes de roches en quatre colonnes parallèles, nous ne prétendons pas que ces quatre colonnes soient d'égale longueur; l'une d'elles peut commencer plus bas, une autre remonter plus haut, dans la suite des temps, et nous pouvons ne pas connaître encore les plus anciennes couches primaires fossilifères, ou les plus modernes des couches hypogènes ou bas-formées. (Voir p. 13.)

Pour les raisons déjà données, je commencerai par traiter des formations aqueuses ou fossilifères, considérées au point de vue de l'ordre chronologique, ou de leurs rapports avec les différentes périodes pendant lesquelles ces roches ont été déposées.

Trois caractères principaux peuvent servir à déterminer l'âge d'un groupe donné de couches; d'abord la superposition; puis le caractère minéralogique, et enfin les

débris organiques. Une quatrième sorte de caractère peut fournir à l'occasion quelques lumières : c'est l'existence, au sein d'un dépôt, de fragments appartenant à une roche préexistante ; elle permet d'établir l'âge relatif des deux roches, même en l'absence de tout autre témoignage.

Superposition. — Pour déterminer l'âge d'un dépôt aqueux comparativement à celui d'un autre dépôt, le premier et principal caractère est la position relative. Nous avons déjà dit que, dans une série de couches horizontales, la première, en commençant par le haut, était la plus nouvelle, et la dernière, ou celle du fond, la plus ancienne. Les séries de formations sédimentaires sont donc comme les tomes successifs d'une histoire, que chaque écrivain, après avoir retracé les événements de son siècle, aurait renversés sur le tome renfermant les annales de la période précédente, de telle sorte que la dernière page se trouverait en dessus. De cette façon, une haute pile de chroniques s'accumulerait à la longue, et sa position suffirait pour indiquer l'ordre et la suite des événements qui y seraient relatés.

En ce qui touche l'enveloppe terrestre, il existe toutefois des régions où, comme nous l'avons déjà dit, les couches ont été dérangées, disloquées, quelquefois même tout à fait renversées (voyez pages 67, 85); mais un géologue expérimenté ne se laisse pas facilement égarer par ces cas exceptionnels. Lorsqu'il rencontre des couches fracturées, recourbées, inclinées ou verticales, il sait à l'avance qu'il lui faut rechercher l'ordre primitif de superposition, et il s'efforce de trouver dans quelque district du voisinage des coupes où les couches soient restées horizontales, ou légèrement inclinées. Ce n'est qu'après y avoir réussi qu'il connaît l'ordre véritable de succession de la série des dépôts, et possède la clef qui établit la chronologie des couches, même sur les points où le déplacement est le plus considérable.

Caractère minéralogique. — Si les couches que forment les roches ne sont pas dérangées, celles-ci conservent souvent un caractère minéralogique identique sur une étendue de plusieurs kilomètres, ou même de plusieurs centaines de kilomètres, dans le sens horizontal ; mais, dans le sens vertical, ou dans toute direction obli-

que aux plans de stratification, cette identité cesse presque immédiatement, et l'on ne peut pénétrer dans la masse stratifiée, à une profondeur de quelques centaines de mètres, sans rencontrer une succession de roches extrêmement différentes, les unes à grain fin, les autres à grain grossier; quelques-unes d'origine mécanique, d'autres d'origine chimique; ici la roche est calcaire, plus loin elle est argileuse, ailleurs elle est siliceuse. Cette circonstance mène à conclure que les rivières et les torrents ont répandu le même sédiment sur de larges surfaces durant la même période géologique, mais qu'à des époques successives ils ont déposé, dans une région donnée, des matières très-différentes. Les premiers observateurs ont été si vivement frappés des grandes étendues sur lesquelles on peut suivre les mêmes roches homogènes dans une direction horizontale, qu'ils en ont conclu sans hésiter que le globe entier avait été enveloppé d'une succession de formations aqueuses, distinctes, disposées autour du noyau de la planète comme les couches concentriques d'un oignon. Mais, bien qu'en réalité quelques formations soient continues sur des surfaces larges comme la moitié de l'Europe, et même au delà, la plupart d'entre elles sont resserrées dans des limites beaucoup plus étroites, ou changent bientôt de caractère lithologique. Quelquefois elles s'amincissent graduellement comme si l'apport du sédiment eût diminué, ou bien elles finissent brusquement comme si elles eussent atteint le bord de l'ancienne mer ou de l'ancien lac qui leur servait de réceptacle. Il n'est pas rare non plus de les voir varier d'aspect minéralogique et de composition dans le sens horizontal. Par exemple, un calcaire pourra, sur une longueur de 160 kilomètres, devenir de plus en plus arénacé jusqu'à ce qu'il passe à l'état de sable ou à celui de grès, et, à son tour, ce grès dont la continuité avec le calcaire indique qu'il est du même âge, se continuera, dans un autre district, sur une longueur semblable, ou même plus grande encore.

Débris organiques. — Ce caractère peut être utilisé comme criterium de l'âge d'une formation ou de l'origine contemporaine de deux dépôts sur des points séparés : on fera toutefois les mêmes réserves que pour le caractère minéralogique.

D'abord, lorsqu'on suit les couches dans la direction de leurs plans, on peut rencontrer les mêmes fossiles, sinon sur des surfaces illimitées, du moins sur de très-vastes espaces. En second lieu, tandis que les mêmes fossiles dominent dans un groupe particulier de couches, sur une longueur de plusieurs centaines de kilomètres dans le sens horizontal, on rencontre rarement les mêmes débris sur une profondeur de plusieurs mètres, et très-rarement sur celle de plusieurs centaines de mètres, dans la ligne verticale ou transversale des couches. Ce fait a été constaté dans presque toutes les parties du globe, et l'on en a conclu qu'à différentes époques, la même surface, inondée ou exondée, avait été habitée par des espèces d'animaux et de plantes plus différentes entre elles que celles qui peuplent aujourd'hui les antipodes ou qui coexistent dans les zones arctique, tempérée et tropicale. Il y aurait eu, à dater des temps les plus reculés, des apparitions successives de nouvelles formes organiques, et des destructions correspondantes de formes préexistantes ; quelques espèces se seraient maintenues plus longtemps, d'autres auraient eu une durée plus courte, mais aucune n'aurait réapparu après avoir été anéantie. La loi qui aurait régi la succession des espèces, que nous adoptions ou que nous rejetions la théorie de la transmutation, semble exprimée dans ce vers du poète :

Natura il fece, e poi ruppe la stampa. (ARIOSTO.)

« La nature le créa et puis brisa le moule. »

Cette circonstance donne aux fossiles la plus haute valeur comme caractère chronologique, en conférant à chacun d'eux cette autorité qui appartient, dans l'histoire, aux médailles contemporaines des événements.

On ne peut en dire autant de chaque variété particulière de roches ; quelques-unes, la marne rouge et le grès rouge par exemple, se rencontrent à la fois au sommet, à la base et au milieu de la série sédimentaire, et montrent sur chacun de ces points une identité minéralogique si complète, que l'on ne saurait les distinguer. Toutefois, comme des retours aussi exacts des mêmes mélanges de sédiment n'ont eu lieu que rarement, à des

époques éloignées, sur un même point du globe, on court, même dans les endroits où ils se sont produits, peu de risque de confondre entre eux les monuments d'époques reculées, si l'on peut étudier les fossiles et la position relative des couches.

Provinces zoologiques. — Nous avons fait remarquer que les mêmes espèces de débris organiques ne pouvaient se continuer horizontalement, c'est-à-dire dans la direction des plans de stratification, sur des surfaces infinies ; l'analogie demandait qu'il en fût ainsi, car lorsqu'on examine la distribution actuelle des êtres vivants, on trouve que la surface habitable de la mer et de la terre est divisée en un nombre considérable de provinces distinctes, peuplées, chacune, par un ensemble particulier d'animaux et de plantes. Dans les *Principes de Géologie*, je me suis efforcé de déterminer l'étendue et l'origine probables de ces circonscriptions ; j'ai démontré que le climat n'était que l'une des nombreuses causes qui les produisent, et que la différence de longitude, aussi bien que celle de latitude, était généralement accompagnée d'une dissemblance dans les espèces indigènes.

Si donc les différentes mers ou lacs sont habités, pendant la même période, par des espèces différentes d'animaux et de plantes aquatiques, et si les terres environnantes sont peuplées elles-mêmes d'espèces terrestres distinctes, il s'ensuit qu'on pourra trouver des fossiles distincts enfouis dans des dépôts contemporains. S'il en était autrement, si les mêmes espèces abondaient dans chaque climat et dans chaque partie du globe où se trouveraient réunies la correspondance de température et les autres conditions favorables à leur développement, la détermination de la contemporanéité des masses minérales, au moyen de leurs contenus organiques, offrirait bien plus de certitude.

Néanmoins l'étendue de certaines provinces zoologiques particulières, spécialement de celles qui sont habitées par des animaux marins, est aujourd'hui très-considérable ; nos recherches géologiques ont démontré que les mêmes lois ont prévalu à des époques éloignées, car les fossiles sont souvent identiques sur de vastes surfaces, et même dans des dépôts séparés de roches qui va-

rient entre elles du tout au tout quant à leur nature minéralogique.

On comprendra mieux les considérations qui précèdent si l'on réfléchit à ce qui se passe actuellement dans la Méditerranée. Cette mer peut être considérée comme une seule province zoologique; car, bien que certaines espèces de testacés et de zoophytes y soient très-locales, et que chaque région ait probablement quelques espèces qui lui soient propres, un nombre considérable des mêmes êtres organisés se rencontre sur toute son étendue. Que le lit de cette mer vienne un jour à être mis à sec, et les débris organiques fourniront aux géologues un moyen sûr de déterminer l'origine contemporaine des masses minérales variées qui sont répandues sur un espace égal à la moitié de l'Europe.

On sait que des dépôts sont aujourd'hui en voie de formation dans les deltas du Pô, du Rhône, du Nil et d'autres fleuves qui diffèrent les uns des autres par la nature de leur sédiment, suivant la composition des montagnes où ils prennent leur source. Il existe encore d'autres points de la Méditerranée, tels que la côte de Campanie, le voisinage de l'Etna en Sicile, ou l'Archipel grec, sur lesquels une autre classe de roches est en voie de formation. Des pluies de cendres volcaniques y tombent accidentellement dans la mer, et des courants de lave y coulent sur le fond; en outre, dans l'intervalle des éruptions, des lits de sable et d'argile s'y accumulent fréquemment par suite de la destruction des falaises ou de l'afflux des eaux troubles des rivières; enfin, des calcaires, tels que les travertins Italiens, se précipitent çà et là des sources minérales qui sourdent du fond de la mer. Toutes ces formations séparées, si diverses par leurs caractères lithologiques, renferment les débris des mêmes coquilles, coraux, crustacés et poissons; ou, du moins, les débris communs aux différentes localités y sont en nombre assez considérable pour autoriser le géologue à les rapporter tous à un seul ensemble d'espèces contemporaines.

Certaines combinaisons dans les circonstances géographiques peuvent faire, cependant, que des provinces distinctes d'animaux et de plantes ne soient séparées l'une de l'autre que par des limites étroites, et que des couches

formées dans des régions contiguës différeront essentiellement entre elles quant à leur contenu minéralogique et à leurs débris organiques. Les testacés, zoophytes et poissons de la Mer Rouge, par exemple, sont, comme groupe, très-distincts de ceux qui habitent les parties adjacentes de la Méditerranée, l'isthme étroit de Suez (qui, avant l'ouverture du canal, séparait, il y a quelques années encore, les deux mers), ayant servi de barrière suffisante entre les deux régions. Des formations calcaires se sont accumulées sur une grande échelle dans la Mer Rouge, pendant les temps modernes, et renferment, en parfait état de conservation, des coquilles fossiles d'espèces vivantes. Nous savons aussi qu'à l'embouchure du Nil s'amassent de larges dépôts de limon qui englobent des débris d'espèces Méditerranéennes. Si donc, à quelque époque future, le lit de la Mer Rouge venait à être mis à sec, l'observateur éprouverait de grandes difficultés à établir l'âge relatif de ces formations, dissemblables à la fois par leurs caractères organiques et minéralogiques, quoique ayant une origine contemporaine.

D'un autre côté, il ne faut pas oublier que les côtes nord-ouest du Golfe d'Arabie, les plaines de l'Égypte et l'isthme de Suez font partie d'une seule et même province d'espèces *terrestres*. De petits ruisseaux, des inondations accidentelles et les vents qui chassent des nuages de sable à travers les déserts, peuvent apporter dans la mer Rouge les coquilles de testacés terrestres et fluviales que le Nil abandonne sur son delta, les mêler avec quelques débris de plantes terrestres et d'ossements de quadrupèdes, de telle sorte, que, malgré la réunion contradictoire de leur composition minérale et de leurs fossiles *marins*, les groupes de couches nous offrent encore des preuves de leur contemporanéité.

Cependant, bien que les rivières puissent ainsi entraîner les mêmes dépouilles fluviales et terrestres dans plusieurs mers habitées par des espèces marines différentes, il sera bien plus fréquemment possible d'établir la contemporanéité d'espèces terrestres appartenant à des provinces zoologiques et botaniques distinctes, par l'identité des êtres marins qui ont habité l'espace intermédiaire. Voyez les quadrupèdes terrestres et les co-

quilles de la vallée du Mississipi, de l'Amérique centrale et des îles des Indes occidentales; ils diffèrent considérablement entre eux, et pourtant leurs débris sont portés ensemble au sein du Golfe du Mexique par les rivières qui parcourent ces trois provinces zoologiques.

Dans quelques parties du globe, de nos jours, la ligne de démarcation entre des provinces distinctes d'animaux et de plantes n'est pas parfaitement tranchée, surtout vers les points où les changements de faune et de flore sont déterminés par la température, comme dans les mers qui s'étendent de la zone tempérée à la zone tropicale, ou de la zone tempérée aux régions arctiques; sur chacun de ces points on reconnaît le passage graduel d'un groupe d'espèces à un autre. Aussi, n'est-ce qu'en étudiant des formations particulières d'époques éloignées les unes des autres que le géologue parvient quelquefois à saisir la transition d'une ancienne province à l'autre, après avoir observé les fossiles de tous les points intermédiaires. Le succès de ses investigations sur la géographie zoologique ou botanique de ces périodes éloignées dépendra principalement de cette circonstance, que le caractère minéralogique ne sera pas sujet à varier par le climat. Qu'une large rivière entraîne du limon jaune ou rouge vers quelque point de l'Océan, que ce limon soit ensuite dispersé par un courant sur une longueur de plusieurs centaines de lieues, de manière à passer des tropiques à la zone tempérée; si le fond de la mer vient plus tard à s'élever, les débris organiques enfouis dans ces couches jaunes ou rouges pourront indiquer les différents animaux ou plantes qui ont jadis habité en même temps les régions tempérées et les régions équatoriales.

Il se peut, en général, que des groupes de mêmes espèces d'animaux et de plantes s'étendent sur de plus larges surfaces que les dépôts d'une même composition; dans ce cas, les caractères paléontologiques auront plus d'importance dans la classification géologique que le caractère de la composition minérale. Mais il serait oiseux de discuter la valeur relative de ces caractères; ils se prêtent un secours mutuel, indispensable, et il arrive heureusement que, lorsque l'un d'eux vient à manquer, on peut souvent profiter de l'autre.

Caractère fourni par l'inclusion de fragments de roches plus anciennes. — Nous avons fait voir que l'on déduit quelquefois la preuve de l'âge relatif de deux formations, de ce que des fragments de roches anciennes sont renfermés dans une roche plus nouvelle. Cette preuve est, dans certains cas, d'une application très-utile, par exemple lorsque le géologue manque de coupes bien nettes qui indiquent le véritable ordre de position des formations dont il veut déterminer l'âge relatif, ou que les couches de chaque groupe affectent une direction verticale. Dans ces différents cas, on remarque quelquefois que les roches plus modernes dérivent en partie de la dégradation de roches plus anciennes. Ainsi, sur tel point d'une contrée, on rencontre de la craie, et, sur tel autre, une formation distincte, composée d'argile, de sable et de galets. Si quelques-uns de ces galets sont des silex particuliers, dont les couches plus ou moins continues sont caractéristiques de la craie, et s'ils renferment des coquilles fossiles, des éponges et des foraminifères d'espèces crétacées, on est en droit de conclure que la craie est la plus ancienne des deux formations.

Groupes chronologiques. — Le nombre des groupes que l'on peut établir dans les couches fossilifères est plus ou moins considérable suivant le point de vue auquel on se place pour la classification; mais lorsqu'on a adopté un système d'arrangement, on ne tarde pas à s'apercevoir qu'on ne rencontre en superposition continue dans un seul district ou dans une seule coupe, qu'un petit nombre des groupes de la série totale.

Nous avons expliqué (page 24) l'amincissement des couches; la figure 84 représente sept groupes fossilifères,



Fig. 84.

au lieu d'un nombre égal de couches particulières. On observe, vers son milieu, toutes les formations en

superposition; mais, par suite de leur amincissement, quelques-unes, telles que les n^{os} 2 et 5, manquent à l'une des extrémités de la coupé, et le n^o 4 à l'autre extrémité.

Dans une autre figure (85), le lecteur verra une coupe réelle des formations du voisinage de Bristol et des

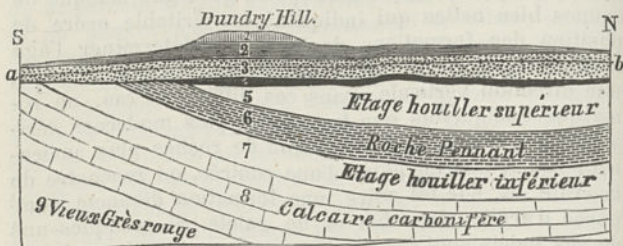


Fig. 85. — Section Sud de Bristol. (A.-C. Ramsay.)

Longueur de la section : 6,500 kilomètres. — *a b*. Niveau de la mer.

1. Oolithe inférieure. — 2. Lias. — 3. Nouveau grès rouge. — 4. Conglomérat magnésien ou dolomitique. — 5. Étage houiller supérieur (schistes, etc.). — 6. Roche Pennant (grès). — 7. Étage houiller inférieur (schistes, etc.). — 8. Calcaire carbonifère ou de Montagne. — 9. Vieux grès rouge.

collines de Mendip, telle qu'elle a été dressée, sur sa véritable échelle, par le professeur Ramsay. Les groupes les plus nouveaux, 1, 2, 3 et 4, reposent en stratification discordante sur les formations 5, 6, 7 et 8. Vers l'extrémité sud de la ligne de coupe, on aperçoit les couches n^o 3 (nouveau Grès rouge) qui reposent immédiatement sur les n^{os} 7 et 8, tandis que, plus au nord, comme à Dundry Hill, dans le Somersetshire, huit groupes superposés comprennent toutes les couches, depuis l'Oolithe inférieure, n^o 1, jusqu'à la houille et au calcaire carbonifère. L'étendue limitée horizontalement des groupes 1 et 2 est due à la dénudation consécutive, car ces formations se terminent brusquement, laissant au loin quelques lambeaux, comme pour attester qu'elles ont eu jadis une étendue bien plus considérable.

Donc, pour établir une succession chronologique de groupes fossilifères, le géologue doit commencer par une coupe isolée, offrant plusieurs séries de couches reposant l'une sur l'autre. Puis il suit ces couches, en

se laissant conduire, par leur caractère minéralogique et leurs fossiles, aussi loin que possible du point de départ. Chaque fois qu'il rencontre de nouveaux groupes, il s'assure, par la superposition, de l'âge de ces groupes, relativement à ceux qu'il a déjà examinés, et arrive ainsi à les classer dans un tableau d'ensemble.

C'est par ce procédé que les géologues Allemands, Français et Anglais ont déterminé la succession des couches sur une grande partie de l'Europe, et c'est par suite de cette détermination qu'ils ont assez généralement adopté les groupes suivants, dont la plupart ont leurs représentants dans les Iles Britanniques.

TABLEAU GÉNÉRAL ABRÉGÉ DES COUCHES FOSSILIFÈRES.

1. Récent	}	Post-tertiaire .		
2. Pleistocène				
3. Nouveau Pliocène	}	Pliocène		
4. Vieux Pliocène				
5. Miocène supérieur	}	Miocène		} TERTIAIRE OU CAÏNOZOÏQUE.
6. Miocène inférieur				
7. Eocène supérieur	}	Eocène		
8. Eocène moyen				
9. Eocène inférieur				
10. Couches de Maëstricht	}	Crétacé		
11. Craie blanche				
12. Série chloritique				
13. Gault				
14. Néocomien				
15. Wæaldien	}	Jurassique		} SECONDAIRE OU MÉSOZOÏQUE.
16. Lits de Purbeck				
17. Pierre de Portland				
18. Argile de Kimmeridge				
19. Coral Rag				
20. Argile d'Oxford				
21. Grande oolithe ou de Bath				
22. Oolithe inférieure				
23. Lias				
24. Trias supérieur	}	Triasique		
25. Trias moyen				
26. Trias inférieur				
27. Permien	}	Permien		
28. Étage houiller				
29. Calcaire carbonifère				
30. Supérieur	} Devonien	Devonien		
31. Moyen				
32. Inférieur				
33. Supérieur	} Silurien	Silurien		
34. Inférieur				
35. Supérieur	} Cambrien	Cambrien		
36. Inférieur				
37. Supérieur	} Laurentien	Laurentien		
38. Inférieur				

TABLEAU SYNOPTIQUE DES COUCHES FOSSILIFÈRES,

MONTRANT L'ORDRE DE SUPERPOSITION OU DE SUCCESSION CHRONOLOGIQUE DES PRINCIPAUX GROUPES, AVEC RENVOIS AUX PAGES OU CES GROUPES SONT DÉCRITS DANS CET OUVRAGE.

POST-TERTIAIRE.

Exemples.

POST-TERTIAIRE.

1.
RÉCENT.
Coquilles et mammifères, tous d'espèces vivantes.

ANGLETERRE. — Couches marines avec débris de canots, dans l'estuaire de la Clyde (p. 168).

ÉTRANGER. — Débris de cuisine Danoise (*Kitchen-middens*) (p. 169).

Limon lacustre, avec restes d'habitations lacustres en Suisse (page 170).

Couches marines comprenant le temple de Sérapis, à Pouzzoles (p. 168).

2.
PLEISTOCÈNE.
Coquilles récentes, mammifères en partie éteints.

ANGLETERRE. — Limon de la caverne de Brixham, avec outils en silex et ossements de quadrupèdes (p. 184).

Terrain de transport près de Salisbury, avec ossements de Mammouth, spermophilus, et outils en pierre (p. 189).

Drift glaciaire d'Ecosse, avec coquilles marines et débris de mammouth (p. 211).

Erratiques de Pagham et de Selsea Bill (p. 219).

Drift glaciaire des Galles, avec coquilles marines fossiles, à une hauteur d'environ 410 mètres, sur le Moel Tryfaen (p. 218).

ÉTRANGER. — Cavernes de la période du renne dans la Dordogne (p. 173).

Anciens graviers de vallée, d'Amiens, avec outils en silex et ossements de mammifères éteints (p. 176).

Loes du Rhin (p. 180).

Ancien limon du Nil formant des terrasses de rivière (p. 179).

Limon et brèche des cavernes de Liège, avec restes humains (p. 182).

Brèches des cavernes d'Australie, avec ossements de marsupiaux éteints (p. 185).

Drift glaciaire de l'Europe septentrionale (pp 144, 228).

TERTIAIRE ou CAINOZOÏQUE.

Exemples.

PLIOCÈNE.	<p>3. NOUVEAU PLIOCÈNE. Coquilles presque toutes d'espèces vivantes.</p>	<p>ANGLETERRE. — Lits de Bridlington, faune maritime arctique (p. 230). Formation glaciaire de transport des falaises du Norfolk (p. 234). Lit forestier des falaises du Norfolk, avec ossements de l'<i>Elephas meridionalis</i>, etc. (p. 233). Lits de Chillesford et d'Aldeby, avec coquilles marines, principalement arctiques (p. 234). Crag de Norwich (p. 235).</p>
		<p>ETRANGER. — Base orientale de l'Etna, avec coquilles marines (p. 252). Strates calcaires et tufacées de Sicile (p. 253). Couches lacustres de la vallée supérieure de l'Arno (p. 255). Lit de feuilles et coquilles terrestres de Madère (p. 708).</p>
MIOCÈNE.	<p>4. VIEUX PLIOCÈNE. Coquilles d'espèces éteintes en plus petit nombre.</p>	<p>Crag rouge de Suffolk, coquilles marines, quelques-unes de formes septentrionales (p. 237). Crag blanc ou corallin du Suffolk (p. 241). ETRANGER. — Crag d'Anvers (p. 250). Marnes et sables Subapennins (p. 256).</p>
		<p>ANGLETERRE. — Manque. ETRANGER. — Faluns de Touraine. (p. 260). Faluns particuliers de Bordeaux (p. 263). Couches d'eau douce du Gers (p. 264). Lits d'Oeningen en Suisse, riches en plantes et en insectes (p. 268). Molasse marine, Suisse (p. 278). Lits de Bolderberg en Belgique (p. 278). Bassin de Vienne (p. 279). Lits de la Superga, près de Turin (p. 280). Dépôt à Pikermé, près d'Athènes (p. 281). Couches des monts Siwâlik, Inde (p. 281). Couches marines des bords de l'Atlantique, aux Etats-Unis (p. 283). Tuf volcanique et calcaire de Madère, des Canaries et des Açores (chap. xxx).</p>
MIOCÈNE.	<p>5. MIOCÈNE SUPERIEUR. Coquilles en majeure partie éteintes.</p>	<p>ANGLETERRE. — Lits d'Hempstead, couches marines et d'eau douce (p. 303). Lignites et argiles de Bovey-Tracey (p. 307). Lit de feuilles, et tuf volcanique dans l'île de Mull (p. 309).</p>
		<p>6. MIOCÈNE INFÉRIEUR. Coquilles presque toutes d'espèces éteintes.</p>

Exemples.

MIOCÈNE.	6. MIOCÈNE INFÉRIEUR. Coquilles presque toutes d'espèces éteintes.	}	ÉTRANGER. — Calcaire de la Beauce, etc. (p. 286).
			Grès de Fontainebleau (p. 287). Couches lacustres de la Limagne d'Auvergne et du Cantal (p. 288). Bassin de Mayence (p. 302). Lits Badaboj de Croatie (p. 303). Lignite d'Allemagne (p. 304). Molasse inférieure de Suisse, d'eau douce et d'eau saumâtre (p. 292). Lits de Rupelmonde, de Kleynspawen et Tongriens, en Belgique (p. 301). Lits Nebraska, États-Unis (p. 311). Couches du Miocène Inférieur d'Italie (p. 304). Flore Miocène du Groenland Septen- trional (p. 299).
			7. MIOCÈNE SUPÉRIEUR.
ÉOCÈNE.	8. EOCÈNE MOYEN.	}	ANGLETERRE. — Bembridge, couches fluvio-marines (p. 315). Série d'Osborne ou Sainte-Hélène (p. 318). Série d'Headon, avec coquilles ma- rines et d'eau douce (p. 318). Sables et argiles de Barton (p. 322). ÉTRANGER. — Gypse de Montmartre, d'origine d'eau douce avec <i>Paleothe- rium</i> (p. 339). Calcaire siliceux, ou Travertin infé- rieur (p. 343). Grès de Beauchamp ou Sables moyens (p. 344).
			9. EOCÈNE INFÉRIEUR.
SECONDAIRE OU MESOZOÏQUE.			ANGLETERRE. — Couches de Bagshot et Sables de Bracklesham (p. 325). Argiles blanches de Alum Bay, de Bournemouth (p. 328). ÉTRANGER. — Calcaire grossier, cal- caire milioïitique (p. 344). Sables Soissonnais ou Lits coquilliers, avec <i>Nummulites planulata</i> (p. 346). Couches de Claiborne, dans les États-Unis, avec <i>Orbitoides</i> et <i>Zeu- glodon</i> (p. 350). Formation nummulitique d'Europe, d'Asie, etc. (p. 348).
CRÉTACÉ.	10. CRÉTACÉ SUPÉRIEUR.	}	ANGLETERRE. — Argile propre de Lon- dres (p. 330). Série fluvio-marine de Woolwich et de Reading (p. 335). Sables de Thanet (p. 338). ÉTRANGER. — Argile de Londres, près de Dunkirk (p. 315). Argile plastique (p. 347). Sables de Bracheux (p. 348).
			ANGLETERRE. — Craie blanche supé- rieure avec silex (p. 361).

Exemples :

CRÉTACÉ. Terrains crétacés)	10. CRÉTACÉ SUPERIEUR.	Craie blanche inférieure, sans silex (p. 376).
		Morne crayeuse (p. 377).
		Série chloritique (ou Grès vert Supérieur), pierre à feu de Surrey (p. 377).
		Gault (p. 380).
		Lits de Blackdown (p. 381).
		ETRANGER. — Couches de Maëstricht et craie de Faxoe (pp. 356. 359).
		Calcaire pisolitique de France (p. 358.)
		Craie blanche de France, de Suède et de Russie (p. 361).
		Planer-kalk de Saxe (p. 370).
		Sables et argiles d'Aix-la-Chapelle (p. 382).
Calcaire à hippurites du midi de la France (p. 385).		
Sables et marnes du New Jersey (Etats-Unis (p. 388).		
ANGLETERRE. — Sables de Folkestone, Sandgate, Hythe et Ile de Wight (p. 392).		
Argile d'Atherfield, avec <i>Perna mulleti</i> (p. 393).		
Argile Speeton de Flamboroug Head, sables et grès de Tealby (p. 396).		
Couches marines de Punfield, avec <i>Vicarya tujana</i> (p. 405).		
Argile Wealdienne de Surrey, de Kent et de Sussex, couches d'eau douce avec <i>Cypris</i> (p. 399).		
Sables d'Hastings (p. 402).		
ETRANGER. — Néocomien de Neufchâtel et conglomérat Hils du nord de l'Allemagne (p. 398).		
Lits Wealdiens de Hanovre (p. 407).		
ANGLETERRE. — Couches du Purbeck supérieur, d'eau douce (p. 413).		
Purbeck moyen, avec de nombreux quadrupèdes marsupiaux, etc. (p. 414).		
Purbeck inférieur d'eau douce, avec <i>dirt-beds</i> intercalés (p. 423).		
Pierre de Portland et sable (p. 428).		
Argile de Kimmeridge (p. 430).		
ETRANGER. — Marnes à gryphées virgules de l'Argonne (p. 431).		
Pierre lithographique de Solenhofen avec <i>Archzopteryx</i> (p. 433).		
ANGLETERRE. — Coral-rag du Berkshire, Wilts et Yorkshire (p. 434).		
Argile d'Oxford, avec bélemnites et ammonites (p. 436).		
Roche de Kelloway, de Wilts et du Yorkshire (p. 436).		
ETRANGER. — Calcaire Nérinéen du Jura (p. 436).		
ANGLETERRE. — Cornbrash et forest marble (p. 437).		
OOLITHE.	12. OOLITHE SUPÉRIEURE.	Pierre de Portland et sable (p. 428).
		Argile de Kimmeridge (p. 430).
	13. OOLITHE MOYENNE.	ETRANGER. — Marnes à gryphées virgules de l'Argonne (p. 431).
		Pierre lithographique de Solenhofen avec <i>Archzopteryx</i> (p. 433).
14. OOLITHE SUPÉRIEURE.	ANGLETERRE. — Coral-rag du Berkshire, Wilts et Yorkshire (p. 434).	
	Argile d'Oxford, avec bélemnites et ammonites (p. 436).	

Exemples.

OOLITHE.	14. OOLITHE INFÉRIEURE.	Grande oolithe ou de Bath de Brad- fort (p. 438). Shiste de Stonesfield, avec Marsu- piaux et <i>Araucaria</i> (p. 442). Terre à foulon de Bath (p. 447). Oolithe inférieure (p. 447).
LIAS.	15. LIAS.	Lias supérieur, argileux, avec <i>Am- monites striatulus</i> (p. 452). Schiste et calcaire avec <i>Ammonites bifrons</i> (p. 453). Pierre marneuse ou Lias moyen, avec zones, contenant des Ammonites caractéristiques (p. 453). Lias inférieur, avec zones caractéri- sées par des Ammonites particulières (p. 456).
TRIAS.	16. TRIAS SUPÉRIEUR.	ANGLETERRE. — Couches Rhétiques ou de Penarth, avec <i>Avicula contorta</i> (couches de passage) (p. 470). Keuper ou Nouveau Grès Rouge Su- périeur, etc. (p. 473). Schistes rouges du Cheshire et du Lancashire, avec sel gemme (p. 480). Conglomérat dolomitique de Bristol (p. 479). ETRANGER. — Keuper des Allemands (p. 483). Couches de Saint-Cassian et de Höllstadt, avec une faune marine riche (p. 484). Bassin houiller de Richmond, en Virginie (p. 493). Bassin houiller de Chatham, dans la Caroline Septentrionale (p. 494).
	17. TRIAS MOYEN.	ANGLETERRE. — Manque. ETRANGER. — Muschelkalk des Alle- mands (p. 488).
	18. TRIAS INFÉRIEUR.	ANGLETERRE. — Bunter ou Nouveau Grès Rouge Inférieur du Lancashire et du Cheshire (p. 477). ETRANGER. — Bunter-sandstein des Allemands (p. 490). Grès rouge de la vallée du Connec- ticut, avec empreintes d'oiseaux et de reptiles (p. 491).
PRIMAIRE ou PALÉOZOÏQUE.		
PERMIEN.	19. PERMIEN.	ANGLETERRE. — Permien Supérieur de Saint-Bees' Head, Cumberland (p. 499). Permien Moyen, calcaire magnésien et schiste marneux de Durham et du Yorkshire, avec <i>Protosaurus</i> (p. 499.) Grès Permien inférieurs et brèches intercalées de Penrh et du Dumfries- shire (p. 505).

Exemples.

PERMIEN.	19. PERMIEN.	} <ul style="list-style-type: none"> ETRANGER. — Schistes colorés en noir de Thuringe (p. 506). Zechstein ou calcaire dolomitique (p. 507). Mergel-Schiefer ou Kupfer-schiefer (p. 507). Roth-Liegendes de Thuringe, avec <i>Psaronius</i> (p. 507). Calcaires magnésiens, etc., de Russie (p. 507). 	
			CARBONIFÈRE
21. CARBONIFÈRE INFÉRIEUR.	} <ul style="list-style-type: none"> ANGLETERRE. — Calcaire de montagne des Galles et de l'Angleterre Méridionale (p. 562). Mêmes couches en Irlande et Schiste carbonifère (p. 572). Calcaire carbonifère d'Ecosse alternant avec des grès à houille (p. 515). Arbres debout dans la cendre volcanique, île d'Arran (p. 728). ETRANGER. — Calcaire de montagne en Belgique (p. 571). 		
		DEVONIEN ou VIEUX GRÈS ROUGE.	
23. DEVONIEN MOYEN	} <ul style="list-style-type: none"> ANGLETERRE. — Schistes bitumineux de Gamrie, de Caithness, etc., avec de nombreux poissons (p. 579). Lits Ilfracombe avec trilobites particuliers et coraux (p. 590). Calcaires de Torbay, avec quantité de coraux <i>Clymenia</i> et <i>Calceolæ</i> (p. 590) ETRANGER. — Calcaire d'Eifel, avec schistes sous-jacents contenant des <i>Calceolæ</i> (p. 593). Couches Devonniennes de Russie (p. 595). 		

Exempels.

- DEVONIEN.** } **24.**
DEVONIEN }
INFÉRIEUR. }
- ANGLETERRE. — Pierres à paver d'Arbroath, avec *Cephalaspis* et *Pterygotus* (p. 584).
Grès inférieurs du Forfarshire avec *Pterygotus* (p. 585).
Grès et ardoises du Foreland et de Lynton (p. 504).
ETRANGER. — Grès d'Oriskany, du Canada occidental et de New-York (p. 598.)
Grès de Gaspé, avec *Cephalaspis* (p. 597).
- SILURIEN.** } **25.**
SILURIEN }
SUPERIEUR. }
- ANGLETERRE. — Formation supérieure de Ludlow, Grès de Downton, avec lits d'ossements (p. 601).
Formation du Ludlow inférieur, avec des restes des plus anciens poissons connus (p. 604).
Calcaire et schiste de Wenlock (p. 610).
Calcaire et grès grossier (grit) de Woolhope. Schistes Tarannon (p. 614).
Llandovery supérieur, ou Grès de May-Hill, avec *Pentamerus oblongus*, etc. (p. 615).
Schistes du Llandovery Inferieur (p. 617).
Lits de passage entre le Silurien Supérieur et le Silurien Inférieur.
- ETRANGER. — Calcaire de Niagara, avec *Calymene*, *Homalonotus*, etc. (p. 631).
Groupe Clinton d'Amérique, avec *Pentamerus oblongus*, etc. (p. 631).
Couches Siluriennes de Russie, avec *Pentamerus*, etc. (p. 628).
- CAMBRIEN.** } **26.**
CAMBRIEN }
SUPERIEUR. }
- ANGLETERRE. — Lits de Caradoc et de Bala (p. 617).
Llandeilo flags (p. 622).
Formation Arenig, ou Stiper-stones (Llandeilo Inférieur de Murchitson) (p. 625).
ETRANGER. — Ungulite ou grit Obolus de Russie (p. 628).
Calcaire de Trenton et autres groupes du Silurien Inférieur, Amérique Septentrionale (p. 631).
Silurien Inférieur de Suède (p. 628).
Silurien Inférieur de Bohême (p. 629).
- 27.**
CAMBRIEN }
SUPERIEUR. }
- ANGLETERRE. — Ardoises de Tremadoc (p. 635).
Lingula flags, avec *Lingua Davisii* (p. 637).
ETRANGER. — Zone primordiale de Bohême, en partie, avec trilobites des genres *Paradoxides*, etc. (p. 643).
Schistes alumineux de Suède et de Norwège (p. 644).

Exemples.

- | | | | | |
|-------------|---|---------------------------------|---|---|
| CAMBRIEN. | } | 27.
CAMBRIEN
SUPERIEUR. | } | Grès de Potsdam, avec <i>Dikelocephalus</i> et <i>Obolella</i> (p. 645). |
| | | 28.
CAMBRIEN
INFÉRIEUR. | | <p>ANGLETERRE. — Lits Meneviens des Galles, avec <i>Paradoxides Davidis</i>, etc. (p. 638).</p> <p>Groupe Longmynd, comprenant les grès grossiers d'Harlech, les ardoises Llanberiset et la roche fossilifère pourpre et verte de Saint-David (p. 640).</p> <p>ETRANGER. — Portion inférieure de la zone <i>Primordiale</i> de Barrande, en Bohême (p. 643).</p> <p>Grès Fucoides de Suède (p. 645).</p> <p>Série Huronienne du Canada? (page 646).</p> |
| LAURENTIEN. | } | 29.
LAURENTIEN
SUPÉRIEUR. | } | <p>ANGLETERRE. — Gneiss fondamental des Hébrides? (p. 649).</p> <p>Roches Hypersthènes de Skye? (p. 647).</p> <p>ETRANGER. — Série du Labrador au no. d du fleuve Saint-Laurent, dans le Canada (p. 647).</p> <p>Montagnes Adirondack de New-York (p. 647).</p> |
| | | 30.
LAURENTIEN
INFÉRIEUR. | | <p>ANGLETERRE. — Manque (?).</p> <p>ETRANGER. — Lits de gneiss et de quartzite, avec couches de calcaires interstratifiées; dans l'une de ces couches, épaisse de 300 mètres, on trouve un foraminifère l'<i>Eozoon Canadense</i>, fossile le plus ancien que l'on connaisse (p. 649).</p> |

CHAPITRE IX

CLASSIFICATION DES FORMATIONS TERTIAIRES

Ordre de succession des formations sédimentaires. — Discordance fréquente des couches. — Obscurité et défectuosité des monuments géologiques augmentant avec leur ancienneté. — Motifs de commencer par l'étude des groupes les plus nouveaux. — Nomenclature des formations. — Dispersion en Europe de formations tertiaires détachées. — Importance des mollusques à coquilles dans la classification. — Classification des couches Tertiaires. — Explication des termes Eocène, Miocène et Pliocène.

En se reportant aux tableaux donnés à la fin du dernier chapitre, le lecteur verra qu'en raison de l'arrangement chronologique des roches fossilifères, il faut d'abord considérer les formations Post-tertiaires, puis les formations Tertiaires ou Caïnozoïques, et passer enfin à celles qui sont d'origine plus ancienne.

Ordre de superposition. — La figure suivante mon.

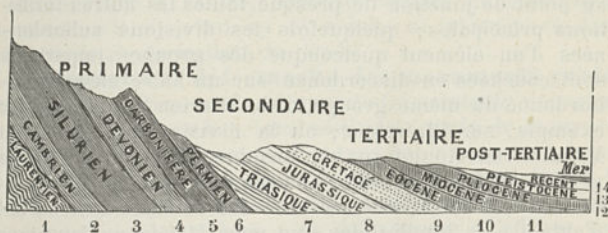


Fig. 86.

trera l'ordre de superposition des dépôts fossilifères en permettant d'embrasser leur ensemble dans une seule section. Dans la nature, comme on l'a fait remarquer p. 144,

on n'a jamais l'occasion de les observer toutes réunies dans une seule région; premièrement, parce que le dépôt sédimentaire est limité, pendant une période géologique quelconque, à des étendues restreintes; et secondement parce que les couches sont sujettes, après leur formation, à être complètement détruites, sur de vastes étendues, par la dénudation. Mais partout où se présentent certains éléments de la série, on les voit superposés suivant l'ordre indiqué dans la figure, bien qu'ils n'affectent pas toujours une disposition analogue à celle qui est représentée, parce que la plupart des couches reposent accidentellement sur d'autres, suivant une stratification discordante. Quand ce mode de superposition, déjà expliqué pp. 94, 116, se présente, il est presque invariablement accompagné d'une grande dissemblance dans les espèces des restes organiques que l'on trouve dans les couches disposées côte à côte par ordre de succession, cette discordance impliquant un laps de temps considérable qui se serait écoulé entre les deux formations juxtaposées.

Discordance fréquente des couches. — On observe des exemples très-fréquents d'une semblable discordance sur les points où se montrent les plus grandes lacunes dans la succession des restes organiques, entre les roches Permienne ou Triasiques, par exemple, ou bien entre les formations Crétacées et Eocènes. On en rencontre également dans telle ou telle partie du monde, au point de jonction de presque toutes les autres formations principales; quelquefois les divisions subordonnées d'un élément quelconque des groupes importants sont couchées en discordance sur un autre élément subordonné du même groupe, — le Silurien Supérieur, par exemple, sur l'Inférieur, ou la division supérieure du Vieux Grès Rouge sur un membre inférieur du même groupe, et ainsi de suite. Les cas d'irrégularités semblables dans le mode de succession des couches deviendront d'autant plus intelligibles que nous étendrons davantage nos explorations dans les formations fossilifères; car nous mettrons continuellement en lumière des dépôts d'âge intermédiaire, intercalés au milieu de dépôts déjà connus, qui nous révéleront une longue série d'événements

dont nous n'avions aucune connaissance avant ces découvertes.

Tandis que la disposition discordante témoigne toujours d'un laps de temps qui n'a laissé aucune trace, la disposition concordante de deux couches en contact n'implique nullement que la formation plus récente ait immédiatement succédé à la plus ancienne. On en peut conclure simplement que les roches anciennes n'ont été soumises à aucun de ces mouvements de nature à les incliner, à les courber et à interrompre leur continuité, avant la superposition à leur surface d'une formation plus moderne. Cette disposition ne prouve pas non plus que la croûte terrestre soit restée immobile dans la région en question, car il peut y avoir eu un abaissement ou une élévation graduelle, s'étendant uniformément sur une large surface, et, pendant la durée de ce mouvement, les roches stratifiées peuvent avoir conservé leur position primitive d'horizontalité. Une vaste étendue peut avoir passé de l'état de terre ferme à celui de mer, et, pendant ces changements de niveau, l'action de l'eau entraînant lentement quelques-unes de ces couches, il s'en sera superposé de nouvelles, dont la date différera peut-être de mille ans ou de plusieurs milliers de siècles, mais qui seront restées en concordance avec le système plus ancien. Enfin, il peut y avoir eu mélange des matériaux constituant les dépôts anciens avec ceux des formations nouvelles, de façon à donner lieu au passage d'une roche à l'autre, sous le rapport minéralogique, comme s'il n'y avait eu ni brèche ni interruption dans le mode de formation du dépôt.

Obscurité et défectuosité des monuments géologiques. — Bien que la découverte fréquente de nouveaux systèmes de couches intermédiaires rende de moins en moins brusque le passage d'un type des restes organiques à un autre, les géologues de nos jours considèrent la série entière des monuments géologiques comme bien plus incomplète et bien plus défectueuse qu'elle ne paraissait l'être à ceux qui les ont précédés d'un demi-siècle. Dans les anciennes observations, lorsqu'on rencontrait une interruption dans la suite régulière des formations, on la rapportait théoriquement à une catastrophe soudaine

et violente qui avait arrêté le cours régulier des événements dont la succession s'était continuée pendant des siècles, en détruisant en même temps tous les êtres organiques ou à peu près qui existaient dans l'origine; après quoi, l'ordre rétabli, s'ouvrait une nouvelle série d'événements. A mesure que nous nous éloignons de ces manières de voir, les phénomènes du monde organique et inorganique, tels que nous les présente la géologie, nous semblent plus faciles à expliquer au moyen de l'hypothèse de changements graduels et insensibles, dont l'existence ne se manifeste que par ces faibles convulsions, observées dans les temps historiques; à mesure qu'il paraît possible de rapporter les anciennes fluctuations dans le monde organique aux modifications infinies des espèces, sans avoir besoin de recourir à des actes nouveaux et indépendants de la création, le nombre et l'importance des lacunes qui restent encore, ou l'extrême imperfection des monuments devient de plus en plus frappante, et ce que nous possédons des anciennes annales de l'histoire de la terre nous semble bien peu de chose en comparaison de ce qui a été perdu.

Quand on examine une vaste étendue comme l'Europe, on trouve que la hauteur moyenne ou extrême des anciennes formations au-dessus du niveau de la mer surpasse ordinairement celle des dépôts plus modernes; ainsi, les formations primaires ou paléozoïques s'élèvent plus haut que les secondaires, et celles-ci à leur tour plus haut que les tertiaires, tandis que, par rapport aux trois divisions tertiaires, le groupe inférieur ou l'Eocène atteint à son sommet un niveau supérieur à celui du Miocène, et ce dernier une plus grande élévation que les formations du Pliocène. En définitive, les dépôts post-tertiaires, ceux, au moins, d'origine marine, sont le plus communément limités à des hauteurs de beaucoup inférieures, au-dessus du niveau de la mer, à celles des couches tertiaires.

On a également observé que les couches, en proportion de la nouveauté de leurs dates, affectent, dans leur caractère minéralogique, une plus grande ressemblance avec celles qui sont actuellement en voie de progrès dans les mers et les lacs — couches dont les plus récentes consistent

principalement en vase molle ou sable meuble, remplies, sur certains points, de coquilles, de coraux et d'autres corps organiques, animaux ou végétaux, et dépourvues, sur d'autres, de tous ces débris. Les changements qu'ont eu à subir les dépôts sédimentaires sont d'autant plus considérables que nous remontons à une époque plus reculée de nos jours, et que nous examinons les formations d'une plus haute antiquité. Le temps, ainsi que je l'ai expliqué dans les Chapitres V, VI et VII, a multiplié les effets de condensation par pression et de cimentation, et il a fait de même pour les changements qui ont été produits par la chaleur, les fractures, les contournements, les soulèvements et la dénudation. D'autres fois, les restes organiques ont été complètement anéantis, ou bien la matière animale qui les composait a été enlevée et remplacée par d'autres substances.

Motifs de commencer par l'étude des groupes les plus nouveaux. — De même, on observe que plus les roches sont anciennes, plus leurs restes organiques s'éloignent des types existants de la création. On trouve d'abord, dans les roches tertiaires récentes, quelques espèces rares qui n'existent plus, mêlées à un assez grand nombre d'espèces vivantes; puis, en fouillant plus profondément, on obtient plusieurs genres et plusieurs familles inconnus de nos jours, et l'on arrive à des couches dans lesquelles on n'a pu encore découvrir des restes fossiles d'espèces vivantes, à l'exception de quelques formes élémentaires d'invertébrés, tandis qu'on commence à y remarquer certains ordres d'animaux et de plantes qui ne sont aucunement représentés dans le monde actuel.

Lorsqu'on étudie les monuments géologiques de la terre et ses habitants, on y trouve, donc, comme dans l'histoire humaine, des défauts et une obscurité toujours croissante à mesure que l'on remonte à une époque plus reculée, les roches devenant généralement plus altérées et plus cristallines à mesure qu'elles sont plus anciennes. On éprouve une difficulté de plus en plus grande pour déterminer les véritables rapports chronologiques de ces roches, surtout quand on compare celles qui ont été formées simultanément dans des régions très-éloignées du globe. Il suit de là que l'on avance d'un pas plus assuré,

quand on commence par l'étude des souvenirs géologiques des époques récentes, en procédant du nouveau à l'ancien, ou du plus connu au moins connu.

En intervertissant ainsi l'ordre naturel, en apparence, des recherches historiques, on doit bien se souvenir que chacune des périodes ci-dessus énoncées, même parmi les plus courtes, telles que les périodes Post-tertiaire, Pliocène, Miocène et Eocène, embrasse une succession d'événements d'une si grande étendue, qu'il faudrait plusieurs volumes pour décrire l'une quelconque d'entre elles d'une manière satisfaisante. Il faut dire cependant que, lorsqu'on aborde un de ces groupes les plus nouveaux, avant d'essayer de déchiffrer les monuments d'un groupe plus ancien, c'est comme si l'on avait la prétention de posséder l'histoire de notre pays et celle des nations contemporaines, avant d'étudier l'histoire romaine, ou de compulsier les annales de l'Italie et de la Grèce ancienne, avant d'apprendre celles de l'Égypte et de l'Assyrie.

Nomenclature. — L'origine des noms Primaire et Secondaire et de leurs synonymes Paléozoïques et Mésozoïque, a été expliquée dans le Chapitre VIII^e, pp. 133, 134.

Les formations Tertiaires ou Caïnozoïques (v. p. 134) ont été ainsi nommées parce qu'elles sont toutes postérieures en date aux roches appelées Secondaires, dont la Craie ou le Crétacé constitue le groupe le plus moderne (n^o 9, fig. 86). Toutes les couches tertiaires furent d'abord confondues avec les alluvions superficielles d'Europe, et ce n'est que longtemps après que l'on a reconnu leur étendue réelle et leur épaisseur, ainsi que les âges auxquels elles appartiennent. On les avait observées par lambeaux; et, que leur origine fût d'eau douce ou marine, elles occupaient d'ordinaire une surface restreinte comparativement aux formations secondaires; leur position indiquait souvent qu'elles avaient été déposées dans des baies, des lacs, des estuaires ou des mers intérieures, après la transformation en terre ferme d'une vaste portion de l'espace maintenant occupé par l'Europe.

Les premiers dépôts de cette classe dont on déterminait les caractères avec exactitude, ceux des environs de Paris, furent décrits, en 1810, par MM. Cuvier et Brongniart. Ces savants établirent qu'ils consistaient en groupes suc-

cessifs de couches superposées, les uns d'origine marine, les autres d'eau douce. Les coquilles et coraux fossiles qu'ils contenaient étaient presque tous d'espèces nouvelles, et présentaient généralement une grande affinité avec ceux qui habitent aujourd'hui les mers des régions plus chaudes. Cuvier eut à examiner des os et squelettes d'animaux terrestres appartenant à plus de quarante espèces distinctes, dont quelques-unes de taille colossale; il déclara que ces animaux différaient spécifiquement, et, pour la plupart génériquement, de tous les produits connus de la création actuelle.

Bientôt on observa dans le voisinage de Londres et dans le Hampshire, des couches que, malgré leur différence de composition minéralogique, M. T. Webster eut raison de considérer comme contemporaines des formations de Paris, car les coquilles fossiles qu'elles contenaient étaient, pour le plus grand nombre, spécifiquement identiques. Le même motif conduisit à penser que les roches du bassin de la Gironde dans le midi de la France et celles de certains points du nord de l'Italie, pourraient bien dater de la même époque que les précédentes.

Une découverte importante fut faite bientôt après par Brocchi, en Italie. Ce savant avait étudié les dépôts argileux et sableux remplis de coquilles, qui, de chaque côté des Apennins, des plaines du Pô à la Calabre, forment une longue rangée de collines. Ces collines, principalement composées de couches marines plus modernes que celles de Paris et de Londres, reçurent de lui le nom de Subapennines.

Un autre groupe tertiaire des environs de Bordeaux et de Dax, dans le midi de la France, fut examiné, en 1825, par M. de Basterot, qui découvrit et figura plusieurs centaines d'espèces de coquilles différant, pour la plupart, de celles des séries Parisiennes et des collines Subapennines. On pensa que cette faune appartenait à une période intermédiaire entre celle des couches Parisiennes et des couches Subapennines, et des exemples de superposition bien évidente ne tardèrent pas à confirmer cette opinion; on découvrit, en effet, sur certains points de la vallée de la Loire, d'autres couches contemporaines de celles de Bordeaux, superposées à la formation Parisienne,

et sur un autre point, en Piémont, ces mêmes couches, au-dessous des couches Subapennines. Le premier de ces exemples fut signalé, en 1829, par M. Desnoyers, qui s'assura que le sable et la marne d'origine marine, appelés Faluns, près de Tours, dans le bassin de la Loire, et qui sont remplis de coraux et de coquilles marines, reposaient sur une formation lacustre constituant la sous-division supérieure du groupe Parisien et s'étendant sans discontinuité à travers un grand plateau entre le bassin de la Seine et celui de la Loire. L'autre exemple fut observé par Bonelli et d'autres géologues aux environs de Turin, dans des couches contenant plusieurs fossiles semblables à ceux de Bordeaux, et sur lesquelles reposaient d'autres lits appartenant au groupe Subapennin de Brocchi.

Importance des testacés fossiles dans la classification. — On remarquera dans les allusions aux débris organiques que nous avons faites, que les testacés ou mollusques à coquilles ont été choisis comme la classe la plus utile et la plus appropriée au but d'une classification générale. Ils sont plus universellement répandus que tous les autres corps organiques à travers les couches des différents âges, tandis que les familles de fossiles qui ne se présentent que rarement ou accidentellement ne peuvent être d'aucune utilité pour établir un arrangement chronologique. Si l'on n'a que des plantes dans un groupe de couches, et des ossements de mammifères dans un autre, quelle conclusion peut-on tirer sur l'affinité ou la discordance des êtres organiques des deux époques comparées? On peut en dire autant, si l'on a des plantes et des animaux vertébrés dans une série, et seulement des coquilles dans une autre. Bien que les coraux soient plus abondants à l'état fossile que les plantes, les reptiles ou les poissons, ils sont rares encore, comparés aux coquilles, parce que leur prospérité dépend surtout de la limpidité constante de l'eau dans laquelle ils vivent, ce qui devait les exclure, par conséquent, du sein des roches dures qui ont été formées par un sédiment épais et abondant à l'origine. L'utilité des testacés résulte encore de cette circonstance que certaines de leur formes sont propres à la mer, tandis que d'autres sont propres à la

terre et d'autres à l'eau douce. Les rivières ne manquent jamais d'apporter dans leurs deltas quelques coquilles terrestres, en même temps que des espèces fluviales et lacustres. Le géologue arrive ainsi à connaître quelles sont les espèces terrestres, d'eau douce, ou marines, qui ont coexisté à telles époques particulières du passé; et, lorsqu'il a ainsi identifié des couches formées dans la mer avec d'autres couches formées en même temps dans les lacs de l'intérieur des terres, il peut aller plus loin et prouver que certains quadrupèdes ou certaines plantes aquatiques, trouvés à l'état fossile dans des formations lacustres, ont habité le globe à la même époque où des reptiles, des poissons et des zoophytes vivaient eux-mêmes dans l'Océan.

Parmi d'autres caractères appartenant aux mollusques, et qui peuvent être très-utiles pour établir la chronologie géologique, nous mentionnerons le large développement géographique de plusieurs espèces, et, comme conséquence du caractère précédent, la longue durée des espèces de cette classe, — durée qui est le résultat probable de leur développement, et qui paraît avoir dépassé celle du plus grand nombre des mammifères et des poissons. Si les espèces avaient habité chacune un espace très-limité, le géologue n'aurait pu invoquer leur présence dans les couches pour identifier des dépôts éloignés; ou bien, si chacune n'avait duré qu'une courte période, elles ne jetteraient qu'une faible lumière sur la connexion de roches distantes l'une de l'autre, dans l'ordre chronologique, ou, comme on dit souvent, dans l'ordre vertical.

Classification des couches Tertiaires.—Différents auteurs ont divisé les couches Tertiaires d'Europe en trois groupes : le groupe inférieur ou formations plus anciennes de Paris et de Londres; le groupe moyen ou formations de Bordeaux et de Touraine qui manquent pour la plupart en Angleterre; et le groupe supérieur, comprenant toutes les formations plus nouvelles que celles du groupe moyen comprenant, en Angleterre, les Craggs du Norfolk et du Suffolk.

Dans la première édition des *Principes de Géologie*, j'ai divisé l'ensemble des formations Tertiaires en quatre groupes, caractérisés par le tant pour cent de coquilles ré-

centes qu'ils contiennent. M. Deshayes fut d'avis que les couches inférieures tertiaires de Paris et de Londres ne renfermaient que 3 1/2 pour cent d'espèces récentes; elles furent désignées sous le nom d'Eocène. Le tertiaire moyen de la Loire et de la Gironde, contient, suivant les déterminations spécifiques du même savant conchyliologiste, 17 pour cent et forma la division Miocène. Les couches Subapennines renferment de 35 à 50 pour cent. J'appelai ce groupe Vieux Pliocène et j'appliquai le nom de Nouveau Pliocène à ces couches plus récentes de Sicile dans lesquelles on trouve de 90 à 95 pour cent d'espèces identiques avec celles qui vivent de nos jours. Le premier de ces mots, Eocène, est dérivé de $\eta\omicron\varsigma$, *eos* (aurore), et $\kappa\alpha\iota\nu\omicron\varsigma$, *cainos* (récent), parce que les coquilles fossiles de cette période ne comprennent qu'une très-petite proportion d'espèces vivantes et qu'on peut les considérer comme indiquant l'aurore de l'état actuel de la faune testacée, — aucune espèce récente (à une ou deux exceptions près) n'ayant été jusqu'à présent découverte dans les roches plus anciennes ou secondaires.

Le mot Miocène, de $\mu\epsilon\iota\omicron\nu$, *meion* (moins) et $\kappa\alpha\iota\nu\omicron\varsigma$, *cainos* (récent) exprime une proportion moindre d'espèces testacées récentes. Le mot Pliocène, de $\pi\lambda\epsilon\iota\omicron\nu$, *pleion* (plus) et $\kappa\alpha\iota\nu\omicron\varsigma$, *cainos* (récent), indique un plus grand nombre de ces espèces. On peut aider la mémoire des étudiants en leur rappelant que le *Miocène* contient une proportion *plus petite*, et le *Pliocène* une proportion *plus grande* d'espèces récentes; et qu'un plus grand nombre d'espèces récentes implique toujours une origine plus moderne des couches.

On a quelquefois objecté à cette nomenclature que certaines espèces d'infusoires, trouvées dans la craie, vivent encore de nos jours et que, d'un autre côté, les dépôts du Miocène et du Vieux Pliocène contiennent souvent les débris de mammifères, de reptiles et de poissons exclusivement d'espèces éteintes. Mais le lecteur doit se souvenir que les mots Eocène, Miocène et Pliocène ont été inventés pour désigner uniquement une date conchyliologique, et c'est dans ce sens que je m'en suis servi et que je m'en sers encore.

Depuis l'année 1830, le nombre des coquilles connues,

tant récentes que fossiles, a augmenté considérablement, et leur identification a été déterminée avec beaucoup plus de soin. De là, des modifications et des réformes dans les classifications basées sur des données moins parfaites. Les périodes Eocène, Miocène et Pliocène ont été établies pour comprendre certains groupes de couches dont les fossiles ne sont pas toujours exactement conformes, quant aux proportions des espèces récentes et des espèces éteintes, aux définitions que j'avais d'abord données ou que comporte l'étymologie de ces mots.

CHAPITRE X

PÉRIODES RÉCENTE ET PLEISTOCÈNE.

Périodes Récente et Pleistocène. — Définitions. — Formations de la Période Récente. — Dépôt moderne du littoral contenant des ouvrages d'art près de Naples. — Tourbe du Danemarck et amas de coquilles. — Ages de la pierre, du bronze et du fer. — Formations Pleistocènes. — Coexistence de l'homme avec des mammifères éteints. — Période du renne dans le midi de la France. — Dépôts alluviaux de l'âge Paléolithique. — Gravier de vallée de niveau supérieur. — Loess ou limon d'inondation du Nil, du Rhin, etc... Origine des cavernes. — Restes de l'homme et de quadrupèdes éteints dans les dépôts de caverne. — Caverne de Kirkdale. — Cavernes à brèches d'Australie. — Rapports géographiques entre les provinces des vertébrés vivants et celles des espèces éteintes du Pleistocène. — Oiseaux éteints du genre *Struthionées* dans la Nouvelle-Zélande. — Climat de la période Pleistocène. — Longévité comparative de l'espèce dans les mammifères et les testacés. — Dents de mammifères dans les couches récente et Pleistocène.

Nous avons vu dans le dernier chapitre que les couches supérieures ou les plus nouvelles, étant de date plus moderne que les Tertiaires, ont reçu le nom de Post-tertiaires. Nous ferons également observer que les formations Post-tertiaires sont divisées en deux groupes subordonnés, Récent et Pleistocène. Dans le Récent, les mammifères aussi bien que les coquilles, sont d'espèces identiques à celles qui vivent de nos jours, tandis que, dans le Pleistocène, une partie souvent considérable des mammifères appartient aux espèces éteintes. Dans les premières éditions de cet ouvrage, j'avais divisé les dépôts tertiaires en dépôts Récents et Post-Pliocènes, mais ce dernier terme a plusieurs inconvénients, celui entre autres d'être souvent confondu avec l'expression Post-tertiaire. Je me suis donc déterminé à adopter à l'avenir le mot Pleistocène que

j'avais proposé, en 1839, comme synonyme de Nouveau Pliocène, mais qui, ayant été employé par feu Edward Forbes comme équivalent de post-Pliocène, se trouve aujourd'hui généralement pris dans le sens de ce dernier terme. Dans ce volume, j'emploierai donc le terme Pleistocène pour indiquer la subdivision inférieure du Post-tertiaire, et je ne conserverai quelquefois le mot Post-pliocène entre parenthèses que pour rappeler au lecteur que le mot Pleistocène est son synonyme.

Dans certains cas il sera impossible de tracer une ligne de démarcation entre les dépôts Récents et les Pleistocènes (Post-pliocènes), et ces difficultés, loin de diminuer, ne feront que s'accroître, à mesure que nous avancerons dans la science géologique, et en proportion des lacunes que nous remplirons successivement dans l'histoire du globe.

PÉRIODE RÉCENTE

Nous avons démontré dans le sixième chapitre, en traitant de la dénudation, que la terre sèche, ou cette partie de la surface terrestre qui n'est pas couverte par les eaux des lacs ou des mers, est généralement dégradée par l'action incessante de la pluie et des cours d'eau, et, dans certains endroits, par la puissance envahissante des vagues qui minent les bords de la mer. Mais ces changements ne se montrent pas également partout; certains terrains nivelés et ayant acquis une pente douce, sont entièrement à l'abri de l'usure, leurs surfaces étant protégées par une végétation persistante; c'est ainsi qu'ils peuvent rester pendant des siècles dans des conditions stationnaires, tandis que les ravins et les vallées intermédiaires se creusent et s'élargissent par suite du déplacement de la matière.

Les matériaux fins ou grossiers, annuellement charriés par les eaux des hauteurs vers les régions inférieures, et déposés en couches successives dans les bassins des mers et des lacs, doivent former un volume énorme. Ce travail d'accumulation des couches se continuant hors de la portée de notre vue, nous sommes toujours incapables d'en apprécier l'importance.

Cependant, des causes agissant dans la suite des siècles peuvent nous rendre visibles ces formations modernes, d'origine marine ou lacustre. Des changements de niveau s'opèrent continuellement sur une vaste étendue de la croûte terrestre, certains espaces s'élèvent, d'autres s'abaissent de quelques centimètres, de quelques décimètres, quelquefois même de quelques mètres dans un siècle, de sorte que des terrains autrefois sub-aqueux sont transformés insensiblement en terres fermes, et que d'autres élevés et secs sont recouverts par les eaux. Par suite de ces mouvements, nous trouvons dans certaines contrées, dans le Cachemire, par exemple, où les montagnes sont souvent ébranlées par des tremblements de terre, des dépôts formés dans les lacs à une époque historique, mais dans lesquels les cours d'eau ont creusé des canaux larges et profonds. On voit de même des ouvrages d'art et des coquilles d'eau douce au sein des couches lacustres ainsi coupées. Dans d'autres pays situés sur le bord de la mer, ordinairement à de faibles élévations au-dessus de son niveau, on rencontre des plages soulevées, ou des dépôts marins de littoral, tels que ceux des bords du golfe de Baïes, près de Naples, dans lesquels est enseveli le temple de Sérapis bien connu des géologues. Dans ce cas, on peut préciser la date des monuments enfouis dans la couche marine, mais, dans d'autres circonstances, on ne peut avoir que de l'incertitude sur l'âge exact des ouvrages produits par la main de l'homme. C'est ainsi que l'on peut faire remonter à une époque quelconque de la Période Récente les ouvrages d'art et les nombreux canots qui ont été exhumés à l'embouchure de la Clyde à Glasgow.

Tourbe du Danemark et amas de coquilles, ou Kitchen-Middens. — Quelquefois, il n'est pas besoin d'un changement de niveau pour montrer à nos yeux les événements qui ont eu lieu dans les époques pré-historiques. L'ensemble des travaux des zoologistes et des botanistes anciens, par exemple, jette une grande lumière sur la nature des êtres primitifs qui ont été enfouis dans les dépôts tourbeux du Danemark. Leur âge géologique est déterminé par ce fait, que non-seulement les coquilles terrestres et d'eau douce contemporaines, mais encore tous

les quadrupèdes, trouvés dans la tourbe, sont d'espèces qui concordent avec celles qui existent de nos jours dans les mêmes contrées, ou qui sont reconnues, de mémoire d'homme, avoir vécu dans le Danemark. Dans les couches inférieures de la tourbe (les couches ayant une épaisseur qui varie de six à neuf mètres), on rencontre des armes de pierre avec des troncs de pin d'Écosse, *Pinus silvestris*. Cette tourbe peut être rapportée à cette partie de la période de la pierre que sir John Lubbock a proposé de désigner sous le nom de *Neolithique*, en opposition à une période plus ancienne qu'il a appelée *Paléolithique* et dont nous parlerons dans la suite. Dans les parties supérieures des mêmes marais, des ustensiles de bronze sont mêlés avec des troncs et des glands de chêne commun. Il paraîtrait, de là, que le pin n'a nullement été un produit du Danemark dans les temps historiques, et qu'il a été remplacé par le chêne, vers l'époque où les objets et les instruments de bronze se substituèrent graduellement à ceux de pierre. Il paraîtrait, en outre, qu'à une époque plus rapprochée, le chêne lui-même, devenu rare, aurait été supplanté complètement par le hêtre, arbre qui croît aujourd'hui vigoureusement dans le Danemark; et qu'à une époque plus récente encore, alors que le hêtre abondait, les outils en fer furent introduits dans le pays et prirent insensiblement la place des ustensiles de bronze.

Sur les cotes de la Baltique on trouve, dans les îles du Danemark, certains amas appelés dans le pays *Kjökkenmødding* ou *Kitchen-middens* (débris de cuisine), qui se composent principalement d'écaillés d'huîtres et d'autres espèces comestibles de mollusques. Ces amas, d'une hauteur de 9 décimètres à 3 mètres, mesurent de 30 à 305 mètres dans leur plus long diamètre; ils ressemblent beaucoup aux entassements de coquillages formés par les Peaux-Rouges de l'Amérique Septentrionale, le long des cotes orientales des États-Unis, que j'ai vus en 1845 et décrits dans un autre ouvrage (1). Dans les anciens amas, récemment étudiés avec beaucoup de soin et de savoir par les antiquaires et les naturalistes Danois, on n'a découvert

(1) *Second voyage aux États-Unis*, vol. I, p. 338. 1845.

aucun ustensile en métal : les couteaux, les haches et tous les autres outils, sont tous en pierre, corne, ou bois. On trouve souvent, avec ces objets, des fragments de poterie grossière, du charbon et des cendres, ainsi que les os de quadrupèdes qui servent de nourriture au bas peuple. Ces ossements appartiennent aux grandes espèces vivantes de nos jours en Europe; il faut dire cependant que le castor, faisant partie de l'une d'entre elles, a depuis longtemps disparu du Danemark, et que le chien est le seul animal dont la race primitive se soit conservée dans ce pays.

Ces amas de détritits, vu l'absence complète d'instruments en métal, ont été rapportés à la division Néolithique de la période nommée âge de pierre, période qui a été immédiatement suivie dans le Danemark par l'âge de bronze. Une race plus civilisée, et portant des armes faites de cet alliage, a dû probablement envahir la Scandinavie, et en chasser les Aborigènes.

Habitations lacustres de la Suisse. — En Suisse, la succession des âges de la pierre, du bronze et du fer, a été démontrée par une autre classe de monuments, qui a été étudiée avec grand succès dans ces dernières années et spécialement en 1854. Le docteur F. Keller découvrit, à cette époque, à Meilen, dans le fond du lac de Zurich, près du rivage, les ruines d'un ancien village, primitivement construit sur un pilotis considérable, et qui avait été entraîné, à une date inconnue, dans le lit vaseux du lac. Depuis lors, un grand nombre d'autres localités, plus de cent cinquante, ont donné lieu à la découverte de semblables constructions sur pilotis, situées sur les bords des lacs Suisses, à des points où la profondeur de l'eau ne dépasse pas 5 mètres (1). Dans ces endroits la vase superficielle est remplie d'objets divers, et on les a retirés souvent par centaines d'une étendue très-limitée. Au milieu de pieux solidement fixés dans la vase, on en rencontre des milliers qui sont pourris à leurs extrémités supérieures.

Les âges de la pierre, du bronze et du fer indiquant purement des étages successifs de civilisation, peuvent avoir

(1) *Bulletin de la Société Vaudoise des Sc. Nat.*, t. VI; Lausanne, 1860 — et *Antiquité de l'homme*, par l'auteur, ch. II.

existé en même temps dans différentes parties du globe, et même dans des régions contiguës, chez des peuples qui avaient peu de communications entre eux. Quant à la série chronologique des monuments, nous ne pouvons l'établir que sur des probabilités, et non d'une manière distincte, nos observations étant limitées dans un champ aussi étroit que la Suisse.

L'antiquité relative des constructions sur pilotis, qui appartiennent respectivement aux âges de la pierre et du bronze, est aussi clairement démontrée par l'association des outils avec certains groupes de restes d'animaux. Dans les endroits où l'on trouve des outils de pierre, les os provenant des animaux qui ont servi à la nourriture de ces anciens peuples, sont ceux du daim, du sanglier, du buffle, animaux qui abondaient alors que l'homme pratiquait l'état de chasseur. Mais les os que l'on rencontre dans une époque postérieure, c'est-à-dire celle du bronze, sont principalement ceux du bœuf, de la chèvre, du porc, — indication d'une civilisation en progrès. Quelques villages de l'âge de pierre sont de date plus récente que d'autres et dénotent certaines connaissances industrielles. On a découvert, dans ces anciens débris, des grains carbonisés de blé et d'orge, et des morceaux de pain, — signes d'un commencement de culture des céréales, — ainsi que des étoffes de lin filé et des tissus de paille.

En Suisse, la poterie de l'âge de bronze se compose de matière plus fine et est plus élégante de formes que celle de l'âge de pierre. On a également découvert à Nidau, sur le lac de Biemme, des objets en fer, ce qui prouve évidemment que les habitations lacustres n'ont été abandonnées que lorsque ce métal avait été déjà en usage.

A La Thène, à l'angle nord du lac de Neuchâtel, on a obtenu une grande quantité d'objets en fer, qui diffèrent complètement, par les formes et par l'ornementation, de ceux de l'âge de bronze et de ceux en usage chez les Romains. MM. Schwab et Desor y ont aussi découvert des monnaies Gauloises et Celtes. Tous ces objets ont des caractères communs avec les restes, contenant plusieurs glaives en fer, qui ont été découverts à Tiefenau, près Berne, dans une plaine que l'on suppose avoir été un champ de bataille; ils paraissent dater d'une époque anté-

rieure à la grande invasion romaine du nord de l'Europe, sans avoir précédé de beaucoup peut-être cet événement (1). Les monnaies que l'on rencontre quelquefois dans les dépôts de l'âge de fer, n'ont jamais été trouvées dans la formation des âges du bronze et de la pierre.

Le commerce avec l'étranger doit avoir été en vigueur dans la période de bronze, car l'étain qui entre dans cet alliage de cuivre, dans la proportion de 10 pour 100, était principalement exporté du Cornouailles par les anciens (2). On a découvert très-peu d'ossements humains de l'âge de bronze dans la tourbe du Danemark ou dans les habitations lacustres de la Suisse, et les archéologues attribuent généralement cette rareté à la coutume de brûler les morts, qui régnait dans l'âge de bronze.

PÉRIODE PLEISTOCÈNE

Nous pouvons déduire des observations ci-dessus que les âges de fer et de bronze ont été précédés, dans l'Europe septentrionale et centrale, d'un âge de pierre, le Néolithique, qui doit être rapporté à la division récemment établie de l'époque post-tertiaire que j'ai appelée Récente et dont les restes organiques ou de mammifères associés aux ustensiles de pierre étaient d'espèces vivantes. On a récemment découvert des souvenirs d'un âge de pierre encore plus ancien, pour lequel on a proposé le nom de Paléolithique, et pendant lequel l'homme était contemporain, en Europe, de l'éléphant, du rhinocéros et de plusieurs autres animaux, dont les plus grands, pour la plupart, ont depuis longtemps disparu.

Période du Renne dans le midi de la France. —

Dans un grand nombre de cavernes d'Europe, dans celles, par exemple, d'Angleterre, de Belgique, d'Allemagne et de plusieurs parties de la France, les restes d'animaux se rapportent spécifiquement à la faune de la division la plus ancienne de l'âge de pierre, division à laquelle appartient le terrain de transport d'Amiens et d'Abbeville dont nous allons parler, qui contient des silex d'une très-

(1) Leçon de sir J. Lubbock, Royal institution, 27 février 1863.

(2) Diodore, V. 21, 22, et sir H. James, Note sur un bloc d'étain retiré du port de Falmouth, Royal Institution of Cornwall, 1863.

haute antiquité. Il existe dans les départements de la Dordogne, de l'Aude et dans d'autres parties méridionales de la France, des cavernes particulières qui, suivant M. Lartet, seraient d'une date intermédiaire entre les périodes Paléolithique et Néolithique. En 1863, M. Lartet donna à cet âge intermédiaire le nom de *période du renne*, à cause des quantités considérables d'ossements et de bois de renne qui avaient été trouvés dans ces cavernes de France. On a rencontré, dans certains cas, des lames séparées de molaires de mammouth, et par-dessus des os de renne coupés et ciselés qui se trouvaient mélangés avec des dents du grand daim d'Écosse, *Cervus Megaceros*, et du lion des cavernes, *Felis spelæa*, variété éteinte du *Felis leo*. Sur l'un de ces os sculptés de la caverne du Périgord, se trouve une représentation grossière du mammouth avec ses défenses recourbées et sa toison laineuse; et pour M. Lartet il est hors de doute que les anciens habitants de ces cavernes ont dû voir encore vivant, en France, l'éléphant de cette espèce. La présence dans ces cavernes du renne, de la marmotte et de plusieurs autres animaux du nord, semble impliquer un climat plus froid que celui de l'époque des habitations lacustres, dans lesquelles on n'a pas encore de restes du renne. L'absence de ces derniers ossements dans les anciennes habitations lacustres de la Suisse, est d'autant plus significative, que l'on a trouvé dans une caverne aux environs du lac de Genève, celle du Mont-Salève, des os de renne avec des silex exactement semblables à ceux des cavernes de la Dordogne et du Périgord.

L'état des arts, d'après les instruments trouvés dans ces cavernes de la période du renne, est un peu plus avancé que celui de la période caractérisée par les objets du terrain de transport d'Amiens, mais il est pourtant plus rudimentaire que celui des constructions lacustres de la Suisse. On n'y rencontre pas d'objets en métal, et les haches de pierre ne sont pas polies à la manière des celts; les aiguilles en os, parfaitement travaillées, sont munies de leurs chas percés avec une habileté consommée.

Les formations dont je viens de parler et qui nous sont encore imparfaitement connues, peuvent être classées comme appartenant à la fin de l'âge Paléolithique, sur

les monuments duquel je vais porter l'attention des lecteurs.

Dépôts d'alluvion de l'âge Paléolithique. — Les dépôts marins et alluviaux de cet âge reculé, le plus ancien qui nous ait laissé des traces de l'homme jusqu'à ce jour, appartiennent à une époque où la configuration géographique de l'Europe différait essentiellement de la configuration actuelle. Dans la période Néolithique, les vallées et les cours d'eau coïncident presque entièrement avec les vallées et les cours d'eau de nos jours, et c'est dans les mêmes marais tourbeux que la tourbe se produit encore aujourd'hui. La position des amas de coquilles et des habitations lacustres dont nous avons parlé, est de nature à nous confirmer que la topographie des diverses régions dans lesquelles on a fait ces observations n'a subi subséquentement aucune altération matérielle. Mais, en examinant les formations du Pleistocène (Post-pliocène) contenant les restes si nombreux de tant de mammifères éteints on est frappé tout d'abord de la différence très-marquée qui existe entre la surface ancienne et la surface actuelle. Depuis l'origine de ces dépôts, la profondeur et la largeur d'un grand nombre de vallées ont subi des changements d'une importance considérable, et il en est de même pour la direction des eaux s'écoulant à la surface ou dans des voies souterraines, comme le démontre clairement la position relative de la terre et de la mer, près des côtes marines. La figure 87 représente une coupe imaginaire, montrant les diverses positions qu'occupent les dépôts d'alluvion Récents et Pleistocènes dans la plupart des vallées de l'Europe.

La tourbe n° 1 a été formée dans une partie basse de la plaine d'alluvion moderne, où l'on remarque, en certains points, le gravier n° 2 de la période récente. Le limon ou sédiment fin n° 2 a été déposé, en plusieurs endroits, sur ce gravier, par la rivière, durant les inondations qui ont presque entièrement submergé la plaine alluviale.

Le n° 3 représente une alluvion plus ancienne, composée de sable et de gravier, et qui a été formée avant que la vallée eût été creusée jusqu'à sa profondeur actuelle. Elle contient les restes de coquilles fluviales d'espèces vivantes, associées avec les os de mammifères, en partie

d'espèces récentes, en partie d'espèces éteintes. Parmi ces derniers animaux, les plus communs en Europe étaient le

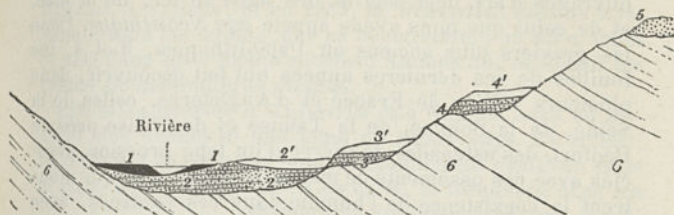


Fig. 87. — Dépôts d'alluvion Récents et Pleistocènes.

- | | |
|--|---|
| 1. Tourbe de la période récente. | 4. Gravier de vallée de niveau supérieur (Pleistocène). |
| 2. Gravier de rivière moderne. | 4'. Limon de la même époque. |
| 2'. Loam ou terre à brique (loess) du même âge que le n° 2, formé par les inondations de la rivière. | 5. Gravier de plateau de diverses sortes et de différentes époques, consistant, dans certains endroits, en argile de transport non-stratifié (boulder clay ou drift glaciaire). |
| 3. Gravier de vallée, de niveau inférieur, avec mammifères éteints (Pleistocène). | 6. Roches anciennes. |
| 3'. Limon de la même époque. | |

Mammouth (*E. primigenius*) et le rhinocéros de Sibérie (*R. tichorhinus*). Le n° 3' est un restant de limon ou de terre à brique qui couvrait le n° 3. Le n° 4 représente une terrasse encore plus ancienne et plus élevée, de même composition que le n° 3, avec de semblables restes organiques, et couverte comme le n° 4' d'un limon déposé par les inondations. Quelquefois les graviers de vallée d'ancienne date manquent complètement, il n'en existe souvent qu'une seule couche, ou l'on en rencontre parfois plus de deux qui indiquent comme plusieurs phases successives dans l'excavation de la vallée. Ordinairement, ces couches sont disposées, à des hauteurs qui varient de 3 à 30 mètres, quelquefois à droite, quelquefois à gauche, dans les terrains actuels bordant la rivière (*river-plain*), mais il est rare qu'on les rencontre largement développés sur les côtés exactement opposés de la vallée.

Parmi les espèces de quadrupèdes éteints que l'on trouve le plus généralement en Angleterre, en France, en Allemagne et dans d'autres parties de l'Europe, on doit citer les suivantes : éléphant, rhinocéros, hippopotame, cheval, grand daim d'Ecosse, ours, tigre et hyène. Dans

la tourbe n° 1 (fig. 87), et dans les couches plus modernes de gravier et de sédiment (n° 2), on rencontre des ouvrages d'art, déjà décrits, des âges de fer, de bronze, et de celui que nous avons appelé *âge Néolithique*. Dans les graviers plus anciens ou Paléolithiques, 3 et 4, les fouilles de ces dernières années ont fait découvrir, dans plusieurs vallées de France et d'Angleterre, celles de la Seine, de la Somme, de la Tamise et de l'Ouse près de Bedford, des ustensiles de pierre d'un type grossier, associés avec des ossements de mammifères éteints, qui montrent la coexistence de l'homme dans ces contrées, avec l'éléphant et autres quadrupèdes disparus des genres ci-dessus mentionnés. En 1847, M. Boucher de Perthes découvrit dans une ancienne alluvion à Abbeville, en Picardie, les ossements de mammifères éteints avec des outils

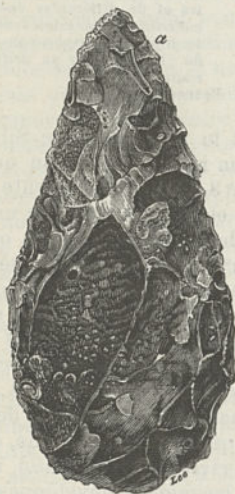


Fig. 88. — Tête de lance en silex non poli. Saint-Acheul. Un tiers de grandeur.



Fig. 89. — Hachette en silex non poli, de forme ovale. Un tiers de grandeur.

en silex d'un type grossier; leur association était de nature à faire admettre que les restes organiques et les ouvrages d'art devaient être rapportés à une seule et même

période. Cette opinion, un instant controversée, fut bientôt confirmée par les nouvelles observations du docteur Rigolot, à Amiens; et en 1859, M. Prestwich dissipa finalement tous les doutes, par sa découverte d'un silex taillé *in situ* dans cette même couche d'Amiens qui contenait les restes de mammifères éteints.

Les silex trouvés à Abbeville et à Amiens sont en général des haches et des têtes de lances (figs. 88 et 89); ils diffèrent de ceux qui sont communément désignés sous le nom de *celts* (fig. 90). Ces *celts*, si fréquents dans les formations récentes, ont une forme oblongue plus régulière, résultant de l'usure qu'on leur a fait subir pour leur donner un tranchant vif. Les silex trouvés à Abbeville, dans le gravier, à différents niveaux, comme les nos 3 et 4, (fig. 87), concurremment avec des os d'éléphant, de rhinocéros et d'autres mammifères éteints, sont toujours grossiers, et ont évidemment reçu la forme qu'ils présentent, par l'ablation à coups répétés de fragments de silex, comme on pourrait le faire avec un marteau de pierre.



Fig. 90. — Celt poli
trouvé à Coton, Cambridgeshire, 1863.
Tiers de grandeur.

Quelques-uns affectent la forme ovale, d'autres celle d'une tête de lance, et quoiqu'il n'y en ait pas deux qui se ressemblent exactement, on reconnaît sensiblement que le plus grand nombre, de chaque sorte, a été fabriqué d'après le même modèle. Leur surface extérieure est souvent blanche, la teinte noirâtre et primitive des silex ayant été décolorée et blanchie par l'exposition à l'air, ou par l'action des acides, pendant leur gisement dans le gravier. Ils sont le plus ordinairement souillés d'une couche ocreuse, analogue à celle qui recouvre le gravier siliceux dans lequel ils sont enfouis. Parfois, leur ancienneté est démontrée non-seulement par leur couleur, mais par des incrustations superficielles de carbonate de chaux, ou par des arborisations formées de

manganèse et d'oxyde de fer. Chez quelques-uns, le tranchant est usé, soit que ces silex aient servi comme outils, soit qu'ils aient été roulés dans l'ancien lit de la rivière. On les rencontre non-seulement dans les graviers de niveau inférieur, comme dans le n° 3, fig. 87, mais encore, comme dans le n° 4, dans des graviers plus élevés, à Saint-Acheul, par exemple, aux environs d'Abbeville, où l'ancienne alluvion forme une couche élevée de 30 mètres environ au-dessus du niveau de la Somme. A ces deux niveaux, dans le limon comme dans le gravier, on trouve des coquilles fluviatiles et terrestres, sans aucunes traces de coquilles marines, excepté aux environs d'Abbeville, dans la partie la plus inférieure du gravier, près de la mer, et à quelques décimètres seulement au-dessus du niveau actuel des eaux hautes. En cet endroit, des coquilles fossiles d'espèces vivantes sont mêlées avec les ossements de l'*Elephas primigenius*, et *E. antiquus*, du *Rhinoceros tichorhinus*, de l'*Hippopotamus*, du *Felis leo* (var. *spelæa*) de l'*Hyæna crocuta* (var. *spelea*), du renne et de plusieurs autres animaux. Ces débris osseux sont associés aux objets en silex d'une telle façon, que l'enfouissement des uns et des autres doit avoir eu lieu nécessairement à la même époque, dans l'ancienne alluvion.

Dans le drift de Menchecourt, à Abbeville, on a découvert le squelette entier d'un rhinocéros; la juxtaposition particulière des os et l'arrangement qu'ils avaient conservé, démontraient que les cartilages devaient les avoir reliés à l'époque de leur inhumation.

On doit attribuer, dans un certain degré, à l'étendue limitée de nos recherches actuelles, l'absence générale d'ossements humains remarquée dans les diverses couches de gravier et de sable qui ont fourni des objets en silex. Mais on peut supposer aussi qu'une population de chasseurs, toujours peu nombreuse, disséminée dans cette région, était trop prudente pour se laisser surprendre par les inondations qui auraient entraîné les animaux herbivores, pâturent ou se livrant au sommeil dans les bas-fonds de la rivière. Des bêtes féroces rôdant sur les mêmes couches d'alluvion, en quête d'une proie, peuvent également avoir été surprises plus facilement que les êtres humains qui occupaient le même pays, et qui de-

vaient mieux connaître les signes précurseurs de l'orage.

Vase d'inondation des rivières. — Terre à brique. — Limon fluviatile ou Loess. — En thèse générale, les alluvions fluviatiles de différents âges (nos 2, 3, 4, fig. 87) sont formés, pour la plupart, de matériaux grossiers dans leurs parties inférieures, et de sédiment fin ou limon dans les supérieures. Les rivières, en effet, changent constamment de position dans le fond de la vallée; elles empiètent graduellement sur la rive voisine d'une eau profonde, et abandonnent le côté opposé. où le lit va sans cesse se desséchant, pour être converti, à un moment donné, en terre ferme; aux endroits où il est le plus rapide, le courant entraîne du bord des graviers grossiers; dans ceux où sa vitesse est moindre, il précipite du sable d'abord, et puis seulement une vase très-fine. Pendant les inondations, une couche mince de ce sédiment fin couvre une vaste surface, sur un côté ou quelquefois sur les deux côtés du cours d'eau principal, en s'accumulant jusqu'aux bases ou *bluffs* des terrains plus élevés qui bornent la vallée. C'est de cette manière que se forment les dépôts annuels bien connus du Nil, auxquels l'Égypte est redevable de sa fertilité. Ces couches déposées sont si minces, que leur accumulation pendant un siècle dépasse rarement une épaisseur de 12 centimètres, quoique celle qu'elles ont acquise dans l'espace de milliers d'années soit si considérable, que des sondages pratiqués à une profondeur de 18 mètres n'aient pu faire toucher le fond dans les parties centrales de la vallée. Ces dépôts consistent en une vase homogène, partout la même, et sans stratifications; on ne peut observer leur succession que dans les endroits où le Nil a son lit obstrué, ou bien dans ceux où les sables apportés par les vents du désert de Libye ont envahi la plaine, et donné naissance à des alternances de sable et de limon.

En Europe, on observe parfois, dans les limons de rivière, des galets isolés et des fragments angulaires de pierre qui ont été transportés par les glaces aux endroits où on les rencontre. Il n'en est pas ainsi dans les plaines d'Égypte, ces matériaux grossiers n'y existent pas.

Dans certaines parties de la vallée du Rhin, l'accumulation d'un semblable limon, appelée *Loess* en Allemagne,

s'est produite sur une grande échelle. C'est un sable très-homogène et d'une couleur gris-jaunâtre, qui, suivant les analyses du Professeur Bischoff, a une composition analogue à celle du limon du Nil. Quoique la masse ne présente, la plupart du temps, aucun signe de stratification, on trouve cependant des traces de cette disposition dans les parties du dépôt qui contiennent des concrétions calcaires, ou bien vers la base qui repose sur un lit de sable et de gravier disposé par couches alternantes près de la ligne de jonction. La masse entière est composée, pour un sixième environ, de carbonate de chaux, ordinairement mélangé de sable micacé et de quartz fin.

Ce limon du Rhin, quoique peu consistant, se termine habituellement, dans les endroits où il a été miné par les eaux courantes, par un escarpement vertical, de la superficie duquel on voit se projeter en relief des coquilles terrestres et d'eau douce, ainsi que des mollusques amphibies. La présence de ces débris n'implique pas le séjour permanent, dans ces lieux, d'une certaine quantité d'eau douce, car la plus aquatique de ces coquilles, la *Succinea*, vit dans les marais et dans les prairies humides. La *Succinea elongata* (ou *S. oblonga*), fig. 88, est très-caractéristique du loess du Rhin et de quelques autres limons de rivière d'Europe.

Parmi d'autres coquilles terrestres qui abondent dans le loess du Rhin, on cite l'*Helix hispida* (fig. 93) et la *Pupa muscorum* (fig. 92). Les coquilles terrestres et aquatiques incorporées dans ce dépôt, bien que



Fig. 91.



Fig. 92.



Fig. 93.

Succinea elongata. *Pupa muscorum* (Linn.). *Helix hispida* (*plebeia*) (Linn.).

d'une structure des plus fragiles et des plus délicates, sont presque invariablement dans un état parfait de conservation; or, elles eussent été mises en pièces si elles avaient été entraînées par une inondation violente. La couleur même de quelques-unes de

ces coquilles terrestres, telles que l'*Helix nemoralis*, subsiste parfois.

Dans la vallée du Rhin, entre Bingen et Bâle, le limon fluviatile ou loess a plusieurs centaines de mètres d'épaisseur, et contient çà et là dans sa masse des coquilles terrestres et amphibies. D'après l'aspect de ces dépôts, qui forment comme des franges sur les deux côtés de la grande plaine, et dont on rencontre, dans le centre de la vallée, des lambeaux formant des monticules de plusieurs mètres de hauteur, on est en droit de supposer : 1° qu'il y a eu d'abord une accumulation lente de limon, 2° que, plus tard, des parties considérables de ce limon ont été entraînées, et que la vallée primitive qu'il avait partiellement comblée a été creusée de nouveau.

Pour expliquer de pareils changements, on peut supposer un grand mouvement d'oscillation, qui aurait relevé la surface du sol, après lui avoir fait subir une dépression générale. L'abaissement qui s'est produit d'abord dans l'intérieur du continent doit avoir été plus considérable que celui des pays voisins de la mer, et, dans ce cas, la plaine alluviale de la partie supérieure de la grande vallée se serait élevée insensiblement par l'accumulation du sédiment, accumulation qui n'aurait cessé qu'avec l'affaissement complet du sol qui servait à l'alimentation. Si nous renversons la direction du mouvement, comme, pendant la durée du relèvement du sol, l'exhaussement des régions intérieures doit avoir eu lieu plus rapidement près des montagnes que des côtes, la rivière a acquis une force de dénudation suffisante pour entraîner presque entièrement le limon et le gravier qui avaient servi à combler le bassin. Des terrasses et des monticules de limon et de sable seraient alors restés isolément pour attester les différents niveaux auxquels se serait élevée la matière alluviale, d'abord accumulée et plus tard entraînée par les eaux de la rivière.

Dépôts de caverne contenant des restes humains et des ossements d'animaux éteints. — En Angleterre, et dans presque tous les pays abondants en roches calcaires, on trouve des cavernes qui consistent ordinairement en cavités de grandes dimensions, réunies par des galeries ou tunnels, bas, étroits, et quelquefois

tortueux. Ces voûtes souterraines sont le plus souvent comblées en partie par du limon, des galets et des brèches, renfermant des ossements qui appartiennent au même ensemble d'animaux que celui que nous avons déjà décrit comme caractérisant les alluvions Pleistocènes. Quelques-uns de ces ossements proviennent d'espèces éteintes, d'autres d'espèces vivantes, et ils sont associés parfois, comme dans les graviers de vallée, à des ustensiles de l'une des grandes divisions de l'âge de pierre, quelquefois à des ossements humains; ces derniers sont beaucoup plus communs dans les dépôts de cavernes que dans les alluvions de vallée.

En définitive, chaque suite de cavernes et les passages par lesquels on communique de l'une à l'autre, fournissent au géologue des souvenirs des trois phases successives qu'a dû subir la configuration physique de la contrée dans laquelle on les rencontre. Dans la première période, le carbonate de chaux a été peu à peu entraîné de l'intérieur de la terre par les sources; dans la seconde, des rivières engouffrées ou parfois des inondations, ont emporté des débris organiques et inorganiques dans les cavités souterraines formées antérieurement; dans la troisième période enfin, les changements opérés dans les traits géographiques du pays ont été de telle nature, que les rivières engouffrées ont été détournées dans de nouveaux lits, et que les sources ont été complètement tariées. Par suite de ces phénomènes, le limon des cavernes, les brèches, le gravier et les ossements fossiles se trouveraient, avec l'écoulement actuel des eaux de la région, dans le même rapport que les plaines alluviales et les rivières existantes, avec les terrains de transport plus anciens de vallée, contenant leurs mammifères éteints et leurs ouvrages d'art.

L'exploitation de grandes masses de Calcaires Carbonifère et Dévonien, près de Liège, en Belgique, a procuré aux géologues de magnifiques coupes de ces espèces de cavernes. La communication primitivement établie entre ces cavités de l'intérieur des roches et la surface ancienne du pays, au moyen de fentes obliques et verticales, a été reconnue, dans des endroits où il eût été difficile de soupçonner son existence. En effet, les extrémités su-

périeures de ces fissures étaient complètement cachées par le terrain de transport superficiel, et les inférieures qui pénétraient les plafonds des cavernes étaient entièrement masquées par des incrustations stalactitiques.

Liebig, l'éminent chimiste, explique la formation des stalactites de la manière suivante. La terre végétale ou humus, travaillée par la décomposition et par l'air, dégage de l'acide carbonique qui est dissous par la pluie. L'eau de pluie, ainsi chargée d'acide, pénètre le calcaire poreux, en dissout une partie, et plus tard, quand l'acide carbonique en excès se fait jour dans les cavernes, elle s'infiltré aussi toute saturée de matières calcaires et forme des stalactites. Dans les cavernes sujettes à être submergées, il y a parfois accumulation de ces concrétions calcaires, mais c'est, en général, dans celles qui ne sont plus sur la ligne de l'écoulement des eaux que se forme à la base un plancher solide de stalagmites.

Le regrettable Docteur Schmerling examina quatre cavernes près de Liège et trouva dans toutes, avec des ustensiles en silex, les restes de la même faune, comprenant le mammoth, le rhinocéros tichorhine, l'ours, l'hyène, le lion des cavernes et plusieurs autres animaux, quelques-uns d'espèces éteintes, d'autres d'espèces vivantes. Dans quatre ou cinq cavernes seulement, on découvrit des parties de squelettes humains, tantôt des crânes avec quelques autres os, tantôt les diverses pièces du squelette complet, à l'exception du crâne. Dans l'une d'entre elles, celle d'Engihoul, les restes, provenant au moins de trois individus humains que trouva Schmerling, étaient associés aux ossements de mammifères éteints, de façon à ne laisser aucun doute dans son esprit (1863) sur la coexistence de l'homme avec ces animaux.

En 1860, le Professeur Malaise, de Liège, explora avec moi cette même caverne d'Engihoul, et nous trouvâmes, sous un plancher résistant de stalagmites, un limon rempli d'ossements d'animaux d'espèces éteintes et vivantes, semblables à ceux qui avaient été décrits par Schmerling. Je retournai en Angleterre, et mon compagnon, persévérant dans ses recherches, retira du même dépôt deux mâchoires inférieures d'homme, munies de leurs dents. Les crânes extraits de ces cavernes Belges

ne diffèrent pas d'une manière sensible du type normal qui existe de nos jours en Europe.

Les soigneuses investigations du Docteur Falconer, de M. Pengelly et autres, dans la caverne de Brixham près de Torquay, en 1858, démontrent que les couteaux en silex y étaient enfouis dans le limon, recouvert par un plancher de stalagmite, de façon à prouver que l'homme avait habité cette région à l'époque où existaient également l'ours des cavernes et les autres membres de l'ancienne faune Pleistocène.

L'absence d'os rongés avait fait penser au Docteur Schmerling que, parmi les cavernes de Belgique, sujets de ses explorations, aucune n'avait servi de tanière aux bêtes fauves ; mais il en existe plusieurs en Allemagne et en Angleterre qui ont eu positivement cette destination, et qui ont été spécialement occupées par l'ours et l'hyène d'espèces éteintes.

Nous trouvons un bel exemple de tanière d'hyène dans la caverne de Kirkdale, si bien décrite par feu le Docteur Buckland dans ses *Reliquiæ Diluvianæ*. On a découvert, dans cette caverne, située à 40 kilomètres environ N.-N.-E. de New-York, les restes de 300 hyènes au moins appartenant à des individus de tout âge. Cette espèce (*Hyæna spelæa*) que les paléontologistes ont considérée comme éteinte, était plus grande que la féroce *Hyæna crocuta* de l'Afrique méridionale, à laquelle elle ressemblait beaucoup, et dont elle était, suivant M. Boyd Dawkins, une variété. Le docteur Buckland, après avoir soigneusement examiné les lieux, démontra que les hyènes devaient avoir vécu sur la place ; le fait était attesté par la présence de leurs excréments, qui, comme ceux des hyènes vivant de nos jours, ont une composition analogue à celle des os, et une résistance presque égale. On trouva dans la caverne des restes de bœuf, de jeune éléphant, d'hippopotame, de rhinocéros, de cheval, d'ours, de loup, de lièvre, de rat d'eau et de plusieurs oiseaux. Tous ces ossements paraissaient avoir été broyés et rongés par la dent des hyènes, et se montraient pêle-mêle dans le limon, ou disséminés dans une croûte de stalagmite qui les recouvrait. Dans ce cas et dans beaucoup d'autres analogues, on suppose que des portions de qua-

drupèdes herbivores ont été traînées dans l'intérieur des cavernes par ces bêtes de proie, et qu'elles ont servi à leur nourriture. Cette opinion concorde tout à fait avec les habitudes connues de l'hyène existante.

Caverne à brèches d'Australie. — Ce n'est pas seulement en Europe que l'on a trouvé des brèches ossifères, on en a découvert dans toutes les parties du globe. Celles qui proviennent des fissures et des cavernes d'Australie ont un caractère identique à ce que l'on a désigné sous le nom de brèche osseuse de la Méditerranée, et dans laquelle les fragments d'os et de roche sont intimement réunis par un ciment de couleur ocre-rouge.

Sir T. Mitchell, mort depuis cette époque, explora quelques-unes de ces cavernes dans la vallée de Wellington, à 340 kilomètres à peu près à l'ouest de Sydney, sur la rivière Bell, une des sources principales du Macquarie, et sur les bords du Macquarie lui-même. Les cavernes se ramifient souvent dans des directions diverses à travers la roche, tantôt plus larges, tantôt plus étroites, et leurs voûtes et planchers sont recouverts de stalactites. Les ossements sont souvent brisés, mais ne semblent pas avoir été usés par l'action de l'eau. Dans certains endroits, ils sont enfouis dans une terre meuble, mais ordinairement ils sont emprisonnés dans une brèche.

Les restes que l'on a trouvés appartiennent aux marsupiaux ; parmi les plus abondants on remarque ceux du Kangourou, dont on compte quatre espèces ; les autres se rapportent aux genres *Phascolomys*, *Wombat* ; *Dasyurus*, opossum ursin ; *Phalangista*, opossum vulpin ; et *Hypsiprymnus*, kangourou-rat.

Dans les fossiles ci-dessus mentionnés, plusieurs espèces sont plus grandes que les plus grandes espèces vivantes des mêmes genres, connues aujourd'hui en Australie. La figure ci-après représentant le côté gauche d'une mâchoire inférieure de kangourou fossile (*Macropus atlas*, Owen), montre à première vue que ce côté surpasse en grandeur la partie correspondante du kangourou de la plus grande espèce actuelle (fig. 95). Dans ces deux spécimens, on a brisé la substance composant la mâchoire, pour laisser à nu la fausse molaire, cachée dans l'alvéole (a, fig. 94). Cette molaire, restée intacte, nous apprend que

l'individu était jeune et n'avait pas perdu ses premières dents.

Le lecteur observera que tous ces quadrupèdes éteints

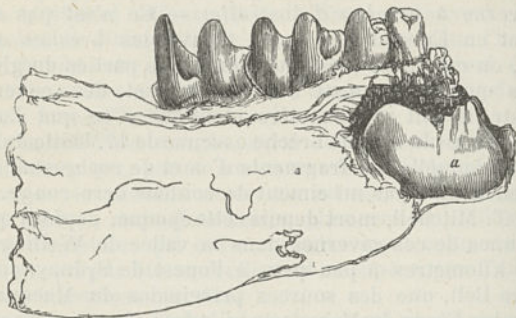


Fig. 94. — Partie de mâchoire inférieure du *Macropus atlas*. Owen. Jeune individu d'une espèce éteinte. — a. Fausse molaire dans son alvéole.

de l'Australie appartiennent à la famille des marsupiaux, c'est-à-dire qu'ils se rapportent, pour l'organisation, au même type particulier qui distingue aujourd'hui les mammifères de l'Australie de ceux des autres parties du globe.

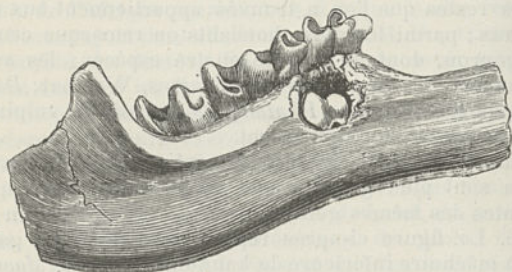


Fig. 95. — Mâchoire inférieure de la plus grande espèce de kangourou (*Macropus major*).

Ce fait, au milieu de tant d'autres, conduit à une loi générale se déduisant de l'examen des vertébrés fossiles et des animaux invertébrés, qui appartiennent aux époques

précédant immédiatement la nôtre, à savoir : que la distribution géographique actuelle des *formes* organiques remonte à une période antérieure à l'origine des espèces vivantes ; en d'autres termes, que la limitation de genres particuliers ou de familles de quadrupèdes, mollusques, etc., à certaines régions de la terre ou de la mer telles qu'on les connaît aujourd'hui, a précédé l'apparition sur le globe de la plus grande partie des espèces présentement contemporaines de l'homme.

Le professeur Owen, dans son excellente *Histoire des mammifères fossiles de l'Angleterre*, a appelé l'attention sur cette loi, en faisant remarquer combien les quadrupèdes fossiles d'Europe et d'Asie diffèrent de ceux de l'Australie ou de l'Amérique méridionale. C'est ainsi qu'on ne trouve dans les provinces Européo-Asiatiques ni kangourous fossiles, ni armadilles, mais l'éléphant, le rhinocéros, le cheval, l'ours, l'hyène, le castor, le lièvre, la taupe et autres animaux qui caractérisent encore le même continent.

Il en est de même dans les pampas de l'Amérique du Sud, où les squelettes de *Megatherium*, *Megalonyx*, *Glyptodon*, *Myodon*, *Toxodon*, *Macrauchenia* et autres formes éteintes, sont analogues aux Paresseux, Tatou, Cavy, Capybara et *Lama* existants de nos jours. Les quadrumanes fossiles associés avec quelques-unes de ces formes dans les cavernes du Brésil, appartiennent à la famille des singes *Platyrrhines*, particulière aujourd'hui à l'Amérique du Sud. La faune éteinte de Buenos-Ayres et du Brésil est de date très-moderne ; ses rapports avec les dépôts de coquilles marines, analogues à celles qui habitent maintenant l'Atlantique, le démontrent clairement.

La loi ci-dessus énoncée des rapports géographiques entre les vertébrés vivants de chaque grande province géographique et les fossiles de la période immédiatement antérieure, même dans les contrées où les espèces fossiles sont éteintes, ne s'applique pas exclusivement aux mammifères. Dans les premières explorations faites dans la Nouvelle-Zélande par les Européens, on ne trouva ni quadrupèdes terrestres indigènes, ni kangourous, ni opossums, comme en Australie, mais on y obtint en abondance un oiseau dépourvu d'ailes, ou muni d'ailes très-

rudimentaires, le plus petit représentant vivant de la famille des Atruches, et que les natifs appellent le Kiwi (*Apteryx*). Dans les fossiles de la période Pleistocène de cette île, on remarqua également l'absence des kangourous, opossums, wombats, etc., mais il existait à leur place une quantité prodigieuse de spécimens, bien conservés et enfouis dans des formations superficielles, de gigantesques oiseaux de l'ordre des struthionidés, qui ont été désignés, par Owen, sous les noms de *Dinornis* et *Palapteryx*. Ces genres comprenaient plusieurs espèces; quelques-unes avaient 1 mètre de hauteur, d'autres 2 mètres, certaines 2^m,50 et d'autres jusqu'à 3 mètres. Il paraît peu probable que des mammifères quelconques aient occupé le pays en même temps que cette population de gigantesques bipèdes à plumes.

M. Darwin, en décrivant les mammifères récents et fossiles de l'Amérique du Sud, s'est beaucoup appesanti sur les rapports étonnants qui existent entre les types vivants et les types éteints dans cette partie du monde, et il conclut, de ces phénomènes géographiques, que les espèces actuelles se rattachent toutes, par un lien commun, aux espèces éteintes qui les ont précédées.

Climat de la période Pleistocène. — Les preuves relatives au climat qui régnait en Europe pendant cette époque sont un peu contradictoires. Les coquilles fluviales et terrestres appartiennent généralement à des espèces actuellement vivantes, mais leur distribution géographique n'était pas alors celle d'aujourd'hui. Quelques-unes de ces coquilles, par exemple, qui vivaient à cette époque dans la Grande-Bretagne, et qui ne se trouvent actuellement que dans la Norvège et dans la Finlande, impliquent que le climat Pleistocène de la Grande-Bretagne était probablement, surtout en hiver, plus rigoureux que de nos jours. Il est bien avéré que le renne et le bœuf musqué (*Ovibos moschatus*) habitent aujourd'hui les régions arctiques, et cependant on les rencontre, à l'état fossile, dans les vallées de la Tamise et de l'Avon, ainsi qu'en France et en Allemagne, le plus souvent accompagnés du mammoth et du rhinocéros laineux. D'un autre côté, les fouilles faites à Grays, dans l'Essex, ont fourni d'autres espèces d'éléphant et de rhinocéros, avec

un hippopotame et une coquille fossile, *Cyrena fluminalis*, qui n'existe plus en Europe, mais qui vit encore dans le Nil et dans certaines rivières de l'Asie. Avec cette coquille, on observe l'*Unio littoralis*, qui habite aujourd'hui les eaux de la Seine et de la Loire. Dans la vallée de la Somme, des silex grossiers ont été trouvés associés à l'*Hippopotamus major* et à la *Cyrena fluminalis* dans des graviers Pleistocènes de niveau inférieur, tandis que l'on découvrait en plus grande abondance, dans des graviers de niveau supérieur (plus anciens), des outils semblables qui étaient associés à des ossements de mammoth et d'autres quadrupèdes Pleistocènes indiquant un climat plus froid.

Il est possible que toutes ces preuves s'appliquent plutôt à des migrations d'été et d'hiver qu'à un changement général de température. Au lieu de supposer que l'hippopotame vivait toute l'année avec le bœuf musqué et le lemming, il vaudrait mieux attribuer la contradiction qui existe en apparence à ce que le lieu de nos observations est trop rapproché de la ligne qui sépare la faune du Nord de la faune du Sud, chacune d'elles ayant pu avancer ou reculer pendant des fluctuations de climat temporaires et comparativement légères. Il se peut qu'il y ait eu alors une terre ferme continue faisant communiquer l'Angleterre avec le nord de la Sibérie, comme il en existait une, dans une direction opposée, qui unissait l'Afrique à l'Europe méridionale.

Dans le terrain de transport de Fisherton, près de Salisbury, à 90 centimètres au-dessus de la rivière Wiley, on a découvert le lemming du Groenland et une nouvelle espèce du genre arctique *Spermophilus*. Ils étaient associés au mammoth, au renne, à l'hyène des cavernes et à d'autres mammifères organisés pour un climat froid. On retira un outil en silex de dessous les ossements du mammoth. Dans le voisinage, se présente un dépôt à niveau supérieur et de date plus ancienne, d'où l'on déterra des silex analogues à ceux d'Amiens. Tous les quadrupèdes Pleistocènes (Post-pliocènes) à peu près connus ont été trouvés soit dans les terrains de transport de vallée, soit dans les dépôts de cavernes, accompagnés de couteaux ou de haches en silex, de façon à démontrer la coexis-

tence de ces mammifères avec l'homme. L'antiquité de la race humaine peut donc être déduite des témoignages fournis concurremment par des faits géologiques de plusieurs classes indépendantes. En premier lieu, la disparition d'un grand nombre d'animaux sauvages sur un vaste continent, où l'homme peut avoir été même un agent puissant d'extermination, doit exiger, pour son accomplissement, un laps de temps considérable. On ne saurait douter, en outre, que plusieurs espèces n'aient disparu à la suite de l'apparition de l'homme sur la terre, et avant la formation des amas de coquilles du Danemark, ou la construction des anciennes habitations lacustres de la Suisse. En second, lieu l'approfondissement et l'élargissement des vallées, indiqués par la position des graviers à diverses hauteurs, impliquent un certain nombre de changements dont ceux qui ont eu lieu pendant la période historique ne forment qu'une partie presque insensible. En troisième lieu, il a fallu un temps considérable pour permettre aux sources et aux rivières engouffrées de changer leur cours, et aux cavernes situées sur la ligne des grands écoulements souterrains de se dessécher, et d'avoir leurs planchers recouverts d'une croûte dure de stalagmites. Enfin, des siècles ont dû s'écouler pour que le changement dans le climat d'une vaste région ait produit des hivers moins rigoureux, et que la distribution géographique de certaines espèces de mammifères et de coquilles terrestres et d'eau douce ait pu varier. La durée de l'époque historique, en la supposant de 3 à 4,000 ans, ne peut suffire à nous faire apprécier le nombre de siècles nécessaires pour une telle série de changements, qui ne sont nullement d'un caractère local, mais qui se sont opérés sur une partie considérable de l'Europe.

Longévité relative de l'espèce dans les mammifères et les testacés. — En 1830 (1), j'appelai l'attention sur un fait qui ne fut pas remarqué à cette époque, à savoir, que, dans les dépôts Pleistocènes, l'association de coquilles, appartenant exclusivement à des espèces vivantes, avec plusieurs quadrupèdes éteints,

(1) *Principes de Géologie*, 1^{re} édit., vol. III. p. 140.

dénotait une longévité de l'espèce dans les testacés surpassant de beaucoup cette même longévité de l'espèce dans les mammifères. Des recherches postérieures semblent montrer que cette plus grande durée des mêmes formes de l'espèce dans la classe des mollusques est soumise à une loi encore plus générale, c'est-à-dire que plus l'animal occupe un degré inférieur dans l'échelle zoologique ou plus est grande la simplicité de sa conformation, plus il conserve en général les caractères de son espèce à travers les incalculables périodes du temps. Les faits géologiques ne démontrent pas seulement que les invertébrés se sont modifiés moins rapidement que les vertébrés, mais si nous considérons une classe de ces derniers, les mollusques, par exemple, nous observons que les individus d'une structure plus simple ont varié à un moindre degré que ceux d'une organisation supérieure et plus complexe : ainsi pour les brachiopodes, la transformation a été plus lente que pour les bivalves lamelibranches, et les caractères de l'espèce ont persisté plus longtemps dans ces derniers que dans les univalves, gastéropodes ou céphalopodes. De même, dans les foraminifères, qui occupent le plus bas degré dans la classe des vertébrés, les caractères de l'espèce ont conservé plus longtemps leur identité que dans les mollusques.

Dents de mammifères Pleistocènes. — Il peut paraître incroyable à ceux qui n'ont jamais étudié l'anatomie comparée, qu'un habile ostéologue puisse, avec un seul os pris dans une partie quelconque du squelette, reconnaître, dans la plupart des cas, le genre et quelquefois l'espèce du quadrupède auquel ce squelette appartient. Quoique fort peu de géologues puissent acquérir un tel savoir, fruit d'une longue pratique et d'études sérieuses, il sera néanmoins fort avantageux et relativement assez facile d'apprendre à distinguer, par la forme et les caractères des dents, les principales divisions de mammifères.

Les figures suivantes représentent les dents des genres et des espèces les plus communs qui ont été trouvés dans les dépôts d'alluvion et de caverne.

En comparant les surfaces de broiement des molaires correspondantes des trois espèces d'éléphants, fig. 96,

97 et 98, on remarquera que les grains de l'émail sont plus nombreux dans le mammouth, moins nombreux et plus larges, c'est-à-dire plus épanouis, dans *E. Antiquus*, et bien plus distincts encore et bien moins multipliés dans l'*E. Meridionalis*. On observera également que cet émail est plus épais dans la molaire du *Rhinocéros tichorhinus* (fig. 100) que dans celle du *Rhinocéros leptorhinus* (fig. 99).

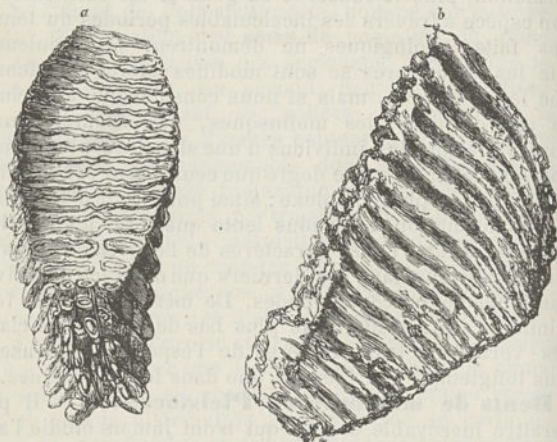


Fig. 96. — *Elephas primigenius* (ou Mammouth); molaire de mâchoire supérieure, côté droit; tiers de grandeur naturelle. Pleistocène.
a. Surface de broiement. — b. Vue de côté.

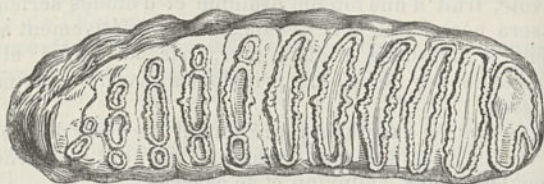


Fig. 97. — *Elephas antiquus*. Falconer. — Molaire pénultième; un tiers de grandeur naturelle. — Pleistocène et Pliocène.

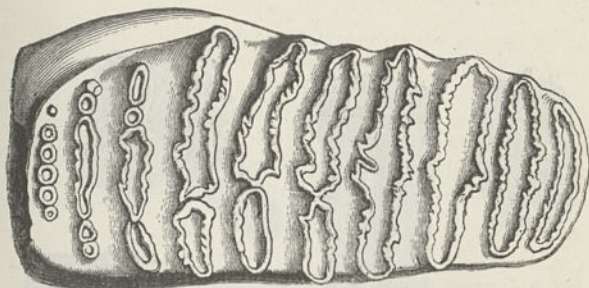


Fig. 98. — *Elephas meridionalis*, Nesti. — Molaire pénultième; un tiers de grandeur naturelle. — Nouveau Pliocène.



Fig. 99. — *Rhinoceros leptorhinus*, Cuvier. — *Rhin. megarrhinus*, Christol. — Fossile des couches d'eau douce de Grays, Essex (v. p.188); pénultième molaire, mâchoire inférieure, côté gauche; deux tiers de grandeur. Pleistocène et Nouveau Pliocène.

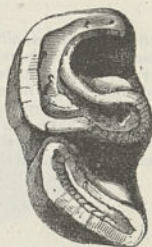


Fig. 100. — *Rhinoceros tichorhinus*; pénultième molaire, mâchoire inférieure, côté gauche; deux tiers de grandeur naturelle. Pleistocène et Nouveau Pliocène.



Fig. 101. — *Hippopotamus*; d'une caverne près de Palerme; molaire; deux tiers de grandeur naturelle. Pleistocène.

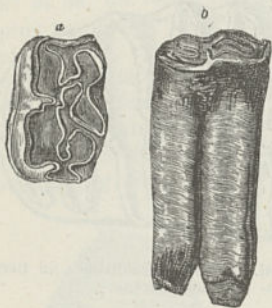


Fig. 102. — *Equus caballus*, L. (cheval commun), de la marne coquillière du Forfashire; seconde molaire, mâchoire inférieure. Récent.
 a, Surface de broiement, deux tiers de grandeur naturelle.
 b, Face latérale de la même dent, demi-grandeur naturelle.



Fig. 103. — Daim. (*Cervus alces*, L.) Récent; molaire de la mâchoire supérieure.
 a, Surface de broiement.
 b, Face latérale; deux tiers de grandeur naturelle.

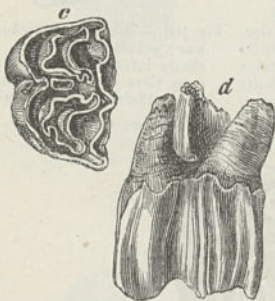


Fig. 104. — Bœuf commun, de la marne coquillière du Forfashire. Vraie molaire, mâchoire inférieure; deux tiers de grandeur naturelle. Récent.
 c, Surface de broiement.
 d, Face latérale; canines supérieures.



Fig. 105. — Ours. a, Dent canine ou croc d'ours (*Ursus spelæus*); d'une caverne près de Liège. — b, molaire du côté gauche, mâchoire supérieure; un tiers de grandeur naturelle. Pleistocène.

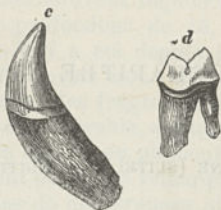


Fig. 106. — Tigre. *c*. Dent canine de tigre (*Felis tigris*). Récent. — *d*. Vue extérieure de la molaire postérieure, mâchoire inférieure; un tiers de grandeur naturelle. Pleistocène.



Fig. 107. — *Hyæna spelæa*; Goldf. (variété de *H. Crocuta*), mâchoire inférieure. Kent's Hole, à Torquay, Devonshire. Un tiers de grandeur naturelle. Pleistocène.



Fig. 108. — Dents d'une nouvelle espèce d'*Arricola*, mulot; du Crag de Norwich. Nouveau Pliocène. — *a*. Surface de broiement. — *b*. Face latérale. — *c*. Grandeur naturelle de *a* et *b*.

CHAPITRE XI

PÉRIODE PLEISTOCÈNE (SUITE). — CONDITIONS GLACIAIRES (1).

Distribution géographique, forme, et caractères du terrain de transport glaciaire (drift). — Roches fondamentales, polies, sillonnées et striées. — Action striante et érosive des glaciers. — Moraines, blocs erratiques et *Roches moutonnées*. — Blocs alpins du Jura. — Dimension colossale des anciens glaciers de la Suisse. — Glace continentale du Groënland. — Anciens centres de dispersion des erratiques. — Transport du terrain de transport par des bancs de glace flottants. — Lit de la mer sillonné et poli par la course rapide d'îles de glaces flottantes échouées.

Caractère et distribution du terrain de transport glaciaire. — En parlant de la matière transportée meuble que l'on trouve communément à la surface de la terre, dans toutes les parties du globe, j'ai fait allusion au caractère exceptionnel que présente la formation de cailloux (*boulder*) dans les latitudes tempérées et Arctiques de l'hémisphère septentrional. La forme particulière qu'affecte cette formation dans l'Europe septentrionale, du 50^e parallèle de latitude et vers le 40^e dans le nord de l'Amérique, est aujourd'hui universellement attribuée à l'action de la glace, et l'opinion n'est controversée que sur la question de savoir si la distribution de ces dépôts a été opérée par les glaciers ou par les glaces flottantes. Cette formation manque dans les régions plus chaudes de l'Equateur et apparaît de nouveau dans les contrées limitées par les 40^e et 50^e parallèles de l'hémisphère sud,

(1) Quant à la question de savoir si l'excès de froid, aux premiers temps, a été le résultat de modifications survenues dans la hauteur et la distribution des continents, ou de changements dans les conditions astronomiques, voir les Principes, vol. I 41^e édit. 1873), chap. XII et XIII.

comme en Patagonie, dans la Terre-de-Feu et la Nouvelle-Zélande. Elle consiste en sable et argile, quelquefois stratifiés, mais souvent dépourvus de toute stratification dans une profondeur de 15, 30 mètres et même plus. Le nom de *Till* a été depuis longtemps appliqué, en Écosse, à cette forme non stratifiée de dépôt. On y trouve généralement des fragments de roches, quelques-uns d'un volume considérable, anguleux ou arrondis, comprimés et aplanis sur un ou plusieurs de leurs côtés, et même parfaitement polis. On remarque ordinairement sur les surfaces planes de nombreuses stries parallèles entre elles, dont une rangée en croise souvent une autre plus anciennement formée. Presque partout le Till ne présente presque d'autres débris organiques que ceux qui ont été enlevés par les eaux à des formations plus anciennes; en certains endroits cependant il contient des coquilles marines d'espèces Arctiques, pour la plupart à l'état fragmentaire. Comme la masse du till provient habituellement de roches broyées que le limon apporte de points immédiatement rapprochés, sa couleur est rouge dans une contrée de grès rouge, comme à Strathmore, dans le Forfashire, grise ou noire dans un district de houille ou de schiste houiller, comme aux environs d'Édimbourg, et blanche dans un pays crayeux, comme dans certaines parties du Norfolk et du Danemark. Les fragments de pierre, irrégulièrement disséminés dans la masse du till, appartiennent ordinairement, surtout dans les contrées montagneuses, aux roches qui font partie du même bassin hydrographique. Il existe pourtant des régions où cette masse d'argile pierreuse (*boulder clay*) a été apportée de points éloignés, et où ces blocs énormes, ou *erratiques*, comme on les a appelés, de plusieurs décimètres de diamètre, ont fréquemment accompli des parcours de centaines de kilomètres à partir des roches mères dont ils ont été évidemment détachés. Ces roches sont communément anguleuses, et ont souvent un ou plusieurs de leurs côtés polis et sillonnés.

Lorsque la roche en place sur laquelle repose la formation de transport est un granite, un gneiss, un marbre ou toute autre pierre dure, capable de conserver longtemps les marques imprimées à sa surface, elle est ordinaire-

ment aplanie ou polie, comme les erratiques signalés ci-dessus, et montre des stries parallèles et des sillons à direction déterminée. En Europe et dans l'Amérique du Nord, cette direction se lie généralement et d'une manière évidente à la ligne de parcours suivie par les blocs erratiques dans les mêmes régions. Lorsque les géologues étudièrent pour la première fois l'argile à cailloux (*boulder clay*), ils la trouvèrent si singulière et si anormale, qu'ils désespérèrent de pouvoir jamais expliquer ces phénomènes par les causes incessamment actives de nos jours. Dans les cas exceptionnels où l'on trouva des coquilles marines de même date que l'argile caillouteuse (*boulder clay*), ces coquilles furent reconnues appartenir presque toutes à des espèces vivantes. Ce fait semblait conspirer, avec la position superficielle du transport, pour démontrer une origine comparativement moderne.

Le mot *diluvium* a servi pendant quelque temps de désignation vulgaire à la formation de transport rapportée par quelques géologues au déluge de Noé; d'autres savants ont adopté ce mot comme expression de leur opinion propre, suivant laquelle une série d'inondations diluviennes, occasionnées par les ouragans et les tempêtes, les tremblements de terre ou les exhaussements du sol au-dessus du lit de la mer, auraient envahi les continents, et charrié des masses considérables de boue et de pierres, celles-ci frottant sur la surface des roches de manière à la polir et à y produire de longs sillons et des stries. Mais on ne tarda pas à s'apercevoir que ces formations étaient caractéristiques des latitudes septentrionales et que les dimensions et la quantité des blocs erratiques allaient en augmentant, à mesure que l'on se rapprochait des régions Arctiques. Comment ne pas être frappé du contraste des bords de la Baltique avec ceux de la Méditerranée? La présence multipliée des blocs transportés et des roches striées dans une région, et l'absence de pareilles masses dans une autre, étaient des faits trop remarquables pour passer inaperçus. Le grand développement, même, de cette formation de transport et la présence de grandes erratiques dans des contrées aussi septentrionales que les Alpes, constituent une exception à la règle générale qui ne peut que confirmer l'hypothèse

d'une liaison intime de cette formation avec les accumulations de neige et de glace.

Pouvoir de transport et d'érosion des glaciers. — J'ai déjà décrit dans un autre ouvrage (*Principes*, vol. 1, chap. xvi, 1873) comment la neige des sommets des Alpes est empêchée d'augmenter indéfiniment l'épaisseur de ses couches par la descente continue de parties considérables de cette neige obéissant à la loi de la pesanteur. Elle se transforme en glace solide, et forme ce qu'on appelle des glaciers qui glissent lentement sur les flancs des vallées principales des plus hautes montagnes. On voit à la surface de chaque glacier des amas de débris ou des monceaux de sable et de limon avec des fragments anguleux de roches qui se sont détachés

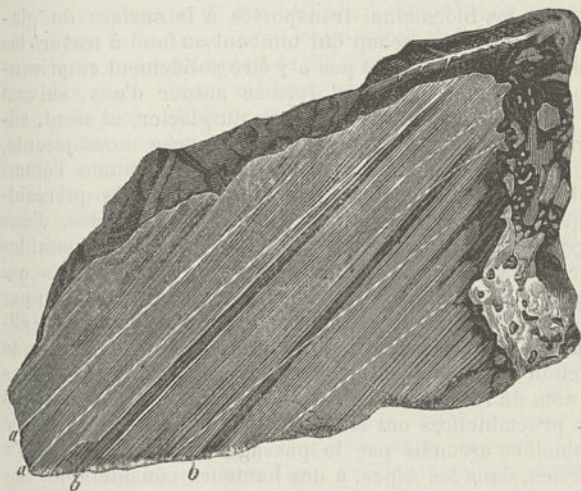


Fig. 109. — Calcaire poli, sillonné et strié par le glacier du Rosenlau, en Suisse. (Agassiz.)

a a. Raies blanches ou stries, produites par les petits grains quartzeux en-chassés dans la glace. — *b b.* Sillons.

des pentes abruptes ou des précipices qui bordent les glaciers. On appelle *moraines latérales* les lignes que forment ces matériaux rangés sur les côtés du glacier.

Lorsque deux glaciers se rencontrent et poursuivent ensuite leur course en ne formant qu'un seul glacier, la moraine latérale droite de l'un des glaciers et la moraine gauche de l'autre se joignent au centre des glaciers réunis pour former ce qu'on appelle une *moraine médiane*. Quand, en Suisse, un glacier ainsi chargé de limon et de pierres descend assez bas pour atteindre une région située à 1,050 mètres environ au-dessus du niveau de la mer, il fond si rapidement, en été, sous l'influence d'une température plus élevée, que toute la masse, composée de limon, de sable et de morceaux de roches, se dépose lentement à l'extrémité inférieure du glacier. Elle y forme un amas confus de débris non stratifiés que l'on appelle *moraine terminale* et qui ressemble au till déjà décrit (p. 196).

Outre les blocs ainsi transportés à la surface du glacier, il en est beaucoup qui tombent au fond à travers les fissures; ils ne tardent pas à y être solidement emprisonnés par la glace qui s'est formée autour d'eux, suivent le mouvement imprimé à la base du glacier, et usent, sillonnent et polissent le plancher de roche sous-jacente, comme un diamant coupe le verre, ou comme l'émeri polit l'acier. Les stries et les sillons profonds qui résultent de cette action sont rectilignes et parallèles, d'une façon si marquée, qu'on n'en a jamais vu de comparables sur les assises pierreuses ou roches incohérentes qui reçoivent le choc des galets poussés par un torrent ou par les vagues de la mer. A ces roches polies, striées et sillonnées à la surface, on doit ajouter, comme preuve de l'action primitive des glaciers, les roches désignées sous le nom de *roches moutonnées*. Ce sont des roches dont les proéminences ont été usées ou adoucies en forme de mamelons arrondis par le passage du glacier. On les a suivies, dans les Alpes, à des hauteurs considérables au-dessus des glaciers actuels, ainsi qu'au-dessous, à de grandes distances horizontales. Un autre effet produit par un glacier est de loger un cercle de pierres autour d'un pic conique qui s'est trouvé percer la glace. Si la fonte a considérablement diminué le glacier, ces gros fragments angulaires, appelés *blocs perchés*, restent dans une position singulière près du sommet en saillie ou pinacle,

dont les parties extérieures peuvent se trouver sans cailloux de transport.

Blocs alpins sur le Jura. — Les moraines, les erratiques, les surfaces polies, les dômes, les stries, que nous venons de décrire, se rencontrent aujourd'hui sur une largeur de 80 kilomètres dans la grande vallée Suisse, et presque partout sur le Jura, chaîne qui se lie au nord de cette vallée, et dont les cimes, aujourd'hui complètement dépourvues de glaciers, et d'une hauteur à peine égale au tiers de celle des Alpes, montrent cependant presque partout des moraines semblables, ainsi que des surfaces polies et sillonnées de la même manière. Les erratiques qui couvrent le Jura ont, pendant plus d'un demi-siècle, embarrassé les géologues. En voici l'explication la plus plausible : ces blocs de granite, de gneiss et d'autres formations cristallines, disséminés aujourd'hui sur des montagnes et des vallées, composées de calcaire et d'autres formations, sont originaires des Alpes, et ont franchi un espace de plus de 80 kilomètres, en traversant une des plus larges et des plus profondes vallées du globe, de sorte qu'ils se trouvent actuellement logés dans une chaîne composée de calcaire et d'autres formations tout à fait distinctes de celles des Alpes. On s'étonne qu'après un si long voyage ils aient conservé leur volume et leur forme anguleuse ; plusieurs sont gros comme des maisons, et l'un d'eux, en particulier, célèbre sous le nom de *Pierre à Bot*, posé, sur le versant d'une montagne, à 274 mètres environ au-dessus du lac de Neuchâtel, ne mesure pas moins de 12 mètres de diamètre.

En 1821, M. Venetz a le premier émis l'opinion que les glaciers des Alpes s'étaient jadis étendus bien au delà de leurs limites actuelles ; les preuves qu'il invoquait à l'appui de sa doctrine furent reconnues incontestables par tous les observateurs qui suivirent, et grandement confirmées par des observations et des arguments nouveaux. M. Charpentier soutenait que les Alpes, au temps où elles étendaient sans interruption leurs glaciers jusqu'au Jura, étaient d'une hauteur supérieure de 600 à 900 mètres à celle qu'elles ont aujourd'hui. D'autres écrivains, au contraire, ont prétendu que toute la région

avait été submergée, et que les moraines ainsi que les blocs erratiques avaient été transportés sur des glaces flottantes (*icebergs*). Mais une étude plus attentive de la distribution des masses transportées, et l'absence totale de coquilles marines dans l'ancien transport ou *drift* glaciaire de Suisse, ont complètement mis à néant cette dernière hypothèse. En 1845, M. Guyot s'est efforcé de montrer que les erratiques des Alpes, loin d'être disséminés au hasard sur le Jura et la grande plaine Suisse, ce qui aurait lieu si ces masses avaient été portées à leurs places actuelles par l'eau, se trouvent disposées suivant un ordre déterminé et strictement analogue à celui qu'on devrait observer si les blocs avaient jadis constitué les moraines latérales, médianes et terminales de grands glaciers. Les roches qui viennent surtout à l'appui de cette distribution consistent non-seulement en trois variétés de granite, mais encore en gneiss, chloroto-schiste, euphotide, serpentine et conglomérat d'un genre particulier, composés minéraux tous également étrangers à la grande vallée qui sépare les Alpes et le Jura, et qui n'entrent pas dans la structure du Jura lui-même.

Quelques géologues ont objecté à la théorie du transport par les glaciers des erratiques Alpines sur le Jura, qu'en prenant pour base la hauteur relative qu'offre actuellement les deux chaînes, les glaciers venant des Alpes ne se seraient pas trouvés sous un angle d'inclinaison suffisamment grand pour pouvoir opérer le transport de leurs moraines à de telles hauteurs sur la chaîne inférieure. Cette objection, dont je ne juge pas la valeur, semblerait avoir acquis une certaine force dans la découverte que l'on a faite d'un bloc de roche granitique, mesurant environ 9 mètres dans son plus long diamètre, qui repose sur une hauteur du Jura appelée Buren Kopf, près de Soleure. Quand je visitai cette localité, dans l'été de 1873, mon compagnon de voyage, le Professeur Hughes, de Cambridge, s'assura de la position élevée de ce bloc, et constata qu'il se trouvait à 4,037 pieds Suisses (1,194 mètres) au-dessus du niveau de la mer.

Mais, d'un autre côté, je ne pense pas qu'on ait le droit d'affirmer que les hauteurs relatives des Alpes et du Jura n'aient pas subi de modifications depuis l'époque de la

transportation des erratiques, et encore moins que le changement de niveau qui en est résulté ait été uniforme sur un vaste district, tant sous le rapport de la quantité que sous celui de la direction. Bien au contraire, notre expérience, provenant de l'étude des tremblements de terre les plus authentiques, nous conduit à des conclusions tout à fait opposées, et nous fait voir que les opérations actuelles de la nature doivent nous guider de la manière la plus sûre pour juger de celles qui ont eu lieu dans les temps passés. Pendant le tremblement de terre de janvier 1855 (1), qui se fit sentir dans la partie septentrionale de l'île de la Nouvelle-Zélande, le point du soulèvement maximum, très-appréciable sur la côte et que mesura avec soin un observateur scientifique compétent, fut de 2^m70; il resta le même pendant plusieurs mois après les secousses. A partir de la ligne de soulèvement maximum, le changement de niveau, dans la direction du N.-E. au S.-O., diminuait graduellement et finissait par s'éteindre à une distance de 53 kilomètres; il produisit dans la partie sud de l'île méridionale des Détroits de Cook une dépression de 1^m50 qui, après le tremblement de terre, força les navires à aller s'approvisionner d'eau douce à 4,800 mètres plus haut dans la rivière Wairau.

Il est donc permis de supposer que les mouvements survenus dans les Alpes et le Jura ont pu ne pas être uniformes, à en juger par ceux qui ont eu lieu d'une façon analogue dans la Nouvelle-Zélande et ailleurs (comme en Amérique et en Suède), mais qu'ils ont plutôt été des mouvements de va-et-vient par suite desquels la perturbation définitive aurait été probablement un soulèvement de la chaîne la plus basse, et un abaissement de celle qui était supérieure.

Outre les diverses preuves, déjà mentionnées, de l'action de la glace dans les régions septentrionales de l'Europe, on rencontre çà et là, dans ces mêmes contrées, ce qui manque en Suisse, c'est-à-dire des dépôts de coquilles marines fossiles qui, par leur caractère arctique si marqué, ont nécessairement fait admettre au géologue, n'eût-

(1) *Principes*, 11^e édit. vol. II, p. 106.

il pas même rencontré d'autres signes de l'action glaciaire, la prédominance primitive d'un climat plus froid. Les mêmes coquilles marines démontrent que de vastes surfaces ont été submergées, dans la Scandinavie et les îles Britanniques, pendant l'époque glaciaire.

On doit signaler comme trait caractéristique des dépôts en question, dans toutes ces contrées, sur des points éloignés des hautes montagnes, de gros blocs erratiques et quelquefois des matériaux à moraines, visibles à la surface et séparés des roches mères les plus voisines par de grandes vallées intermédiaires ou par des bras de mer. On remarque souvent des stries et des sillons dans des pays comme la Suède, la Norvège et l'Écosse, contrées qui n'ont aucun rapport direct avec la direction suivie par aucun de ces glaciers détachés qui seraient descendus autrefois en traversant les vallées existantes. Si l'on considère la ligne actuelle d'écoulement, comme contemporaine de ces phénomènes, la plupart des traces laissées par ces glaciers indiqueraient une déviation dans la marche qu'ils auraient dû suivre, et par suite, l'existence d'un ordre de choses tout autre et de conditions bien différentes de celles de l'époque où régnait un froid plus rigoureux. L'état actuel du Groënland septentrional, nous semble fournir les meilleures explications de ces traces anormales des glaciers.

Glace continentale du Groënland. — Le Groënland est un vaste continent inexploré, enseveli sous une masse continue et colossale de glace, toujours en mouvement vers la mer, dont une très-petite partie se dirige vers l'est, et tout le reste vers l'ouest ou la baie de Baffin. Les moindres plis de terrain et les vallées forment une surface de niveau, cachée sous une couche générale de neige; çà et là quelques montagnes abruptes surgissent brusquement de la glace inclinée, et des lignes superficielles de pierres ou de moraines deviennent visibles en certaines saisons, lorsqu'il n'est pas tombé de neige pendant plusieurs mois, et que l'évaporation produite par le vent et le soleil a fait disparaître la couche supérieure des neiges. La hauteur de ce continent est inconnue, mais elle doit être très-considérable, car les terres des bords, qui ont été décrites comme étant comparativement

basses, atteignent une hauteur de 1200 et 1800 mètres. La pente glacée s'abaisse vers les bords et se termine là brusquement sous forme d'une masse de 600 mètres d'épaisseur; la grande décharge des glaces s'opère par de vastes embouchures, qui ont ordinairement 6 kilomètres de largeur. Au bas de ces embouchures, la glace s'amoncele en masses énormes de plusieurs kilomètres, qui continuent leur course, en frottant le lit rocheux, à la manière des glaciers ordinaires, longtemps après leur immersion dans l'eau salée. Quand elles arrivent enfin à cet endroit de la baie de Baffin, où les eaux sont assez profondes pour engloutir des bancs de glace d'une épaisseur de 300 à 450 mètres, des fragments se détachent de ces masses et surnagent en charriant à leur surface non-seulement de la boue fine et du sable, mais de grosses pierres. Ces fragments de roches sont souvent polis et sillonnés sur un ou plusieurs côtés; lorsque la glace fond, ils tombent au fond de la mer et y déposent de grandes quantités de boue, qui forment à la longue un lit de vase habité par de nombreux mollusques.

Bien que la direction de ces courants de glace du Groënland dût être en général analogue à celle des glaciers séparés, s'il n'y avait pas plus de glace dans ce pays qu'il n'en existe aujourd'hui sur les Alpes de la Suisse, il est cependant probable que la surface des roches pour un continent revêtu de glace, présenterait dans les détails de ses stries un aspect bien différent de celui des roches impressionnées qui appartiennent à une région de glaciers séparés. En effet, dans ces vastes couches de glace continue, il se produit à la surface un mouvement général, partant des régions plus élevées et plus centrales vers la circonférence et les parties inférieures du pays, et ce mouvement s'opère, jusqu'à un certain point, indépendamment des faibles inégalités entre les collines et les vallées, lorsque la neige a donné un même niveau à tous ces accidents de terrain. La glace mouvante peut quelquefois croiser, même à angles droits, des ravins étroits et profonds, ainsi que des crêtes de montagnes enfouies, sur lesquelles on est tout étonné de découvrir plus tard, après la fonte de la glace et de la neige, des roches striées et sillonnées par l'action glaciaire.

Rink nous rapporte que, dans le Groënland septentrional, des sources volumineuses d'eau, tenant en suspension de l'argile, s'échappent en hiver de dessous la glace et descendent vers les côtes, où cette glace, comme nous l'avons déjà dit, a souvent une épaisseur de 600 mètres; ce fait démontre combien est puissante et continue l'action de frottement sur la surface des roches sous-jacentes. Nous savons également du Docteur Torell, qu'il existe sur les côtes de vastes étendues, dépourvues aujourd'hui de glaciers ou de neiges permanentes, qui montrent à leur surface des signes incontestables de l'ancienne action glaciaire; ce qui fait supposer que, le pouvoir de la glace dans le Groënland, pour si grand qu'il soit aujourd'hui, doit s'être exercé autrefois sur une bien plus vaste échelle. Le continent, quoique aujourd'hui fort élevé, doit avoir eu sans doute anciennement une hauteur beaucoup plus considérable. Cette opinion est même plus qu'une simple probabilité, car, depuis les quatre derniers siècles, toute la côte comprise entre les 60° et 70° de latitude nord a baissé à raison de plusieurs décimètres dans un siècle, de telle sorte qu'une surface rocheuse, parfaitement polie et sillonnée par la glace, se trouve maintenant dans la mer, et recouverte, à la suite de la fonte des bancs de glace, par un limon impalpable et par des pierres lisses et sillonnées. On ne sait pas précisément jusqu'où s'étend dans le nord ce mouvement de haut en bas.

Terrain de transport ou Drift transporté par les bancs de glace. — Dans sa relation qui remonte à l'année 1822, Scoresby signale des bancs de glace flottants (*icebergs*) qu'il a vus le long des rivages des mers Arctiques, latitudes de 69° et 70° Nord; ils s'élevaient au-dessus de la surface de 30 à 60 mètres, et quelques-uns mesuraient plus de 1,600 mètres en circonférence. La plupart étaient chargés de couches de terre et de roches d'une épaisseur à faire supposer que leur poids était de 50,000 à 100,000 tonnes. On sait qu'un transport analogue de roches s'effectue dans l'hémisphère sud, où les cailloux (*boulders*) enfermés dans la glace sont beaucoup plus fréquents que dans le nord. En 1839, on a rencontré, au milieu de l'Océan, dans les régions antarctiques, à plu-

sieurs centaines de kilomètres de toute terre connue, un de ces bancs de glace, se dirigeant vers le nord, avec un énorme bloc erratique enchâssé dans sa masse. La plupart de ces bancs, mesurés avec soin par les officiers Français de l'expédition scientifique de l'*Astrolabe*, avaient de 30 à 70 mètres de hauteur au-dessus de l'eau, et de 3 à 8 kilomètres d'étendue. Le Capitaine d'Urville affirme avoir vu, dans l'Océan Méridional, une de ces îles flottantes, qui avait 21 kilomètres de long et 30 mètres de hauteur, avec des parois parfaitement perpendiculaires. La partie submergée de ces îles, en raison du poids de la glace comparé à celui de l'eau, doit être six ou huit fois plus considérable que la partie visible, de telle sorte que, lorsque ces masses sont mises une bonne fois en mouvement, la force mécanique qu'elles peuvent exercer contre tout obstacle s'opposant à leur marche doit être prodigieuse.

L'étude des régions arctiques et antarctiques nous apprend qu'une grande étendue de terre, bien que couverte toute l'année par la neige et la glace, depuis les sommets des montagnes les plus élevées jusqu'aux rivages de la mer, peut envoyer néanmoins des erratiques anguleux à l'Océan. On doit en conclure qu'une pareille surface deviendra, dans la suite des siècles, presque partout sillonnée et polie comme les roches sous-jacentes d'un glacier. Le déchargement de la glace dans la mer voisine s'opérera surtout par les vallées principales, bien que ces vallées soient cachées à notre vue. Les blocs erratiques et la matière à moraines seront dispersés d'une façon un peu irrégulière après être parvenus à la mer, car la distribution du drift dépendra non-seulement de l'action des vents et des courants marins, mais encore de la forme de la surface submergée; de plus, la glace flottante, chargée de pierres, passera librement dans les eaux profondes, et touchera dans sa course les parties du lit à récifs et à hauts-fonds. On a vu, dans la baie de Baffin, des bancs de glace échoués sur un fond de 300 à 450 mètres de profondeur. Dans ce lit de la mer, certaines parties pourront se couvrir, dans la suite des temps, d'une couche épaisse de matière transportée, tandis que d'autres plus profondes resteront libres à côté. Si le pays

est légèrement incliné, comme dans le Groënland Occidental, le fond de l'Océan, dans une grande étendue, consistera en roches polies et striées par l'action des glaciers terrestres, et qui auront été recouvertes ultérieurement par la boue et les matières de transport détachées des bancs de glace fondus.

Le limon, le sable et les formations caillouteuses qui tombent ainsi dans l'eau calme, doivent être, exactement comme les moraines des glaciers terrestres, dépourvus de stratification et de restes organiques. Parfois, cependant, les vagues et les courants agissant sur la partie découverte de ces bancs immobiles, détachent des matières terreuses et pierreuses qui, s'assortissant suivant leur poids et leur grosseur avant de tomber au fond, présentent alors une disposition stratifiée.

J'ai déjà parlé (p. 203) de la grande quantité de glace, contenant de gros blocs de pierre, que l'on voit quelquefois flotter loin des côtes dans les mers méridionales ou antarctiques. Il suit de là qu'après l'émersion de ces étendues sous-marines, les détritiques de la surface n'auront nécessairement aucune relation avec les collines, les vallées et les plaines de rivière sur lesquelles ils seront répandus. Plus d'un cours d'eau peut intervenir entre le point de départ et le point d'arrêt des erratiques ou des galets, et le seul moyen de reconnaître la région d'où ils sont partis, consistera en une comparaison attentive des fossiles ou des minéraux qu'ils contiennent avec ceux des roches mères.

CHAPITRE XII

PÉRIODE PLEISTOCÈNE (SUITE). — CONDITIONS DE L'ÉPOQUE GLACIAIRE. CONCLUSIONS.

Action glaciaire dans la Scandinavie, la Russie et l'Écosse. — Mammouth dans le till d'Écosse. — Coquilles marines dans le drift glaciaire d'Écosse. — Leur caractère arctique. — Rareté des restes organiques dans les dépôts glaciaires. — Couches disloquées dans le drift. — Action glaciaire dans les Galles, en Angleterre et en Irlande. — Coquilles marines du Moel Tryfaen. — Erratiques près de Chichester. — Formations glaciaires de l'Amérique septentrionale. — Plusieurs espèces de testacés et de quadrupèdes ont survécu au froid glaciaire. — Rapports entre la prédominance des lacs et l'action glaciaire. — L'action de la glace prévient l'envasement des bassins de lacs. — Absence de lacs dans le Caucase. — Lacs équatoriaux d'Afrique.

Scandinavie et Russie. — Dans les vastes régions de la Norwège et de la Suède, où il n'y a jamais eu de glaciers dans les temps historiques, l'action glaciaire a laissé des monuments qui s'élèvent à une hauteur de 1,800 mètres au-dessus du niveau de la mer. Ils consistent principalement en roches à surfaces sillonnées et polies, en moraines et en blocs erratiques. La position des erratiques et la direction des sillons sur ces roches, sont ordinairement conformes au cours des vallées principales; mais, dans certains cas, les lignes rayonnent quelquefois vers tous les côtés de l'horizon, en ayant pour centre le point le plus élevé de la région. On ne peut expliquer cette dernière disposition qu'en supposant une enveloppe générale de glace continentale, comme celle du Groënland, dont nous avons parlé dans le dernier chapitre. La plupart des blocs venus de loin ont été transportés des parties centrales de la Scandinavie vers les régions po-

lares; quelques-uns vers le sud du Danemark; d'autres vers le sud-ouest, à la côte du Norfolk, en Angleterre; et certains vers le sud-est, en Allemagne, en Pologne et en Russie.

En Suède, dans le voisinage immédiat d'Upsala, j'ai observé, en 1834, un monticule allongé de sable stratifié et de gravier, traversé en son milieu par une bande de marne, évidemment formée au fond de la Baltique, ainsi que le prouvent les pétoncles et les coquilles marines d'espèces vivantes qu'on y rencontre mêlées à quelques testacés propres aux eaux douces. Les coquilles marines sont toutes de minime taille, comme celles qui habitent actuellement les eaux saumâtres de la Baltique; la marne, qui en contient des myriades, est élevée aujourd'hui à plus de 30 mètres au-dessus du niveau du golfe de Bothnie. Sur le sommet du monticule reposent plusieurs énormes erratiques de gneiss, qui, pour la plupart, ne sont pas arrondis; ces blocs, de 2 à 4 mètres de diamètre, ont dû être amenés dans leur position actuelle, à une époque où le golfe voisin était déjà caractérisé par sa faune particulière. Ici, par conséquent, on a la preuve que le transport des erratiques s'est accompli, non-seulement lorsque la mer était déjà habitée par les testacés existants aujourd'hui, mais encore lorsque le nord de l'Europe avait déjà pris son remarquable aspect géographique qui lui vient de la séparation de la Baltique de la mer du Nord, par suite de laquelle les eaux du golfe de Bothnie devinrent trois fois moins salées que celles de l'Océan. Dans le Danemark aussi, on a trouvé des coquilles récentes au sein de lits stratifiés étroitement liés à l'argile à cailloux (*boulder-clay*).

Action glaciaire en Écosse. — M. T.-F. Jamieson, en 1858, recueillit un grand nombre de faits pour démontrer que les Grampians avaient autrefois fourni des glaciers, partant des régions centrales dans toutes les directions vers la mer. « Les sillons glaciaires, » observait-il, « rayonnent extérieurement des hauteurs centrales vers tous les points de l'horizon, bien qu'ils ne soient pas toujours strictement conformes à la forme actuelle et au contour des petites vallées et des collines. »

Tous ces faits et d'autres caractéristiques de la forma-

tion de transport en Écosse, nous ont conduit aux conclusions suivantes : premièrement, au commencement de la période glaciaire, l'Écosse, plus élevée qu'aujourd'hui, se trouvait couverte d'une couche à peu près générale de neige et de glace, comme l'est aujourd'hui le Groënland. Cette couche de glace terrestre, en glissant vers les niveaux inférieurs, polit les roches sous-jacentes, enlève de la surface la plus grande partie des dépôts anciens, et laisse à la place, du till et des formations caillouteuses. Deuxièmement, succession d'une période de dépression et de submersion partielle; la mer avance et couvre les parties basses de la région, et l'Écosse est convertie en archipel; dépôt de sable marin avec coquilles sur le fond de la mer. Sur ce sable s'accumule une grande masse de boulder-clay ordinairement dépourvue de coquilles. Troisièmement, la terre émerge de l'eau, atteint un niveau un peu supérieur à celui qu'elle a aujourd'hui et s'unit au continent d'Europe; les glaciers se forment encore une fois sur les points élevés, mais la glace ne dominera plus jamais comme autrefois à la surface (1). Après ces changements, de petites oscillations de niveau s'opèrent à la surface de la terre; bien qu'ils aient eu des conséquences géographiques très-importantes, comme la séparation de l'Irlande de l'Angleterre, par exemple, et celle de l'Angleterre du continent, nous n'entrerons dans aucuns développements à ce sujet.

Mammouth dans le till d'Écosse. — De tous les débris de la faune terrestre du continent qui a précédé la période de submersion, on ne connaît que quelques lambeaux de formations d'estuaire et d'eau douce qui aient échappé à la dénudation, grâce à la submersion. A ces formations appartient l'argile tourbeuse d'où l'on a retiré, en 1816, à Kilmaurs, dans l'Ayrshire, plusieurs défenses de mammouths et plusieurs bois de daim. En 1865, M. Brice affirma que la formation d'eau douce contenant ces débris fossiles repose sur du grès carbonifère et est recouverte d'un premier lit de sable marin avec coquilles arctiques, et puis d'une grande masse de till avec boulders glaciaires (2). Des explorations faites plus récemment

(1) Jamieson, *Journal trimestriel de géologie*, 1860, vol. XVI, p. 370.

(2) Bryce, *Journal trimestriel de géologie*, vol. XXI, p. 217. 1865.

dans le voisinage de Kilmaurs ont montré que la formation d'eau douce contient le potamot nageant (*Potagometon*) et le *Ranunculus aquatique*; et M. Young, du Muséum de Glasgow, après avoir lavé la boue attachée aux bois de renne de Kilmaurs et celle qui remplissait les fentes des défenses d'éléphants, découvrit dans ces fossiles, que l'on a pu voir pendant un demi-siècle au Museum de Glasgow, une grande quantité des plantes que nous avons citées.

Il ne restait donc plus de doute sur la vraie position qu'occupaient les débris de mammoth, fossile si rare en Ecosse et qui sert à prouver, comme l'attestent les coquilles du sable sus-jacent, que cette partie de l'ancien continent s'enfonça dans la mer à une période de grand froid. Le till, ou boulder-clay sus-jacent, offre une épaisseur d'environ 12 mètres, mais souvent il en atteint une beaucoup plus grande dans la même partie de l'Ecosse.

Coquilles marines du Drift Ecossais. — La plus grande hauteur à laquelle on ait encore signalé des coquilles marines dans cet argile à cailloux (boulder-clay), est seulement de 160 mètres au-dessus du niveau de la mer; à Airdrie, situé à 22 kilomètres S.-E. de Glasgow, on en a recueilli à la même élévation; elles étaient, dans cet endroit, enveloppées par de l'argile stratifiée, et entre deux couches de till. Il est incontestable que le dépôt qui les recouvre est un véritable till glaciaire, car on y a observé des amas de granit qui doivent avoir été transportés de 90 kilomètres au moins.

Les coquilles que nous représentons ici ne sont que, pour le plus petit nombre, étrangères à une vaste collection de coquilles vivantes, dont l'ensemble témoigne que les mers d'Écosse ont été soumises autrefois à des conditions bien plus arctiques que celles d'aujourd'hui. Depuis l'année 1860, le Rév. Thomas Brown a découvert, sur les bords des estuaires du Forth et de la Tay, dans un drift glaciaire argileux, un groupe de coquilles marines qui indiquent une température beaucoup plus froide encore. Cette argile se rencontre à Elie, dans le Fife, et à Errol, dans le Perthshire; on y a déjà obtenu 35 coquilles toutes d'espèces vivantes, habitant aujourd'hui les régions arctiques, et parmi lesquelles on peut citer *Leda*

truncata, *Tellina proxima* (figs. 116-117), *Pecten Grœnlandicus*, *Crenella lævigata nigra*, *Crenella*, et bien d'autres,

Fig. 110. — *Astarte borealis*.
Chem. (*A. arctica*,
Müll: *A. compressa*, Mont.)



Fig. 111. — *Leda lanceolata* (*oblongata*),
Sow.

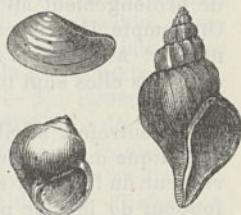


Fig. 112. *Saxicava rugosa*. Penn.

113. *Pecten Islandicus*. Müll.

114. *Natica clausa*. Bred.

115. *Trophon clathratum*. Linn.

dont quelques-unes ont été apportées par le Capitaine Sir E. Parry de la côte de Melville, située en Islande à 76° de latitude nord. Elles ont été toutes identifiées en 1863 par le Docteur Torell, qui revenait justement d'explorer les mers autour du Spitzberg, où il avait recueilli jusqu'à 150 espèces de mollusques, vivant principalement dans un



Fig. 116. — *Leda truncata*.
a. Extérieur de la valve gauche,
b. Intérieur de la même valve.



Fig. 117. — *Tellina calcarea*. Chem.
(*Tellina proxima*. Brown.)
a. Vue extérieure de la valve gauche.
b. Intérieur de la même valve.

fond de vase fine, détachée, par suite de la fonte, des moraines et des glaciers qui flottaient en cet endroit de la mer. J'appris de ce savant que la faune fossile de ce dépôt glaciaire d'Ecosse fournit non-seulement les espèces, mais encore les variétés particulières des mollusques qui caractérisent actuellement les latitudes élevées. Les grandes dimensions de ces invertébrés indiquent qu'ils ont anciennement joui d'un climat plus froid, mieux appro-

prié à leur organisation que celui qui domine aujourd'hui dans les latitudes où on les rencontre. On a aussi découvert des coquilles marines dans le drift glaciaire du Caithness et de l'Aberdeenshire, à la hauteur de 75 mètres, et dans celui de Banff à celle de 100 mètres; le drift stratifié de prolongement atteint jusqu'à 150 mètres d'élévation. On compte déjà 75 espèces de coquilles retirées du Caithness et autant de l'Aberdeenshire et de Banff; dans les deux cas elles sont toutes d'origine arctique, à l'exception de six.

J'ai autrefois attribué l'absence de toutes traces de vie organique dans la majeure partie du drift Écossais à la rigueur du froid, et aussi, en certains endroits, à la profondeur de la mer pendant la période extrême d'immersion; mais les observations modernes ont ébranlé la foi que j'avais en cette hypothèse, car on a observé une étonnante exubérance de vie, tant dans les mers arctiques que dans les mers antarctiques de grande profondeur, où la glace flottante se trouvait en abondance. Il n'y a donc plus de difficulté à expliquer l'absence complète de coquilles marines dans le till, du moment où l'on admet que cette formation est le produit de la glace terrestre. En effet les glaciers qui descendent d'une couche de glace continentale, analogue à celle qui couvre le Groënland, peuvent combler des embouchures à plusieurs dizaines de mètres au-dessous du niveau de la mer, et même envahir les parties d'une baie de plusieurs centaines de mètres de profondeur, avant de trouver assez d'eau pour que leurs portions terminales flottent sous forme de bancs de glace. Dans ce cas, du till dépourvu de coquilles marines commencera par s'accumuler, et puis, si le climat devenant plus chaud entraîne la fonte de la glace, un dépôt marin se superposera sur ce till, sans qu'aucun changement de niveau soit nécessaire.

Nous signalerons à ce sujet un autre phénomène curieux que feu Hugh Miller qualifia de *pavement strié* du boulder-clay. Sur les points où des portions de till ont été enlevées par la mer, sur les rivages du Forth, ou bien dans les tranchées coupées dans l'intérieur par les travaux de chemins de fer, on remarque des boulders enfouis dans lesquels on observe des restes de drift qui

portent tous des traces d'usure et de striation; ces stries et ces sillons sont parallèles, se montrent invariablement dans tous les entre-croisements du drift, exactement comme si un glacier ou banc de glace eût passé sur leur surface, en la sillonnant; ils présentent un aspect analogue à celui que l'on observe si souvent sur les roches solides sous-jacentes à un drift glaciaire. Il est possible, ainsi que le suppose M. Geikie, que cette seconde striation des boulders se rapporte à l'action de la glace flottante (1).

Roches contournées dans le Drift. — En Ecosse, le till est souvent recouvert de gravier stratifié, de sable et d'argile; ses couches sont horizontales ou contournées sur une épaisseur de plusieurs décimètres. Ces dislocations se trouvent assez fréquemment dans le Forfashire, où je les ai observées, dans une section verticale opérée, en 1840, près de la rive gauche du South Esk, à l'est du pont de Cortachie; les contournements de ces couches, composées de sable fin et grossier, de gravier et de limon, s'étendent verticalement sur une épaisseur de 7 mètres, ou de *b* à *c*, fig. 115. La stratification horizontale se termine brusquement à une courte distance, comme on peut le voir ci-dessous à la droite de *f*, *g* : le gravier grossier et le sable qui les recouvrent *a*, forment un lit horizontal sur certains points, et offrent, sur d'autres, des couches entrecroisées, qui ne partagent pas les perturbations qu'ont subies les couches *b*, *c*. Le till sous-jacent est mis à découvert sur une profondeur de 6 mètres, et l'on peut conclure des sections faites dans le voisinage, qu'il a une épaisseur beaucoup plus considérable.

Certaines fois, j'ai vu des fragments d'argiles stratifiées et de sables, pliés d'une façon analogue, au milieu d'une grande masse de till. M. Trimmer explique ces phénomènes en supposant que de larges masses irrégulières de neige et de glace se sont intercalées, pendant la période glaciaire, entre les couches de sable et de gravier. Des falaises situées près du détroit de Behring, où l'on trouve des restes d'éléphants, consistent en glace mêlée à du limon et à des pierres, et Middendorf donne la description de masses de glace qu'il a rencontrées en Sibérie à di-

(1) Geikie, *Trans. Geol., Soc. Glasgow*, vol. I, part. II, p. 68. 1863.

verses profondeurs, en fouillant le drift. Quel que soit le mode d'intercalation de la neige et de la glace avec le drift, que ce soit par stratification ou non, la fonte de la

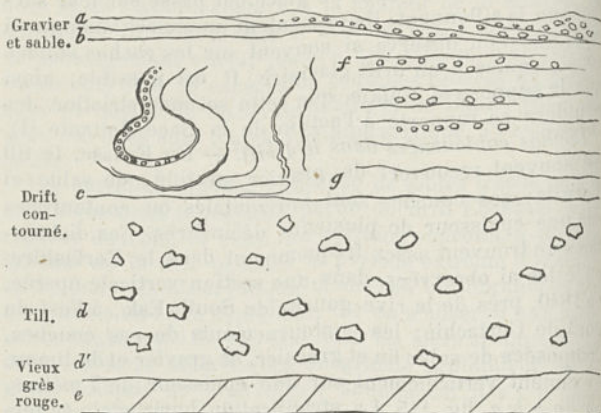


Fig. 118. — Coupe de drift contourné couvrant le till; vue prise sur la rive gauche du South Esk, près de Cortachie, en 1840.

glace entraînera toujours, dans l'intérieur de la masse, un défaut d'équilibre suffisant pour déterminer des flexions et quelquefois des pliages très-complicés. Mais dans un grand nombre de cas, les couches seront courbées et dérangées par la pression mécanique d'un glacier en marche, ou par le choc contre les bancs de sable d'une des parois latérales de ces énormes îles de glace qui roulent en donnant sur la côte; et alors, les couches qui forment les fondements du rivage peuvent avoir subi le choc sans être aucunement dérangées dans leur position.

Comme on devait s'y attendre dans une contrée où les preuves de submersion pendant la Période Glaciaire sont loin de manquer, en trouve, en Ecosse, des signes nombreux de l'action de la glace flottante. Parmi eux nous citerons la présence de gros blocs erratiques, que l'on rencontre fréquemment groupés sur le sommet de collines ou crêtes qui ont dû former des îlots ou des bas-fonds dans la mer, sur lesquels la glace flottante devait frotter

le plus souvent et décharger sa cargaison en fondant. Les glaciers ou glaces terrestres, au contraire, déposaient surtout les matières dont ils étaient chargés au fond des vallées. On a observé aussi des traces d'une action glaciaire indépendante et plus ancienne dans des régions où la striation, produite en apparence par de la glace venant du nord-ouest, ne peut être expliquée par le passage de glaciers rayonnant d'une région montagneuse centrale (1).

Action glaciaire dans les Galles, et en Angleterre. — Le docteur Buckland reconnut, en 1842, que les montagnes de la partie septentrionale des Galles, avaient été un point central et indépendant d'où s'étaient dispersés des blocs erratiques; de grands glaciers disparus depuis longtemps ont dû rayonner des hauteurs de Snowdon dans le Carnarvonshire, à travers sept vallées principales, vers tous les points de l'horizon, charriant avec eux de gros fragments de pierre et sillonnant les roches sous-jacentes sur leur passage.

Outre l'existence de ces glaciers terrestres, M. Trimmer avait découvert, en 1831, des traces qui démontrent la submersion d'une grande partie du pays de Galles pendant la période Pleistocène. Il avait observé un drift stratifié qui lui avait donné une douzaine d'espèces de coquilles marines, près du sommet du Moel Tryfaen, colline de 425 mètres de hauteur, sur le côté gauche du détroit de Menai. Pendant l'été de 1863, j'eus occasion d'examiner en compagnie du Rev. W. S. Symonds, une longue et profonde tranchée que la Compagnie Minière Alexandra, à la recherche de schistes, avait pratiquée à travers ce drift. Nous vîmes au sommet de la colline susmentionnée une masse stratifiée de sable et de gravier incohérent, de 10 mètres d'épaisseur, de laquelle M. Darbshire a obtenu 54 espèces de mollusques, plus trois variétés de caractère arctique, en tout 57 formes. Ces coquilles appartiennent toutes à des espèces qui vivent de nos jours dans les mers d'Angleterre ou de régions plus septentrionales; onze d'entre elles sont exclusivement arctiques, quatre sont communes aux mers

(1) Milne Home, *Trans. Royal Soc. Edimbourg*, vol. XXV. 1868-9.

arctiques et d'Angleterre, et les autres, pour la majeure partie, habitent les régions du Nord, ou si par cas on les rencontre dans les mers méridionales d'Angleterre, c'est comparativement en moins grande abondance. On trouve dans les couches inférieures du drift des dépôts larges et épais de roches venues de loin, polies et striées sur plus d'un côté par l'action glaciaire. Au-dessous de tout le système, on voyait à nu les tranches des ardoises, disposées verticalement; elles étaient aplanies en certains endroits, mais n'étaient nulle part assez à découvert pour qu'on pût décider si le résultat était dû à l'action glaciaire ou à l'érosion aqueuse. L'ensemble du dépôt a tout à fait l'apparence d'une accumulation de matières dans une eau peu profonde ou sur un banc, et c'est probablement pendant l'affaissement graduel de la côte qu'il a acquis son épaisseur. Cette dernière hypothèse nous force d'assigner à ces formations une très-haute antiquité, vu l'espace de temps qu'ont dû exiger leur affaissement et leur rehaussement successifs.

L'élévation à laquelle on rencontre ces coquilles fossiles sur le Moel Tryfaen n'a rien moins que 410 mètres; ce fait a une grande importance quand on considère que l'on peut à peine citer un cas bien authentique en dehors des Galles, soit en Europe, soit dans l'Amérique septentrionale, de coquilles marines trouvées dans le drift glaciaire à une hauteur moitié moindre que celle que nous venons de signaler. Cependant une faune marine mollusque, concordant caractéristiquement avec celle du Moel Tryfaen et renfermant des espèces aussi nombreuses, a été découverte, en 1862, par M. Prestvich, à Vale Royal, près de Macclesfield, à une hauteur de 330 à 360 mètres; on a fait des rencontres semblables à de moindres élévations dans d'autres parties de l'Angleterre centrale.

Le professeur Ramsay, dans un mémoire sur les glaciers du pays de Galles publié en 1851 (1), estimait que les eaux devaient s'être élevées, pendant un certain temps de la période glaciaire, à 700 mètres environ. Il ne lui fut pas possible en effet de distinguer les sables et les gra-

(1) *Quart. Geol. Journ.*, 1852, vol. VIII, p. 372.

viens superficiels du drift qui, à cette grande élévation, sur le Moel Tryfaen et sur des points plus bas, contient des coquilles d'espèces vivantes. En l'absence de coquilles on ne saurait, sans doute, admettre comme évidente l'origine marine des drifts les plus élevés, tant est grande la ressemblance qui existe entre le sable ou le gravier d'un banc de mer et celui d'un lit de rivière, quand les restes organiques font défaut. Mais, d'un autre côté, si l'on considère combien sont rares en général les coquilles dans le drift que nous savons être d'origine marine, on ne peut pas supposer, que dans les bancs coquilliers du Moel Tryfaen, on ait exactement rencontré les limites supérieures des dépôts marins, ou, en d'autres termes, la ligne précise jusqu'où s'est élevée la mer au-dessus de la surface du sol pendant la période glaciaire.

On acquiert chaque jour des preuves que la plus grande partie de l'Angleterre septentrionale, suivant une ligne tracée de l'embouchure de la Tamise jusqu'au canal de Bristol, a été sous la mer, et a été traversée par des glaces flottantes depuis le commencement de l'époque glaciaire. Parmi les observations récentes, à ce sujet, je citerai la découverte qu'a faite M. J. F. Bateman. Il a trouvé à Mottram, à l'est de Manchester, dans le Lancashire, à 80 kilomètres de la mer, et à une hauteur de 170 mètres au-dessus de son niveau, un till contenant des pierres anguleuses ou arrondies, avec des coquilles marines, telles que les *Turritella communis*, *Purpura lapillus*, *Cardium edule*, et autres, parmi lesquelles le *Trophon clathratum* (*Fusus Bamffius*), qui annoncent un climat froid, bien qu'elles vivent encore dans les mers septentrionales des Îles Britanniques (1).

Erratiques près de Chichester. — Le monument le plus méridional de l'action glaciaire et d'une faune Pléistocène que l'on connaisse dans la Grande-Bretagne, se trouve sur la côte du comté de Sussex, à 40 kilomètres environ à l'ouest de Brighton, et à 24 au sud de Chichester; c'est un dépôt marin, visible entre la haute et basse marée, et qui est situé sur les deux côtés du promontoire appelé Selsea Bill. M. Godwin-Austen en a re-

(1) Binney, *Proc. Manchester, Phil. Soc.* n° 3, 1862-3, p. 13.

tiré trente-huit espèces de coquilles, et ce nombre s'est élevé depuis (1873) à cent quarante.

Cette collection est intéressante en ce qu'elle présente dans son ensemble cette particularité que toutes les espèces, quoique récentes, offrent un aspect plus méridional que celles qui vivent actuellement dans la Manche. Il est vrai qu'environ quarante de ces coquilles ont une distribution qui s'étend depuis les latitudes Britanniques jusqu'aux régions tout à fait septentrionales; mais plusieurs d'entre elles comme, par exemple, *Rissoa cimex*, *Chiton siculus*, *Lutraria rugosa* et *Pecten polymorphus*, qui sont abondantes, ne dépassent pas au nord la côte du Portugal et semblent indiquer une température plus chaude que celle qui règne aujourd'hui sur la côte où on les trouve à l'état fossile. Circonstance curieuse, c'est que le limon sableux dans lequel on les rencontre est recouvert d'un gravier argileux jaune, avec de gros blocs erratiques qui doivent avoir été transportés par la glace à la place qu'ils occupent actuellement à une époque où le climat était devenu beaucoup plus froid. Ces fragments, transportés, de granite, de syenite, de greenstone, aussi bien que de roches Devonniennes et Siluriennes, ont dû venir de la côte de Normandie et de Bretagne. Ils ont de si grandes dimensions, qu'il est à supposer qu'ils ont été transportés à leur place actuelle par des glaces côtières. J'ai mesuré un de ces blocs de granite, à Pagham, et il avait 6 mètres 30 de circonférence. Dans le gravier de ce drift, on trouve avec les erratiques quelques coquilles littorales d'espèces vivantes qui indiquent une ancienne ligne de côtes.

Formations glaciaires dans l'Amérique septentrionale. — Dans l'hémisphère occidental, au Canada et même aux Etats-Unis, en s'avancant vers le sud jusqu'aux 40^e et 38^e parallèles de latitude, on observe toutes les particularités qui distinguent la formation caillouteuse (boulder) en Europe : des fragments de pierre ont voyagé sur de grandes distances, surtout du nord au sud; la surface de la roche sous-jacente est aplanie, striée et cannelée; une boue non stratifiée, ou *till*, contenant des cailloux de transport, est associée à des couches de limon, de sable et d'argile ordinairement dépourvues de

fossiles ; lorsqu'il y a des coquilles, elles appartiennent à des espèces qui vivent encore dans les mers du Nord, et la plupart sont identiques à celles que nous avons déjà trouvées dans le *drift* d'Europe. La faune de l'époque glaciaire dans l'Amérique du Nord, est aussi moins riche en espèces que la faune actuelle de la mer adjacente, soit dans le golfe de Saint-Laurent, soit en vue des rivages du Maine, ou dans la baie du Massachusetts.

La distribution des erratiques américains étendue, pendant la période Pléistocène, à des latitudes plus basses que celles auxquelles ils parviennent en Europe, concorde bien avec l'inflexion actuelle vers le sud des lignes isothermes, c'est-à-dire des lignes d'égale température en hiver. Il semble qu'autrefois comme aujourd'hui il a dû exister, du côté occidental de l'Atlantique, un climat plus rigoureux et une abondance plus grande de glaces flottantes. Comme en Europe, on rencontre, au Canada et aux Etats-Unis, les coquilles marines à de très-petites élévations, 30 à 200 mètres au-dessus de la mer, tandis que les blocs erratiques et les surfaces de roches sillonnées et polies atteignent des hauteurs de plusieurs centaines de mètres.

J'ai déjà fait remarquer qu'en Europe plusieurs quadrupèdes de races éteintes ou vivantes étaient communs aux temps pré-glaciaires et post-glaciaires ; on doit supposer, pour la même raison, que, dans l'Amérique septentrionale, la majeure partie de la faune ancienne des mammifères, avec presque tous les invertébrés, a existé à des époques de froid intense. Qu'aux Etats-Unis le *Mastodon giganteus* se soit montré très-abondant après la période du *drift*, c'est un fait qui ne souffre aucun doute, car on rencontre des squelettes entiers de cet animal dans les marais et les dépôts lacustres qui occupent les cavités de ce terrain. On trouve même quelquefois ces pachydermes éteints au fond de petits étangs que l'agriculteur met à sec pour la recherche de la marne coquillière. En 1845, six squelettes de la même espèce de Mastodonte furent découverts dans le comté de Warren (New-Jersey), à 2 mètres au-dessous de la surface du sol, par un fermier qui exploitait le riche limon d'un petit étang desséché. Cinq de ces squelettes gisaient

ensemble, et une grande partie de leurs ossements tombaient en morceaux dès qu'on les exposait à l'air.

Ces faits ne nous donnent pourtant pas le droit de conclure que ces quadrupèdes ont été enfouis à une époque moderne, à moins que l'on ne prenne ce mot *moderne* dans un sens strictement géologique, car j'ai fait voir qu'il existe dans la vallée du Niagara un dépôt fluviatile contenant des coquilles des genres *Melania*, *Lymnea*, *Planorbis*, *Valvata*, *Cyclas*, *Unio*, *Helix*, etc., toutes espèces récentes, d'où l'on a extrait les ossements du grand mastodonte parfaitement conservés; et cependant l'excavation totale du ravin, sur une longueur de plusieurs kilomètres au-dessous des Chutes, s'est effectué lentement depuis que le dépôt fluviatile a été formé. D'autres animaux éteints accompagnent le *Mastodon giganteus* dans les formations post-glaciaires des Etats-Unis, et cette circonstance, ajoutée au fait que très-peu des mollusques, même parmi ceux qui datent du commencement de la période de froid différent des espèces actuellement vivantes, est très-importante, parce qu'elle réfute l'hypothèse soutenue par certains auteurs d'un froid de la période glaciaire tellement intense qu'il aurait anéanti toutes les espèces dans les latitudes tempérées et arctiques.

Prédominance des lacs concordant avec l'action glaciaire. — Le professeur Ramsay a fait remarquer le premier, en 1862, que les lacs sont excessivement nombreux dans les contrées où abondent les erratiques, les blocs striés, ainsi que d'autres signes de l'action glaciaire, et qu'ils sont comparativement rares dans les régions tropicales et sous-tropicales. En général, dans les contrées où l'hiver est très-rigoureux, comme dans le Canada, la Scandinavie et la Finlande, les basses terres et même les plaines sont parsemées d'un nombre considérable d'étangs et de grands et petits lacs; tandis que dans les régions plus tempérées, telles que la Grande-Bretagne, l'Europe centrale et méridionale, les Etats-Unis et la Nouvelle-Zélande, les districts à lacs se rencontrent dans des régions montagneuses qui offrent les preuves de l'action glaciaire dans des temps comparativement modernes, c'est-à-dire depuis que la configuration géographique de la surface a pris une ressemblance considérable avec

celle qu'elle a de nos jours. Dans ces mêmes contrées, les lacs cessent brusquement au-dessous des régions éprouvées par l'action glaciaire, et, dans les régions plus chaudes et tropicales, si les lacs ne manquent pas absolument, ils consistent, comme dans l'Afrique équatoriale, en grandes nappes d'eau qui ne sont accompagnées, autant qu'on le sait jusqu'à ce jour, ni de petits étangs ni de marais.

Les limites méridionales des districts à lacs de l'hémisphère septentrional se montrent, dans le continent Américain, vers le 40° de latitude nord, et en Europe vers le 50°, c'est-à-dire quatre degrés au-dessus du point méridional où commencent les Alpes. La plupart des lacs les plus petits sont contenus, à leur extrémité inférieure, par des levées de drift non stratifié, qui offre le même caractère que les moraines des glaciers. Les géologues ont désigné ces lacs sous le nom de *morainiques*, mais quelques-uns d'entre eux sont de véritables bassins creusés dans le roc et tiendraient parfaitement l'eau, si même les matériaux meubles de transport qui en forment les bords venaient tout à coup à disparaître. Il est, toutefois, difficile d'expliquer comment ils ont été formés, car on ne peut supposer que chacun d'eux soit dû à un affaissement spécial des roches où se trouvent aujourd'hui les cavités remplies d'eau.

Dans un mémoire lu devant la Société Géologique de Londres, en 1862, le professeur Ramsay soutint que la formation originelle de la plupart des lacs existants a eu lieu pendant l'époque glaciaire, et qu'elle n'est due ni à l'exhaussement ni à l'abaissement du sol, mais à l'action érosive des glaciers qui creusa alors leurs bassins. M. Mortillet, la même année, avança que les bassins de lacs dans les Alpes ont été dans l'origine remplis de dépôts fluviatiles meubles, et qu'ils ont été ensuite creusés de nouveau par le passage de grands glaciers qui descendirent les vallées à l'époque du froid maximum. Cette hypothèse attribuerait à la glace mouvante une puissance d'érosion presque aussi grande que celle que l'on donnait aux glaciers, lorsqu'on supposait qu'ils avaient creusé les bassins originels dans la roche vive. Il est impossible de ne pas reconnaître que la simple distribution

géographique des lacs rattache intimement leur origine à l'abondance de la glace dans une période ancienne de froid excessif; mais qu'il y a loin de là à la preuve que l'action érosive de la glace mouvante a été la seule ou même la principale cause des bassins de lac; aussi la question est-elle toujours pendante.

Les lacs de la Suisse et du Nord de l'Italie ont quelques-uns de 35 à 50 kilomètres de longueur, et leur profondeur est telle que, dans certains cas, leur fonds est situé de 300 à 600 mètres au-dessous du niveau de la mer. On admet généralement que les lacs ont été d'abord remplis de glace; et, comme on sait que les glaciers actuels ont le pouvoir de polir et de ronger la surface des roches, on n'est pas étonné de trouver que tous les bassins de lacs, dans les contrées jadis recouvertes par la glace, portent à la surface les marques de l'action glaciaire. On y trouve aussi des preuves que la glace, dans sa marche progressive et rétrograde, a laissé beaucoup de matière de transport et qu'elle a produit l'agrandissement de la cavité préexistante. Mais tout cela ne suffit pas aux partisans de l'érosion glaciaire, ils demandent davantage. Par le seul fait, disent-ils, que les anciens glaciers disparus avaient plusieurs centaines de mètres d'épaisseur, ils ont pu, en certains endroits, creuser graduellement dans la roche solide des cavités de 30 à 50 kilomètres de longueur, et d'une profondeur qui aurait été, comme dans le cas du lac Majeur, de 300 à 800 mètres au-dessous du premier niveau du lit de la rivière. Ils prétendent aussi que la glace a le pouvoir de débarrasser la cavité qu'elle a formée par son action érosive de tous les matériaux enlevés aux roches. Ne voit-on pas, en effet, sortir constamment de l'extrémité de chaque glacier du limon fin qui se jette dans le cours d'eau formé par la fonte de la glace, et ce résultat du frottement qui se montre, été comme hiver, n'est-il pas la preuve évidente de l'élargissement et de l'approfondissement continuels des vallées à travers lesquelles passent les glaciers? De même qu'un cours d'eau enlève le limon fin du bassin profond qui se forme au pied des cascades, de même ne peut-on pas supposer que les bassins de lac ont été graduellement débarrassés du limon qui s'y était ac-

cumulé par suite de l'érosion pendant la période glaciaire ?

Je ne suis nullement disposé à prendre pour base de mes objections à cette théorie l'insuffisance du temps pendant lequel a sévi le froid maximum, mais on doit examiner avec soin si la durée de ce même temps n'est pas tellement considérable que d'autres forces, en dehors du mouvement des glaciers, aient dû agir conjointement pour convertir en bassins de lac quelques parties des vallées anciennes. Les partisans les plus exaltés du pouvoir érosif de la glace mouvante ne nient point que pendant la période appelée *glaciaire*, la croûte terrestre n'ait subi des mouvements capables de produire, en Europe, des changements de niveau de 410 mètres et plus dans les deux directions, comme dans le Moel Tryfaen. M. Charpentier attribue quelques-uns des principaux changements de climat qui ont eu lieu en Suisse, pendant la période glaciaire, à une dépression des Alpes centrales qui aurait été de 900 mètres ; et les géologues Suisses professent depuis longtemps que les bassins de lac de leur pays sont dus en partie à ces convulsions qui ont eu pour résultat de modifier la forme et la direction des vallées. Ils observent, en général, que dans les régions où les glaciers se sont retirés, c'est-à-dire fondus à leur extrémité inférieure, pendant une suite de saisons chaudes, le terrain sur lequel ils reposaient, s'il n'est pas recouvert, consiste en protubérances convexes ou en forme de dômes, qui sont polies et striées. En règle générale, il y a absence de cavités ou bassins rocheux contenant de l'eau. Si les inégalités de mouvement analogues à celles qu'on a observées dans la Nouvelle-Zélande, en 1865, et que nous avons signalées déjà page 202, tiennent au cours régulier de la nature, et ont régi les transformations de la croûte terrestre, dans les temps anciens comme dans les temps modernes, il est certain qu'elles ont dû avoir une grande influence sur la formation des lacs. Le fait serait bien mieux établi si l'on pouvait prouver que la période glaciaire, une partie du moins, est assez moderne pour descendre jusqu'à l'époque des espèces vivantes de mollusques. Tel est le cas, en effet, comme le prouve suffisamment la rencontre de coquilles marines

dans l'ouest de l'Angleterre, à la hauteur de 330 mètres, près de Macclefield, et à celle de 310 mètres, sur le Moel Tryfaen, dans des localités distantes l'une de l'autre de 128 kilomètres, — coquilles fossiles appartenant à des espèces encore vivantes, quoiqu'elles impliquent une faune plus septentrionale que celle des latitudes correspondantes dans la période actuelle.

Mais, objectera-t-on, si de pareils mouvements inégaux ont pu contribuer à la production des bassins de lac, comment expliquer la rareté comparative des lacs dans les contrées tropicales et sous-tropicales? Pour répondre à cette question, on peut faire observer que, lorsqu'il s'agit d'évaluer les effets des mouvements souterrains au point de vue des modifications qu'ils ont apportées dans la géographie superficielle d'une contrée, il faut ne pas oublier que chaque convulsion n'opère qu'un changement très-léger. Si ce changement intervient dans le mode d'écoulement des eaux, soit en exhaussant la partie basse d'un bassin hydrographique, soit en abaissant sa partie la plus élevée, l'exhaussement ou la dépression ne se produiront qu'en raison de quelques décimètres à la fois, et il s'écoulera peut-être des années ou des siècles avant qu'un autre mouvement se répète dans la même région. Cependant, s'il y a eu commencement de lac, et si cette cavité a été remplie de sédiment, la barrière récemment formée finira par être ouverte par le passage de la rivière; mais il n'en sera pas ainsi dans une contrée où prédominent les conditions glaciaires, une pareille oblitération n'aura pas lieu dans le bassin de lac, car quelle que soit sa profondeur acquise par suite des mouvements répétés d'abaissement de son bord supérieur ou d'exhaussement de son extrémité inférieure, comme il est toujours rempli de glace, il a pu rester, dans la moyenne partie de son étendue, libre de sédiment ou de matière de transport jusqu'au moment de la fonte de cette glace, à la fin de la période glaciaire.

L'objection la plus sérieuse que l'on puisse faire à la formation exclusive des bassins de lacs larges et profonds par l'érosion glaciaire, c'est la distribution capricieuse de ces bassins. Ainsi, par exemple, dans le Piémont, les grands lacs manquent tant à l'est qu'à

l'ouest de Turin (1), quoique la plupart des anciens glaciers les plus considérables des Alpes soient descendus du Mont Blanc et du Monte Rosa, et aient laissé leurs moraines gigantesques dans la partie basse de la contrée. Là, cependant, on devait s'attendre à trouver des lacs de première grandeur et d'une importance au moins égale à celle du lac Majeur qui est tout près.

Un exemple encore plus frappant de cette absence de lacs dans une région où abondent de grands glaciers est fourni par le Caucase qui forme une chaîne de plus de 480 kilomètres de long, avec des pics dont les plus élevés atteignent des hauteurs de 4,800 à 5,400 mètres. Cette dernière altitude est celle du mont Elbruz, situé, par 43° de latitude nord, à trois degrés plus au sud que le Mont Blanc, et qu'il dépasse de 900 mètres en hauteur. Les glaciers actuels du Caucase ont des dimensions supérieures ou égales à ceux de la Suisse, et, comme ceux-ci, ils donnent naissance à des lacs temporaires en obstruant le cours des rivières et en occasionnant de fortes inondations quand se rompent les barrières de glace. M. Freshfield, observateur très-exact, écrivait en 1869 (2) : « L'absence totale des lacs, sur les deux côtés de cette montagne, est le trait le plus marquant à signaler. Non-seulement, il n'existe pas dans cette région de grandes nappes d'eau sous-alpines, comme celles de Côme ou de Genève, mais il n'y a pas même de petits étangs de montagne, comme celui de Dauben, sur la Gemmi, ou du Klonthal, près de Glaris. » Toutefois, M. Freshfield ne nous dit pas si, dans le Caucase, comme dans la vallée du Rhône, située au-dessus du lac de Genève, il n'existe pas des plaines alluviales, indices de lacs comblés, qui contiennent du gravier et du sable d'une épaisseur inconnue.

En passant à une autre région, il convient de supposer que la chaîne de lacs dont fait partie l'Albert Nyanza, dans l'Afrique équatoriale, a été produite par d'autres causes que les causes glaciaires. En effet, imaginant même qu'une période glaciaire ait régné dans cette région,

(1) *Antiquité de l'homme*, p. 361.

(2) *Voyage dans le Caucase central*. 1869, p. 452.

qu'elle ait rempli les lacs de glace et rongé les roches qui forment les côtes et le fond de ces réservoirs, il serait impossible de décider dans quelle proportion l'érosion glaciaire a agrandi la capacité des bassins et modifié leur surface. On peut attribuer une semblable origine au lac Majeur et au lac Supérieur, quoique les bassins actuels de ces deux lacs offrent en abondance des marques superficielles provenant de l'action glaciaire.

Quelle que soit donc la combinaison de causes que l'on choisisse pour expliquer la formation des grands lacs Alpains, il n'en reste pas moins évident que les grands lacs sont, géologiquement parlant, d'origine moderne. Tout le monde doit admettre que la vallée supérieure du Rhône est surtout le résultat de l'inondation fluviale, et il importe peu que la quantité de matière enlevée à cette vallée, avant la période glaciaire, ait été suffisante pour combler le bassin du lac de Genève, supposé qu'il existât alors et que sa capacité fût même plusieurs fois plus grande que celle qu'il présente aujourd'hui (1).

En résumé, partageant sur ce point les idées du professeur Ramsay, de MM. Mortillet, Geikie et autres géologues, je pense que les marais de montagne et les petits lacs sont situés, pour la plupart, dans des bassins rocheux, que leurs eaux n'ont pas été retenues simplement par des barrières de moraines, et qu'ils doivent leur formation à l'action de la glace s'exerçant d'une manière qui est encore inconnue. Mais, lorsqu'il s'agit de l'origine de lacs plus grands et plus profonds, comme ceux de la Suisse et du Nord de l'Italie, ou de mers intérieures d'eau douce, comme celle du Canada, on découvrira que la glace n'a joué probablement qu'un rôle secondaire, comparé à celui de ces mouvements qui ont produit graduellement des changements de niveau sur l'enveloppe du globe.

(1) *Principes de Géologie*, vol. I, 11^e édit. p. 532. 1872.

PÉRIODE TERTIAIRE OU CAINOZOÏQUE

CHAPITRE XIII

PÉRIODE PLIOCÈNE.

Formations glaciaires de l'âge Pliocène. — Lits de Bridlington. — Terrains de transport glaciaires d'Irlande. — Drift des falaises de Norfolk. — Lit forestier de Cromer. — Lits d'Aldeby et de Chillersford. — Crag de Norwich. — Couches du Vieux Pliocène. — Crag rouge du Suffolk. — Lit à coprolites du Crag Rouge. — Crag blanc ou Corallin. — Age, origine et climat relatifs des dépôts du Crag. — Crag d'Anvers. — Couches du Nouveau Pliocène en Sicile. — Couches du Nouveau Pliocène du Val Supérieur de l'Arno. — Vieux Pliocène d'Italie. — Couches Subapennines. — Flore du Vieux Pliocène d'Italie.

On a pu voir par la description que j'ai donnée dans le dernier chapitre des formations Pleistocènes des îles Britanniques, que ces dépôts comprennent une grande partie de ceux que l'on appelle ordinairement glaciaires et dont les coquilles caractéristiques, quoique se rapportant à des espèces vivantes, indiquent le plus souvent un climat plus froid que celui qui règne aujourd'hui dans les latitudes où on les rencontre à l'état fossile. Cependant, dans certaines parties de l'Angleterre, et plus spécialement dans les comtés d'York, de Norfolk et de Suffolk, il existe des formations superficielles d'argile avec transports glaciaires, composés de sable et de cailloux, qui renferment parfois, quoique rarement, des amas de coquilles dans lesquels la faune marine commence à différer de celle qui existe actuellement dans la mer voisine, et

qui ressemble à celle du Crag que nous allons décrire. Ces assemblages contiennent des espèces de mollusques que l'on n'a pas encore trouvés vivants, ainsi que d'autres variétés éteintes de la même classe, qui nous autorisent à les rapporter au Nouveau Pliocène, bien qu'ils appartiennent à la fin de cette période, et, chronologiquement, au commencement de la période plus récente ou Pleistocène.

Terrain de transport ou Drift de Bridlington.

— C'est à la dernière partie de cet âge qu'appartiennent certains dépôts que l'on trouve dans la localité bien connue de Bridlington, située dans le Yorkshire, près de l'embouchure de l'Humber, par 54° de latitude Nord. On a recueilli sur la côte, presque au niveau de la mer, cinquante-neuf espèces de variétés bien marquées de coquilles, dans un lit de sable de plusieurs mètres d'épaisseur, et qui reposait sur de l'argile glaciaire remplie de débris de craie; il était recouvert par un dépôt d'argile pourpre avec cailloux glaciaires. Plus du tiers des espèces appartenant à ce transport habitent actuellement les régions arctiques; elles sont inconnues dans les mers Britanniques, à l'exception de dix seulement que l'on rencontre dans le Sud. Cinq espèces, ou variétés bien marquées, sont connues comme vivantes; ce sont : *Trophon-Leckenbyi*, *Pleurotoma-Dowsoni*, *P. Robusta*, *Nucula Cobboldiæ* et *Tellina Obliqua* (fig. 123, p. 287). M. Searles Wood est porté à regarder la *Nucula Cobboldiæ* (fig. 122, p. 287), qui ne se trouve aujourd'hui ni dans les mers d'Europe, ni dans l'Atlantique, comme spécifiquement distincte d'une coquille étroitement alliée qui habite actuellement les eaux de l'île Vancouver, et que certains conchiliologistes considèrent comme une variété. La *Tellina Obliqua* se rapproche aussi beaucoup d'une coquille qui vit maintenant au Japon.

Drift glaciaire d'Irlande. — Le terrain de transport marin contenant la *Nucula* que nous venons de citer et d'autres coquilles glaciaires, atteint, près de Three Rock Mountain, au sud-est de Dublin, une épaisseur de 300 à 360 mètres; ces coquilles sont très-communes dans le comté de Vexford, au sud de Dublin. Cette formation a déjà fourni plus de quatre-vingts espèces. La grande élévation où l'on trouve ces coquilles, et celle encore plus

grande où la surface des roches se montre, dans les régions montagneuses de l'Irlande, polie et striée par l'action glaciaire, ont conduit les géologues à penser que cette île a été presque totalement submergée, de même que la plus grande partie de l'Irlande et de l'Ecosse, après qu'elle eut été réunie au continent d'Europe, d'où elle a pris les plantes et les animaux qui l'habitent aujourd'hui. La conversion en archipel de cette partie et d'autres de la Grande-Bretagne a été suivie d'un nouvel exhaussement de la terre ferme et d'une seconde période continentale. Après tous ces changements, l'Irlande aurait été définitivement séparée de la Grande-Bretagne, et l'on suppose que cet événement a précédé l'ouverture du détroit du Pas-de-Calais (1).

Terrain de transport des falaises du Norfolk et du Suffolk. — Il existe dans ces falaises composées principalement de débris de craie blanche et de silex, des dépôts d'argile caillouteuse et de till, qui, suivant M. Searles Vood, junior, et Harmer, sont plus anciens que le Drift ou transport de Bridlington. Toutes les coquilles contenues dans ces dépôts, à l'exception de *Tellina Balticha*, *Trophon mediglacialis* et *T. Billockbiensis* sont communes au Crag Rouge et à celui de Norwich. La *Tellina Balthica* (*T. Solidula*) fig. 119, qui est ici abondante, se trouve à

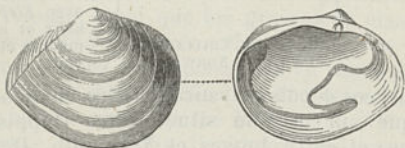


Fig. 119. — *Tellina balthica* (*T. solidula*).

l'état fossile à Bridlington et vivante dans les mers d'Angleterre, mais elle manque complètement dans toutes les formations, même les plus récentes, telles que le Crag que nous allons décrire. Comme ces terrains de transport sont pour la plupart dépourvus de débris fossiles, leur classification est pour l'instant sujette à une grande incertitude ; mais afin d'aider l'étudiant en géologie, je donne ici un

(1) Voir *Antiquité de l'homme*, chap. xiv.

tableau que j'ai dressé pour la dernière édition de l'*Antiquité de l'homme* (1873) et qui montre autant que possible la position relative de ces terrains.

Formations Glaciaires et Post-Glaciaires faisant suite au Lit-Forestier (Forest-Bed) de Cromer.

	Dépôts marins.	Dépôts terrestres et d'eau douce.
PLEISTOCÈNE		Dépôts d'Hoxne d'eau douce, avec ustensiles Paléolithiques et lits de Mundesley, avec écailles de poissons, insectes, etc.
	GLACIAIRE SUPÉRIEUR Lits de Bridlington. Argile crayeuse avec cailloux.	Couches de lignite avec plantes arctiques, <i>Salix Polaris</i> et <i>Hypnum turgescens</i> . Lit forestier de Cromer, avec <i>Elephas meridionalis</i> et autres mammifères éteints et vivants.
	GLACIAIRE MOYEN. Sables du Glaciaire Moyen.	
	GLACIAIRE INFÉRIEUR.	
NOUVEAU PLIOCÈNE	Drift contourné. Till des falaises de Cromer. Sables à galets de Bure Valley et Westleton (1),	
	CRAG DE CHILLESFORD ET DE NORWICH.	

Nulla part ces dépôts ne sauraient être étudiés avec plus de fruit que sur la côte située entre Happisburgh et Weybourne, et entre Lowes et Yarmouth. Des falaises verticales, quelquefois de 60 mètres et plus de hauteur, y sont mises à nu sur une longueur de plusieurs kilomètres, et l'on y voit à leur base la craie avec silex affleurer en couches presque horizontales. Entre Happisburgh et Weybourne, le till est souvent contourné d'une façon

(1) M. Searles Wood, jun., et M. Harmer, qui ont déterminé les relations de ces couches, les placent, à cause de la présence de la *Tellina balthica*, à la base du Glaciaire Inférieur; mais elles sont si étroitement alliées au Crag de Norwich, qu'il me paraît préférable de les maintenir au rang de formation intermédiaire, comme je l'ai fait dans les éditions précédentes.

étrange, et enveloppe des masses énormes, ou erratiques de craie avec couches de silex, placées verticalement. J'ai mesuré l'un de ces blocs, en 1839, à Sherringham (1), et j'ai trouvé qu'il avait 24 mètres dans son plus long diamètre; depuis lors il a été emporté par les vagues de la mer. Au-dessous, dans la base crayeuse, les couches de silex étaient horizontales. Ces erratiques ont été évidemment transportés en bloc de leur lieu d'origine, probablement par la même force glaciaire qui a poli et strié les fragments granitiques et autres, parfois de 1^m80 de diamètre, qui se trouvent également enfouis dans le terrain de transport.

Lit forestier de Cromer. — Entre ces formations glaciaires et la craie sous-jacente se trouve ce que l'on a appelé le lit forestier de Cromer (*Cromer forest-bed*). Cette forêt enfouie a été suivie, depuis Cromer jusqu'aux environs de Kessingland, sur une distance de 65 kilomètres, et elle se montre à nu, dans certaines saisons, entre les hautes et basses eaux. C'est le reste d'une ancienne terre ferme et d'un dépôt d'estuaire; je l'ai vue en 1830 et elle contient les troncs submergés d'arbres debout avec leurs racines plongeant dans l'ancien sol. Des couches de lignite avec coquilles d'eau douce d'espèces récentes, et de l'argile feuilletée sans fossiles, sont associés à ces troncs d'arbres et les recouvrent. A travers le lignite et le lit forestier, sont disséminées des pommes de pin et de sapin d'Ecosse, ainsi que les graines de plantes récentes et les ossements d'au moins vingt espèces de mammifères terrestres. Parmi ces espèces, on en remarque deux d'éléphant, *E. Meridionalis*, Nesti, et *E. Antiquus*, déjà trouvés dans les couches du Nouveau Pliocène du Val d'Arno, près de Florence. Ces restes d'animaux sont accompagnés de ceux de l'*Hippopotamus major*, et *Rhinoceros etruscus*, aussi obtenus dans le Val d'Arno, d'un grand nombre d'espèces de daims que M. Boyd Dawkins considère comme caractéristiques de contrées chaudes, et enfin d'une espèce de cheval, du castor et du mulot. La moitié de ces mammifères ont disparu, et les autres se trouvent encore vivants en Europe. La végétation, prise séparément, n'implique

(1) Voir un mémoire de l'auteur, *Philosophical Magazine*, n° 104. Mai 1840

pas une température plus élevée que celle qui règne actuellement dans les îles Britanniques. La forêt a dû subir un abaissement de 120 à 150 mètres, et puis un rehaussement de la même étendue pour que l'ancienne surface de craie qui recouvrait le sol dans lequel a poussé la forêt, ait pu être couverte d'une couche de transport de plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur et d'une hauteur suffisante pour rendre les arbres visibles au niveau actuel. Quoique l'ancienneté du lit forestier, par rapport au till glaciaire sus-jacent, soit tout à fait évidente, il y a divergence d'opinions au sujet de la relation de ce même lit avec le Crag que nous allons décrire.

Lits de Chillesford et d'Aldeby. — C'est dans les comtés de Norfolk, de Suffolk et de l'Essex que l'on obtient les renseignements les plus précieux sur les couches du Pliocène, anciennes ou récentes, des îles Britanniques. Le mot *Crag* désigne particulièrement dans ces contrées ces masses de sable coquillier qui sont employées depuis longtemps en agriculture pour fertiliser les sols pauvres en calcaires. A Chillesford, entre Woodbridge et Aldboroug, dans le Suffolk, et à Aldeby, près de Beccles, dans le même comté, on rencontre des dépôts stratifiés, qui paraissent plus anciens que tous les terrains de transport, dont nous avons parlé, du Yorkshire, du Norfolk et du Suffolk. Ils se composent dans les deux localités, de sables jaunes et d'argiles feuilletées contenant beaucoup de mica; ils forment des lits horizontaux d'environ 6 mètres d'épaisseur. MM. Prestwich et Searles Wood, senior, lorsqu'ils décrivent pour la première fois ces couches, firent remarquer que les coquilles, dans leur ensemble, indiquent un climat plus froid que celui du Crag Rouge; mais M. Wood, ainsi que nous l'expliquons page 249, est aujourd'hui d'avis que le Crag Rouge n'appartient pas tout entier à une seule et même époque; il pense que la faune des parties les plus récentes de cette formation indique, sur certains points, comme à Butley et Boyton, un climat froid, semblable à celui des couches de Chillesford et Aldeby. On a trouvé à Chillesford, dans la partie supérieure des argiles feuilletées, le squelette d'une baleine associé aux moules des coquilles caractéristiques, *Nucula Cobboldiæ* et *Tellina obliqua*, qui n'ha-

bitent plus, ainsi que nous l'avons dit, nos mers et qui sont des variétés, sinon des espèces, éteintes. On rencontre les mêmes coquilles parfaitement conservées dans la partie inférieure de la formation. La *Natica helicoïdes* (fig. 120) fournit l'exemple d'une espèce d'abord connue seulement à l'état fossile, mais que l'on a trouvée depuis vivante dans nos mers.

A Aldeby, MM. Crowfoot et Dowson ont maintenant obtenu soixante-six espèces de mollusques, comprenant



Fig. 120.
Natica helicoïdes.
Johnston.

celles de Chillesford et quelques autres.

Sur ce nombre, dix-neuf sont récentes.

Elles sont dans un parfait état de conservation et indiquent clairement un climat

froid, car on en rencontre actuellement

les deux tiers dans les régions arctiques.

En règle générale, les mollusques lamel-

libranches ont les deux valves unies, et

beaucoup d'entre eux, tels que *Mya arenaria*, sont debout avec leur extrémité siphonoïde tournée vers le haut, comme

s'ils étaient vivants. La *Tellina balthica* (fig. 119), que nous avons déjà mentionnée comme caractéristique des

couches glaciaires comprenant le terrain de transport de Bridlington, n'a pas encore été trouvée dans les dépôts

de même date que ceux de Chillesford et d'Aldeby, pas plus à Sudbourn, Easton Bavent, Horstead, Coltishall,

Burgh, que dans les lits qui recouvrent le Crag de Norwich propre à Bramerton et Thorpe.

Crag de Norwich ou fluviomarin. — On le rencontre surtout dans les environs de Norwich, et il consiste en lits de sables incohérents, de limon et de gravier qui sont mis à nu sur les deux rives de la Yare,

comme, par exemple, à Bramerton et Thorpe. Comme ces lits contiennent un mélange de coquilles marines, terrestres et d'eau douce, avec des os de poissons et de mam-

mifères, il est clair qu'ils se sont accumulés sur le fond de la mer près de l'embouchure d'une rivière. Ils forment

des lambeaux, reposant sur la craie blanche et d'une épaisseur qui excède rarement 6 mètres. A leur jonction

avec la craie intervient invariablement un lit appelé *lit pierreux*, qui se compose de silex de la craie non rou-

lés, ordinairement très-volumineux, mêlés à des débris

d'une faune terrestre comprenant *Mastodon arvernensis*, *Elephas meridionalis* et une espèce éteinte de daim. Le Mastodonte, qui est une espèce caractéristique des couches Pliocènes d'Italie et de France, est le fossile qui abonde le plus dans ce dépôt, et que l'on ne rencontre pas dans la forêt de Cromer ci-dessus mentionnée. Lorsque ces silex furent submergés, probablement après avoir été longtemps exposés à l'air, ils se trouvaient couverts de cirrhipodes, et la craie était perforée à sa surface par la *Pholas crispata*, dont la coquille fossile qui est restée au



Fig. 121. — *Mastodon arvernensis* : Troisième molaire de lait, côté gauche de la mâchoire supérieure; surface de broiement, grandeur naturelle. Crag de Norwich, Postwich; trouvé aussi dans le Crag Rouge, voir p. 241.

fond du trou cylindrique qu'a formé l'animal, se trouve maintenant remplie de sable provenant du Crag susjacent. Cette espèce de Pholade existe encore aujourd'hui, et perfore les roches, dans le temps qui s'écoule entre les marées, sur la côte des îles Britanniques. On a souvent qualifié cette formation de *fluvio-marine* parce qu'on y a trouvé jusqu'à vingt espèces de coquilles terrestres et d'eau douce. Toutes ces coquilles appartiennent à des espèces vivantes; une seule, tout au plus, et c'est encore très-douteux, l'univalve *Paludinata*, pourrait être regardée comme éteinte.

Sur les 112 coquilles marines, 17 pour cent sont éteintes, d'après l'estimation la plus récente de M. Searles

Wood, donnée dans son *Supplément aux Mollusques du Crag* ; mais, pour des raisons que nous allons expliquer, ce pourcentage doit être considéré comme simplement provisoire. Sachons bien, en effet, que la proportion des coquilles récentes serait augmentée si, comme nous l'avions fait, M. Woodward et moi, on avait compris dans la série de Norwich, les lits tout à fait supérieurs de Bramerton, près de Norwich, qui appartiennent à la division Chillesford ou la plus moderne du Crag. Les coquilles arctiques, qui entrent pour une si grande part dans les couches de Chillesford et d'Aldeby, sont plus rares dans le Crag de Norwich, quoiqu'on y rencontre plusieurs espèces septentrionales, telles que *Rhynchonella psittacea*, *Scalaria Grœnlandica*, *Astarte borealis*, *Panopæa Norwegica* et autres. On y trouve aussi en assez grand nombre *Nucula Cobboldiæ* et *Tellina obliqua*, déjà mentionnées (figs. 122 et 123, p. 237), et enfin les coquilles *Littorina littorea*, *Cardium edule* et *Turritella communis* de nos mers, qui prouvent l'origine littorale de ces couches.



Fig. 122. — *Nucula Cobboldiæ*.



Fig. 123. — *Tellina obliqua*.

COUCHES DU VIEUX PLIOCÈNE

Crag rouge. — Parmi les couches Pliocènes d'Angleterre, la suivante par ordre d'ancienneté est le Crag Rouge, qui souvent repose immédiatement sur l'argile de Londres, comme cela arrive dans le comté d'Essex, ainsi que le montre la figure ci-jointe.

Le Crag Rouge se rencontre surtout dans le comté de Suffolk, il a rarement plus de 6 mètres d'épaisseur, et recouvre quelquefois un autre dépôt Pliocène, le Crag Corallin, dont nous parlerons dans la suite. Il a fourni,

outre les 87 espèces, regardées comme dérivées par M. Wood, 248 espèces de mollusques, dont 69 ou 27 pour cent sont éteintes. La faune s'écarte tellement de celle de

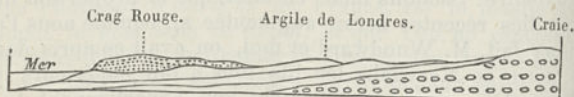


Fig. 124.

nos mers, qu'il suffirait de cette preuve, celle tirée de son ordre de superposition mise à part, pour démontrer que ce dépôt est beaucoup plus ancien que les couches glaciaires de Norwich et autres que nous avons déjà décrites. On remarquera aussi que dans la plupart de ces lits, les formes septentrionales du Crag de Norwich et des formations glaciaires analogues à celle de Bridlington, sont moins nombreuses, tandis que les formes d'aspect plus méridional commencent à faire leur apparition. Le Crag Rouge se reconnaît à la couleur ferrugineuse foncée ou ocreuse de ses sables et de ses fossiles, particularité à laquelle il doit son nom ; ses coquilles sont souvent roulées et quelquefois même triturées ; ses couches ressemblent beaucoup à des bancs de sable mouvants, analogues à ceux qui se forment actuellement sur le Dogger Bank, dans la mer, à 95 kilomètres environ à l'est de la côte du Northumberland. La stratification s'y montre presque toujours croisée, et les plans des strates sont quelquefois dirigés vers deux points opposés de l'horizon, dans des lits immédiatement superposés. Cette structure n'est point une fausse apparence, due à quelque arrangement subséquent des particules concrétionnées ou à de simples bandes de couleur, car chaque couche est composée de fragments aplatis de coquilles qui sont disposés parallèlement aux plans des plus petites couches.

On a longtemps supposé que les différents lambeaux du Crag Rouge ne sont pas tous du même âge, quoiqu'on ne puisse fixer leurs rapports chronologiques au moyen de la superposition. Les masses distinctes sont caractérisées par des coquilles spécifiquement différentes ou d'une abondance relative très-variable, de manière à impliquer que les dépôts qui contiennent ces fossiles

n'ont pas été formés en même temps. A Butley, Tunstall, Sudbourn, et dans le Crag Rouge de Chillesford, les mollusques semblent avoir pris leur aspect le plus moderne, quand le climat était plus froid qu'à l'époque où furent formés les dépôts les plus anciens de la même période. A Butley, on rencontre la *Nucula Cobboldiæ*, si commune dans les couches de Norwich et dans certaines formations glaciaires, mais inconnue dans les parties anciennes du Crag Rouge. D'autre part, à Walton-on-the-Naze, dans l'Essex, la plus ancienne phase du Crag Rouge semble avoir exposé toutes ses richesses fossiles, et le pourcentage des formes éteintes y est presque aussi élevé que dans le Crag Corallin ; la *Purpura tetragona* (fig. 125)



Fig. 125.
Purpura tetragona,
Sow., grandeur naturelle.

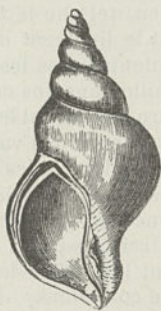


Fig. 126.
V. Lamberti, Sow. Variété
caractéristique du Crag
de Suffolk. Pliocène.



Fig. 127.
Voluta Lamberti.
individu jeune,
Crag Rouge et Crag
Corallin.

y est très-abondante. L'indication d'un climat plus chaud paraît être aussi fournie dans le Crag de Walton, non-seulement par l'absence de la plupart des formes arctiques qui sont communes dans les portions plus récentes du Crag Rouge, mais aussi par la présence en grand nombre de quelques mollusques qui vivent actuellement dans les mers des îles Britanniques et dans la Méditerranée. La *Voluta Lamberti* (voir figs. 126 et 127), forme éteinte, qui paraît avoir surtout prospéré dans la période antérieure du Crag Corallin, se trouve aussi représentée dans ce dépôt par des individus de tous les

âges. Une forme étroitement alliée à cette espèce du Crag, la *Voluta Junonia*, Chem., fut recueillie par la drague, en 1860, à une profondeur de 250 brasses, dans le Gulf Stream, en vue de la côte Américaine (1).

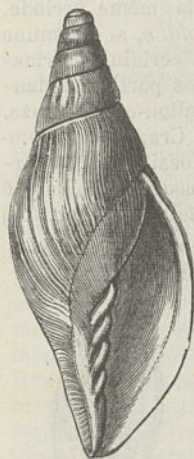


Fig. 128.

Trophon antiquum. Mill.
(*Fusus contrarius*)
moitié grandeur naturelle

La forme renversée (fig. 128) est commune à Walton, tandis que la forme dextre de cette coquille y est inconnue. On trouve aussi dans cette localité de nombreux spécimens de mollusques lamelibranches, avec les deux valves unies, montrant ainsi qu'ils ont appartenu à cette mer du Crag Supérieur, et qu'ils n'y ont pas été entraînés par les eaux d'un lit plus ancien, tel que le Corallin, car autrement le ligament eût été incapable de maintenir unies les deux parties de la coquille dans des couches où l'on rencontre si souvent les signes de l'action tumultueuse des vagues. Ces échantillons à valves unies sont toutefois assez rares, et M. Searles Wood, après de soigneuses recherches, n'a découvert que treize espèces en ce parfait état, parmi lesquelles la *Maetra ovalis* est seule commune.

A la base et à proximité du Crag Rouge se trouve une couche meuble de nodules brunâtres qui ont été signalées pour la première fois, par le Professeur Henslow, comme contenant une grande proportion de phosphates terreux. Ce lit de coprolites (ainsi qu'on l'appelait parce qu'on l'avait pris à l'origine pour un amas d'excréments animaux), ne se rencontre pas toujours au même niveau, mais on le trouve généralement en très-grande quantité à la jonction du Crag et de la formation sous-jacente. Son épaisseur varie ordinairement entre 15 et 45 centimètres, et s'élève, dans quelques cas rares, à plusieurs décimètres. Il a été largement exploité et utilisé en agriculture comme engrais, parce que non-seulement les nodules,

(1) Louis Agassiz, *Bulletin du Museum de Zoologie Comparée*. 1869, p. 268.

mais encore les divers ossements qui leur sont associés, sont imprégnés d'une forte proportion de phosphate de chaux qui s'élève quelquefois jusqu'à 60 p. 100. Ces nodules sont assez souvent couverts de cirrhopodes, ce qui prouve qu'ils ne se sont pas solidifiés dans les strates où ils sont actuellement enfouis, mais qu'ils étaient déjà auparavant à l'état concrétionné. Ces couches renferment des débris organiques de plusieurs formations plus anciennes; on y trouve les dents du *Mastodon arvernensis* Pliocène, et des débris de dépôts Miocènes, tels que ceux du *Rhinoceros Schleiermacheri*, *Tapirus priscus*, *Hipparion* (quadrupède de la famille cheval), des andouillers d'un jeune cerf, *Cervus anoceros*, et une grande partie du crâne d'un animal marin, du genre *Halitherium*, récemment déterminé par M. Flower dans la collection du Rév. H. Canham de Waldringfield, et nommé par lui *H. Canhami*. L'échantillon offre beaucoup de parenté avec le *H. Schinzi*, Kaup, du Miocène du bassin de Mayence, forme actuellement représenté par le Manatee ou veau marin et le Dugong.

Les nodules phosphatés contiennent souvent des crustacés fossiles et des poissons de l'argile Eocène de Londres, ainsi que des dents de requins gigantesques et des os d'oreillés de baleines. On y rencontre aussi des débris organiques de la craie plus ancienne et du lias, qui montrent combien a été considérable la dénudation des formations antérieures, pendant la période Pliocène. Comme le crag blanc plus ancien, dont nous allons parler, renferme près de sa base de semblables nodules de phosphate de chaux, il se peut que ceux du Crag Rouge proviennent en partie de cette source.

Crag blanc ou corallin. — Le Crag inférieur, ou Corallin, occupe une étendue très-limitée, 32 kilomètres de long sur 5 ou 6 de large, entre les rivières Stour et Alde dans le Suffoik. Généralement calcaire ou marneux, il se présente souvent sous la forme d'une masse de coquilles brisées, de débris de polyzoaires (ou bryozoaires) (1),

(1) Ehrenberg a proposé, en 1831, le mot *Bryozoum*, ou *Animal-mousse* pour désigner la forme molluscoïde ou ascidiennne des polypes, caractérisés par deux ouvertures du sac digestif, comme les *Eschara*, *Flustra*, *Leptopora* et autres zoophytes vulgairement compris dans les coraux.

et passe accidentellement à une pierre tendre, propre aux constructions. A Sudbourn et Gedgrave, près d'Oxford, il forme de puissantes carrières de cette pierre à bâtir qui ont été largement exploitées. Sur quelques points du voisinage, on trouve, intercalés dans la masse tendre, du calcaire dur en plaques minces et des polyzoaires conservant encore la position verticale qu'ils avaient à l'état vivant. C'est de l'abondance de ces polyzoaires ou mollusques coralloïdes que le Crag Blanc ou Inférieur a tiré son nom vulgaire de Crag Corallin; mais les véritables coraux, ou zoanthaires, comme on les définit aujourd'hui, sont très-rares dans cette formation.

Le Crag Corallin atteint rarement, si même jamais, une épaisseur de 9 mètres dans une seule section. D'après M. Prestwich, qui plus que tout autre écrivain a fait connaître la géologie du Crag, si l'on réunissait toutes les couches trouvées dans diverses localités suivant l'ordre probable de succession, elles auraient une épaisseur de plus de 25 mètres (1). Mais M. Searles Wood ne croit pas à la possibilité d'établir cette succession chronologique par le moyen des restes organiques, et met en doute qu'on puisse obtenir la preuve d'une épaisseur aussi considérable. Je n'ai pu me former une opinion satisfaisante à ce sujet, quoiqu'il m'ait été donné de voir à Oxford, et surtout aux environs de cette localité, à Gedgrave, un grand nombre de puits où les coupes avaient été faites à travers ce Crag. Ces puits sont si peu reliés entre eux, et se montrent d'une étendue si limitée, qu'il n'est pas possible d'obtenir une section continue d'une certaine longueur, et de se faire, par conséquent, quelque idée précise de l'épaisseur du dépôt. A Sutton, on a rencontré à la base de la formation, un lit de nodules phosphatés, tout à fait semblables à ceux que nous avons signalés dans le Crag Rouge, ainsi que des débris de mammifères.

Sur tous les points où le Crag Rouge et le Crag Corallin se trouvent dans le même district, le Crag Rouge est supérieur; et dans certains cas, par exemple dans la coupe

mais aujourd'hui classés parmi les mollusques par les naturalistes. Cependant le terme *Polyzoum*, synonyme de *Bryozoum*, a été, je crois, proposé en 1830, ou l'année auparavant, par M. J.-V. Thompson.

(1) *Quart. Géol. Journ.*, vol. XXVII, p. 325. 1871.

représentée fig. 129, que j'ai eu l'occasion de voir à nu en 1839, il est évident que la masse *b*, plus ancienne, ou Crag Corallin, a subi une dénudation, avant d'avoir été

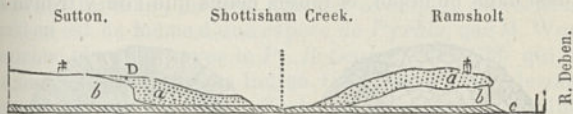


Fig. 129. — Coupe près de Wooldbrige, Suffolk.
a. Crag Rouge. — *b.* Crag Corallin. — *c.* Argile de Londres.

recouverte par la formation plus nouvelle *a*. En D on observe un escarpement distinct de Crag Corallin, de 2 ou 3 mètres de haut, qui se dirige N.-E. et S.-O., et reçoit les couches horizontales du Crag Rouge; cet escarpement est en surplomb, et la roche qui le constitue est perforée sur toute son étendue par les pholades; les trous ont été plus tard remplis de sable et recouverts par les nouvelles couches qui s'y sont déposées au-dessus. La formation plus ancienne doit s'être accumulée, comme on le voit d'après la nature des fossiles, dans une mer plus profonde, et renferme très-peu de ces formes littorales telles que le lepas, *Patella*, que l'on trouve dans le Crag Rouge. Une dénudation aussi considérable n'a pu s'accomplir au sein de matières aussi incohérentes, sans qu'un certain nombre de fossiles des couches inférieures ne se soient mêlés avec le Crag Rouge sus-jacent; aussi le paléontologiste éprouve-t-il parfois une sérieuse difficulté à décider si les espèces appartiennent à l'un des groupes ou à tous les deux.

M. Searles Wood porte à 396 le nombre total des mollusques testacés marins du Crag Corallin, sur lesquels 144, ou 36 pour 100 ne sont pas connus à l'état vivant. On a trouvé jusqu'à 130 espèces de polyzoaires dans le Crag Corallin; et, quelques-unes, appartenant à des genres inconnus dans la création vivante, montrent une structure tout à fait particulière; tel est celui qui est représenté dans la figure 130; c'est l'une des espèces nombreuses à forme globulaire. Parmi les testacés, le genre *Astarte* (fig. 131) est largement représenté, on en connaît jusqu'à quatorze espèces dont plusieurs sont riches en indivi-

pus. On remarque l'absence des genres particuliers aux climats chauds, tels que *Conus*, *Oliva*, *Fascolaria*, *Grasatella*, et autres. Les grandes coris (*Cyprea*) manquent aussi dans ce dépôt, et toutes celles que l'on y trouve ap-

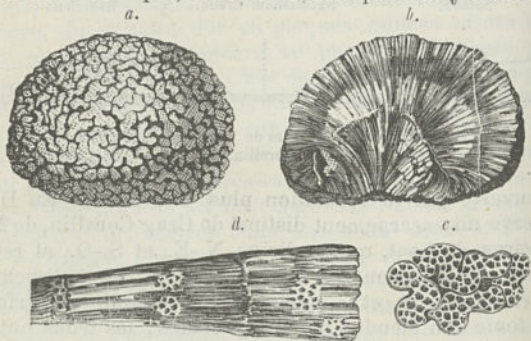


Fig. 130. — *Fascicularia aurantium*, Milne Edwards; Famille *Tubutiporidae*, du même auteur.

Polychaïres d'un genre éteint, du Crag Corallin ou inférieur. Suffolk.

a. Extérieur. b. Section verticale de l'intérieur. c. Portion de l'intérieur grossie. d. Portion de l'intérieur grossie, montrant qu'il est formé de tubes longs, minces et étroits, réunis en faisceaux coniques.

partiennent exclusivement à la catégorie *Trivia*. La grande volute, appelée *Volula Lamberti* (fig. 126, p. 239) semblerait une exception; mais elle diffère par la forme des volutes de la zone torride, et sa très-proche parente, *Volula Junonis*, a été retirée par la drague (comme nous l'avons dit p. 240) dans le Gulf Stream, sous des latitudes extra-tropicales.

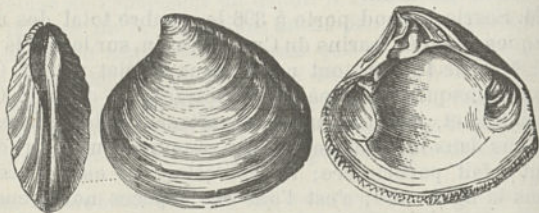


Fig. 131. — *Astarte Omalii*, Laj., espèce commune au Crag Supérieur et au Crag Inférieur.

La présence à Sutton d'une espèce de *Lingula* (voir fig. 132) est digne de remarque, car ces sortes de *Brachiopodes* semblent aujourd'hui confinés à des latitudes plus équatoriales ; on peut affirmer avec plus de certitude qu'il en est de même d'une espèce de *Pyrula*, que M. Wood suppose identique avec le *P. Reticulata* (fig. 133) qui vit aujourd'hui dans l'Océan Indien. Un genre d'échinodermes, appelé par le Professeur Forbes *Temnechinus* (fig. 134),



Fig. 132

Lingula Dumortieri,
Nyst.; Crag du Suffolk
et d'Anvers.



Fig. 133.

Pyrula reticulata, Lam.;
Crag Corallin, Ramsholt.



Fig. 134.

Temnechinus excavatus,
Forbes. *Temnopleurus*
excavatus, Wood; Crag
Corallin, Ramsholt.

est commun au Crag Rouge et au Crag Corallin de Suffolk ; on ne l'avait pas encore trouvé vivant jusqu'à ce jour, mais il a été mis en lumière, comme forme existante, par les dragages en mer profonde qui ont été pratiqués dans une reconnaissance faite aux Etats-Unis, en vue de la Floride, à une profondeur de 55 à 145 mètres, et plus récemment (1869) dans les mers Britanniques, pendant les explorations du vaisseau le Porcupine (*Porcupine*).

Climat des dépôts du Crag. — Nous devons au Professeur E. Forbes l'une des conclusions les plus intéressantes qu'on puisse tirer d'une comparaison attentive des coquilles des couches du Pliocène Anglais, avec la faune de nos mers actuelles. Il paraîtrait que, durant la période Glaciaire, période intermédiaire, comme nous l'avons vu, entre celle du Crag et celle de nos jours, plusieurs coquilles, d'abord établies dans la zone tempérée, se retirèrent vers le Sud pour fuir un climat qui ne leur convenait plus. On les a trouvées à l'état fossile dans les couches du Nouveau Pliocène de Sicile, Italie mé-

ridionale, et dans l'Archipel Grec, où elles ont pu jouir pendant l'ère des glaces flottantes, d'un climat analogue à celui qui prédomine aujourd'hui dans les hautes latitudes d'Europe (1). Le professeur Forbes donne la liste de cinquante coquilles qui habitaient les mers Britanniques lors de la formation des Crag Rouge et Corallin et qui, bien que vivant aujourd'hui dans nos mers, manquent toutes, d'après les connaissances actuelles, dans les dépôts glaciaires. On a rencontré plus tard quelques-unes de ces espèces, bien rares, dans le transport glaciaire, mais cette découverte n'affaiblit nullement la conclusion générale de Forbes. Cette manière de voir est parfaitement soutenue par M. Searles Wood dans les conclusions de son *Supplément aux mollusques du Crag* (2), où il fait remarquer comment les changements géographiques, produits par l'affaissement du sol qui accompagna la période Glaciaire, ont pu altérer la ligne de côtes, fermant une communication ancienne avec la Méditerranée, et en ouvrant temporairement une nouvelle avec les mers Scandinaves (3).

Le transport des blocs par la glace, lorsque le Crag Rouge était en voie de formation, me paraît démontré par les silex de la craie que l'on trouve dans les couches exploitées pour les nodules de phosphate, à Foschall, situé à 7 kilomètres environ sud-est d'Ipswich. Ces silex, en effet, sont énormes, irréguliers, non arrondis; ils sont recouverts de leur croûte blanche, et mesurent en largeur six décimètres sur quarante-cinq centimètres. Ils doivent avoir été transportés tranquillement en cet endroit par la glace flottante. M. Prestwich dit aussi avoir rencontré un gros bloc de porphyre à la base du Crag Corallin, à Sutton; il indiquerait que l'action glaciaire a commencé dans nos mers, même dans cette période ancienne. Le froid semble avoir été en augmentant depuis l'époque du Crag Corallin jusqu'à celle du Crag de Norwich; il serait devenu de plus en plus rigoureux, peut-être avec des oscillations de température, et aurait atteint son maximum dans la période qu'on a appelée Glaciaire, c'est à dire à la

(1) E. Forbes, *Mem. Geol. Survey, Gt Brit.* Vol. I, p. 386.

(2) Palæontographical Society, 1873.

(3) Pour plus ample discussion du climat du Crag, voir *l'Antiquité de l'homme*, 4^e édition. 1873, pp. 248-253.

fin du Nouveau Pliocène et aux époques Pleistocènes.

Rapports de la faune du Crag avec celle des mers récentes. — Le plus grand nombre des espèces marines récentes que l'on rencontre dans les diverses formations du Crag habitent encore les mers Britanniques; mais elles varient considérablement par leur abondance relative : quelques coquilles les plus communes du Crag sont aujourd'hui excessivement rares, par exemple, le *Buccinum Dalei*; d'autres qu'on ne trouve que rarement à l'état fossile sont au contraire très-communes : telles sont le *Murex erinaceus* et le *Cardium echinatum*. Parmi quelques espèces aussi, dont l'identité avec les espèces vivantes n'a été contestée par aucun conchyliogiste, on peut cependant distinguer des variétés que l'on reconnaît soit à de légères déviations de la forme-type, soit à des différences de dimension s'écartant de la moyenne. Depuis que M. Searles Wood a décrit pour la première fois les testacés marins des Crags, les additions faites à cette faune fossile ont été certainement considérables, mais elles sont loin d'avoir autant d'importance que les connaissances acquises, dans le même temps, relativement aux testacés vivants des mers Britanniques et Arctiques, et de la Méditerranée. Ces résultats ont permis au naturaliste d'identifier avec les espèces existantes un grand nombre de formes que l'on supposait auparavant éteintes. Les dragages récents faits avec tant de soin dans les mers profondes par M. Gwyn Jeffreys et ses collaborateurs ont fait découvrir quelques espèces de coquilles Méditerranéennes qui sont encore à l'état vivant dans les abîmes de l'Océan, et que l'on regardait auparavant comme des membres éteints de la faune du Crag Corallin. Mais malgré ce résultat qu'on pourrait appeler la ressuscitation de quelques rares formes fossiles, M. Searles Wood ne voit pas qu'il découle de ce fait une différence appréciable dans le pourcentage qu'il a donné des formes que l'on ne trouve plus à l'état vivant. Toutefois de semblables généralisations doivent toujours être subordonnées aux limites que les naturalistes ont assignées aux termes *espèce* et *variété*.

Dans le supplément de sa remarquable monographie que nous avons déjà citée, M. Wood a donné les figures et les descriptions complètes des coquilles de tout âge

Dalei

appartenant au Crag Anglais. On trouve dans cet ouvrage les listes de toutes les coquilles, dont nous donnons un sommaire dans le tableau ci-joint.

En commençant par les lits tout à fait supérieurs ou de Chillesford, on verra qu'environ 15 pour 100 des coquilles de ce dépôt sont éteintes ou inconnues à l'état vivant, tandis que dans les couches de Norwich qui viennent après, en descendant, il y en a 16 pour 100 d'éteintes. Autrefois, quand on parlait du Crag de Norwich ou fluvio-marin, on comprenait les deux formations sous le même titre, car à Bramerton comme à Thorpe, principales localités où le Crag de Norwich a été étudié, on rencontre un dépôt sus-jacent qui peut être rapporté à l'âge des lits de Chillesford.

NOMBRE DES ESPÈCES CONNUES DE TESTACÉS MARINS DANS LE CRAG.

COUCHES DE CHILLESFORD ET D'ALDEBY.

Total.	Inconnues à l'état vivant.	Proportion pour cent des coquilles inconnues à l'état vivant.
Bivalves	51	} 15.9
Univalves	36	
Brachiopodes	1	

CRAG DE NORWICH OU FLUVIO-MARIN.

Bivalves	52	} 16.0
Univalves	59	
Brachiopodes	1	

CRAG ROUGE.

(Plusieurs coquilles dérivées non comprises.)

Bivalves	112	} 27.8
Univalves	134	
Brachiopodes	2	

CRAG CORALLIN.

Bivalves	169	} 36.0
Univalves	222	
Brachiopodes	5	

Si l'on passe à l'examen du Crag Rouge, on y observera

une proportion de 27 pour 100 de coquilles inconnues comme vivantes, et ce chiffre s'élève jusqu'à 36 dans le Crag Corallin antérieur. Mais l'écart entre ces deux phases de nos dépôts Pliocènes est en réalité plus considérable que ne l'indiquent les nombres que nous venons de citer, et cela pour plusieurs raisons. Premièrement, le Crag Corallin est plus spécialement le produit d'une seule période, et le Crag Rouge consiste, ainsi que nous l'avons vu, en lambeaux séparés et indépendants, d'un âge très-peu différent, et dont le plus récent, celui qui a été appelé Crag *Scrobularia* par M. Searles Wood, n'est probablement pas de beaucoup antérieur au Crag de Norwich. En réalité les rapports qui existent entre cette portion la plus récente du Crag Rouge et le Crag de Norwich sus-jacent sont plus intimes que ceux que l'on remarque entre les portions les plus anciennes et les plus nouvelles du Crag Rouge lui-même ; de sorte que M. Searles Wood est porté à croire que les deux divisions supérieures du Crag « avec l'argile de Chillesford et le sable qui les recouvrent, peuvent être considérées comme un seul dépôt, constituant en Angleterre le Crag supérieur, comme le Corallin constitue le Crag inférieur, et qu'il faut abandonner la division triple du Crag qui a été adoptée pendant tant d'années ». Secondement, entre les périodes du Crag Corallin et du Crag Rouge, les conditions relatives à la profondeur de la mer et au climat ont subi de grands changements, qui ont occasionné dans chaque faune des différences bien plus importantes qu'on pourrait le penser d'après les résultats numériques énoncés plus haut.

L'analyse que nous venons de donner dans le tableau ci-dessus des coquilles du Crag Rouge et du Crag Corallin acquiert une très-grande autorité de ce fait que M. Wood a recueilli lui-même ces coquilles, ou qu'il les a reçues directement de ceux qui les avaient découvertes, de sorte qu'il a pu, dans tous les cas, constater leur authenticité et éviter, autant que possible, les erreurs provenant de la confusion des coquilles qui appartiennent à la mer d'un dépôt nouveau avec celles qui ont été transportées d'une formation de date plus ancienne. Il est aisé de concevoir le danger de cette confusion, quand on se rappelle que le nombre des espèces rejetées du Crag Rouge par M. Wood

comme étant dérivées, ne s'élève pas à moins de 87; quelques géologues ont soutenu qu'il était nécessaire, pour les mêmes motifs, d'exclure certaines coquilles qui sont données comme appartenant au Crag de Norwich proprement dit, mais M. Wood n'est pas de cet avis, il pense que ces coquilles que l'on trouve quelquefois illégitimement dans les listes de ce Crag y ont été introduites, par défaut de soin, des couches du Crag Rouge.

D'un autre côté, il est incontestable que les conchyliologistes ont parfois rejeté des Crags Rouge et de Norwich, des coquilles qu'ils considéraient comme dérivées et qui appartiennent en réalité aux mers de ces périodes, parce qu'elles étaient éteintes ou inconnues à l'état vivant, ce qui était, à leurs yeux, un motif suffisant pour les regarder comme suspectes. L'origine dérivée d'une espèce est, quelquefois, indiquée par l'extrême rareté des individus, par leur couleur et leur degré de détérioration; tandis que la conclusion opposée peut être tirée de l'intégrité des coquilles, surtout quand elles sont d'une structure tendre et délicate, ou de leur abondance, et, dans le cas des lamellibranches, de l'union persistante par le ligament des deux valves dont, souvent, il ne reste plus que les deux charnières, tant les coquilles ont été brisées. En ce qui concerne les univalves, j'ai vu un grand individu de l'espèce éteinte *Voluta Lamberti* que l'on avait retiré d'un puits creusé dans le Crag Rouge, près de Woodbridge; cette coquille avait 18 décimètres de long, et sa lèvre, alors entière, avait dû être fréquemment brisée pendant les premiers temps de la croissance, et chaque fois réparée. Evidemment, l'animal avait vécu dans la mer du Crag Rouge, où il avait été exposé à de rudes épreuves; il portait des traces de blessures analogues à celles qu'offre souvent la forme renversée *Trophon antiquum*, si caractéristique de la même formation. M. Searles Wood a récemment obtenu la preuve que cette coquille ne disparut pas complètement à l'époque du Crag Rouge, car il a découvert le même fossile aux environs de Southwold, dans les couches plus récentes du Crag de Norwich.

Crag d'Anvers. — On connaît depuis longtemps, dans les environs d'Anvers et sur les bords de la Scheldt, au-dessous de cette ville, des couches du même âge que

le Crag Rouge et le Crag Corallin de Suffolk. La division la plus inférieure, ou Crag Noir, que l'on trouve dans cette localité, se reconnaît à des coquilles qui sont un peu plus anciennes que toutes celles de nos séries Britanniques; elles paraissent former les premiers anneaux d'une chaîne qui nous permettra de passer sans interruption des formations du Pliocène à celles de la période du Miocène Supérieur.

Couches du Nouveau Pliocène de Sicile. — Au nord de Catane, sur la côte orientale de la Sicile, à Acicastello, à Trezza et Nizzetti, par exemple, on observe sur plusieurs points des couches marines associées à des tufs volcaniques et à des laves basaltiques, qui appartiennent à une période où les premières éruptions ignées de l'Etna se passaient dans une baie peu profonde de la Méditerranée. Ces couches renferment un grand nombre de coquilles fossiles, et sur les 142 espèces que l'on y a recueillies, toutes, à l'exception de onze, étaient identiques aux espèces actuellement vivantes. Quelques-unes de ces onze coquilles séjournent encore peut-être dans les profondeurs de la Méditerranée, le *Murex vaginatus*, par exemple (voir fig. 135); cette dernière était déjà devenue rare à l'époque de la formation des couches marines et volcaniques associées dont nous venons de parler. En résumé, le caractère moderne de la faune



Fig. 135.
Murex vaginatus.
Phil.

testacée en question est démontrée non-seulement par la petite proportion des espèces éteintes, mais encore par le nombre relatif des individus qui représentent la plupart des autres espèces, car la proportion concorde parfaitement avec celle que l'on a observée dans la faune actuelle de la Méditerranée. Les espèces comptent si peu d'individus qu'on est en droit de conclure qu'elles étaient déjà sur le point de s'éteindre, après s'être développées surtout dans les premiers temps du Pliocène, lorsque les couches Subapennines étaient en voie de progrès.

Le cône entier de l'Etna, d'une hauteur de 3,350 mètres, et d'environ 445 kilomètres de circonférence à sa

base, s'est lentement élevé depuis l'accumulation de ces sables et argiles du Nouveau Pliocène. Pour bien apprécier l'importance d'une telle opération, qui a dû exiger des milliers d'années pour son accomplissement, il est nécessaire d'étudier en détail la conformation intérieure de la montagne, de vérifier l'existence de son axe double, ou la preuve que les laves du grand centre actuel d'éruption ont graduellement recouvert et enveloppé un cône plus ancien, situé à 5 kilomètres $1/2$ à l'est de celui qui existe aujourd'hui (1).

Tandis que le volume de l'Etna se développait par une série d'éruptions, sa masse entière, y compris les fondations d'origine aqueuse ci-dessus mentionnées, obéissait à un mouvement lent d'élévation qui a porté ses couches marines à une hauteur de 360 mètres au-dessus de la mer, comme on l'observe à Catera, et peut-être à des hauteurs plus grandes, car on ne peut les mesurer du côté de l'est, à cause des couches continues et épaisses de laves récentes qui recouvrent ces formations. Pendant l'exhaussement graduel de ces dépôts du Nouveau Pliocène, formés d'argiles, de sables et de basaltes, d'autres couches de date Pleistocène marines et fluviales, s'accumulaient autour de la base de la montagne, en participant, à leur tour, au mouvement d'élévation, et donnaient lieu successivement à des précipices et à des terrains médiocrement élevés, dus en partie à l'action de la mer, en partie à celle de la rivière Simeto. On a trouvé dans ces couches Pleistocènes des restes d'éléphants et d'autres quadrupèdes éteints, avec des coquilles récentes.

En aucun point de l'Europe autant qu'en Sicile, les formations du Nouveau Pliocène ne paraissent s'étendre sur une surface aussi large et s'élever à des hauteurs aussi considérables. Elles couvrent presque la moitié de l'île et atteignent, près du centre, à Castrogiovanni, une élévation de 900 mètres. Elles se divisent en deux séries principales : la supérieure, calcaire; et l'inférieure, argileuse; toutes deux se montrent à Syracuse, à Girgenti et à Castrogiovanni. Suivant Philippî, à qui l'on doit la meilleure description de cette île, sur les cent vingt-

(1) Voir un mémoire de l'auteur sur les laves du mont Etna et sur le mode d'origine de ce volcan. *Phil. Trans.* 1858.

quatre espèces qui sont fournies par les couches de la Sicile centrale, 35 sur 124, sont éteintes.

Un géologue, habitué à voir dans le nord de l'Europe presque toutes les formations du Nouveau Pliocène occuper des bas-fonds et rester très-incohérentes dans leur texture, est naturellement surpris de rencontrer des formations de cet âge, aussi solides, aussi pierreuses, aussi épaisses, et atteignant une élévation aussi considérable au-dessus du niveau de la mer. La partie supérieure ou calcaire de ce groupe consiste, en Sicile, sur quelques points, en une pierre d'un blanc jaunâtre, semblable au Calcaire Grossier de Paris; sur d'autres points, c'est une roche presque aussi compacte que le marbre, et dont l'épaisseur totale s'élève quelquefois de 200 à 250 mètres. On rencontre habituellement ce groupe en couches régulières, horizontales, accidentellement coupées par de profondes vallées, comme celles de Sortino et Pentalica, que percent de nombreuses cavernes. Les coquilles fossiles s'y présentent à tous les états de conservation, depuis celles qui ont gardé une partie de leur matière animale et de leur couleur, jusqu'à celles qui ne sont plus que de simples moules. Du calcaire on passe à un grès et conglomérat, au-dessous desquels se trouvent une argile et une marne bleue, avec des coraux et des coquilles parfaitement conservés. L'argile alterne quelquefois avec du sable jaune.

Au sud de la plaine de Catane, les couches tertiaires sont entremêlées de matières volcaniques, produites en majeure partie par des éruptions sous-marines. A l'époque où l'argile, le sable et le calcaire jaune étaient en voie de formation au fond de la mer, des volcans auraient fait éruption au-dessous des eaux, comme à l'île Graham, en 1831, et ces accidents se seraient renouvelés à des intervalles successifs. Soumis à l'action des flots et des courants, le sable et les cendres volcaniques auraient formé les couches de tuf intercalées aujourd'hui entre les lits calcaires et argileux qui contiennent les coquilles marines. L'épaisseur de la masse entière dépasse 600 mètres. On peut voir les fissures par lesquelles la lave s'est élevée sur certains points, former ce qu'on appelle des *dykes*.

Parmi les coquilles fossiles qu'on rencontre dans ces couches de Sicile, et qui abondent encore dans la Méditerranée, aucune n'est plus remarquable par sa grosseur et sa fréquence que le grand Peigne, *Pecten jacobæus*

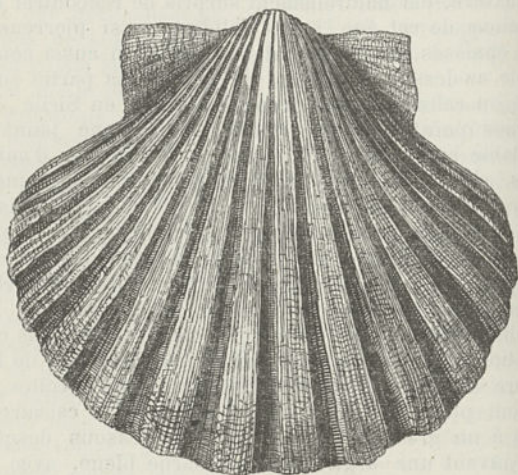


Fig. 136. — *Pecten jacobæus*, Moitié grosseur.

(fig. 136), aujourd'hui si commun dans les mers voisines. Plus nous réfléchissons à la quantité considérable de ces coquilles récentes, plus nous nous étonnons de l'épaisseur, de la solidité et de la hauteur au-dessus de la mer, des masses rocheuses dans lesquelles elles sont enfouies, et en même temps des immenses changements géographiques qui sont survenus depuis leur origine. N'oubliant pas que les couches supérieures avant d'émerger avaient été déposées sous les eaux, il nous faut, pour concevoir une idée juste de leur ancienneté, examiner séparément les innombrables particules dont se composent l'ensemble et les lits successifs de coquilles, de coraux, de cendres volcaniques, de conglomérat, de coulées de lave, et calculer le temps nécessaire pour

l'élévation graduelle des roches et l'excavation des vallées. Dans cette supputation, la période historique représenterait à peine une unité appréciable, car nous trouvons d'anciens temples Grecs, comme ceux de Girgenti (Agrigentum), construits, avec le calcaire moderne dont nous parlons, sur des collines constituées par le même calcaire, sans que l'emplacement paraisse avoir subi la plus faible altération depuis que les Grecs ont colonisé pour la première fois cette île.

La date géologique récente de ces formations conduit à une autre conclusion, c'est que la faune et la flore d'une grande partie de la Sicile sont plus anciennes que la contrée même. La majeure partie de l'île a été au-dessus des eaux à une époque où vivaient les espèces actuelles. Les animaux et les plantes qui habitent aujourd'hui le pays ont probablement émigré de contrées voisines qui sont peuplées de produits identiques à ceux de la Sicile. Il semble qu'en raison de la durée considérable de leur existence, les espèces sont destinées à survivre à plusieurs grandes révolutions dans la configuration de la surface de la terre, et de là d'innombrables combinaisons qui leur permettent de se répandre largement sur les nouvelles terres qui se forment, et de se sauver de celles qui s'abîment dans le sein de la mer.

Couches du Nouveau Pliocène du Val supérieur de l'Arno. — Quand on descend l'Arno, à partir de 16 kilomètres au-dessus de Florence, on arrive à une vallée étroite et profonde, appelée Val supérieur de l'Arno, offrant de prime abord les caractères d'un ancien lac qui aurait existé à l'époque où la vallée, au-dessous de Florence, était un bras de mer. Les couches lacustres de ce bassin élevé sont horizontales et ont une étendue de 19 kilomètres de long sur 3 kilomètres de large; elles occupent une excavation creusée dans des roches Éocènes et crétacées, qui forment, sur toutes les faces de la vallée des stratifications fortement inclinées. L'épaisseur des lits les plus modernes et les plus discordants est d'environ 225 mètres. La partie supérieure de ces lits, sur une épaisseur de 60 mètres, consiste en couches du Nouveau Pliocène, tandis que les strates infé-

rieures sont de la période du Vieux Pliocène. Les séries récentes se composent de sables et d'un conglomérat appelé *Sansino*, et l'on remarque parmi les mammifères fossiles enfouis les *Mastodon arvernensis*, *Elephas meridionalis*, *Rhinoceros etruscus*, *Hippopotamus major*, et des restes des genres ours, hyène et felis, que l'on rencontre presque tous dans le lit forestier de Cromer (voir p. 233).

Dans ces mêmes couches supérieures, on a trouvé, d'après M. Gandin, des feuilles et cônes du *Glyptostrobus europæus*, plante de la même famille que le *G. Heterophyllus*, qui croît aujourd'hui dans le nord de la Chine et du Japon. Ce conifère doit avoir végété autrefois sur de vastes étendues, car, après avoir été rencontré déjà dans les couches du Miocène Inférieur de Suisse, il devient très-commun dans le Miocène Supérieur d'Eningen, comme on le verra dans la suite (p. 276).

Vieux Pliocène d'Italie. — Couches Subapennines. — Les Apennins sont, on le sait, principalement composés de roches Secondaires ou Mesozoïques formant une chaîne qui part des Alpes Liguriennes et passe par le milieu de la péninsule Italienne. Au pied de ces montagnes, tant du côté de l'Adriatique que du côté de la Méditerranée, on trouve une série de couches tertiaires dont la majeure partie constitue, dans l'espace compris entre la chaîne plus ancienne et la mer, une ligne de collines peu élevées. Brocchi qui, le premier parmi les géologues Italiens, a décrit en détail ce groupe nouveau, lui a donné le nom de Subapennin. Bien que composées principalement de couches du Vieux Pliocène, les couches Subapennines appartiennent néanmoins à différents membres plus anciens ou plus nouveaux des séries tertiaires. Celles, par exemple, de Superga, près de Turin, font partie du Miocène; celles d'Asti et de Parme, de même que la marne bleue de Sienne, se rapportent au Vieux Pliocène, tandis que les coquilles du sable jaune supérieur du même territoire se rapprochent davantage de la faune récente de la Méditerranée, et pourraient se rattacher au Nouveau Pliocène.

Nous avons vu que dans les couches du Vieux Pliocène de Suffolk la plupart des coquilles fossiles d'espèces ré-

centes sont identiques avec les testacés qui vivent actuellement dans les mers Britanniques, que certaines appartiennent aux espèces de la Méditerranée, et qu'un petit nombre même font partie de genres qui habitent des climats plus chauds. On peut donc, en étudiant les fossiles d'un âge correspondant dans les contrées qui bordent la Méditerranée, espérer trouver parmi eux des espèces et des genres de latitudes plus chaudes. C'est ce qui arrive, en effet, dans les marnes de cette période; on observe à Asti, Parme, Sienne et autres parties de la Toscane et des territoires Romains, les genres *Conus*, *Cypræa*, *Strombus*, *Pyrula*, *Mitra*, *Fasciolaria*, *Sigaretus*, *Delphinula*, *Ancillaria*, *Oliva*, *Terebellum*, *Terebra*, *Perna*, *Plicatula* et *Corbis*, les uns caractéristiques des mers tropicales, les autres représentés par des espèces plus nombreuses, ou de dimensions plus grandes que celles qui sont aujourd'hui propres à la Méditerranée.

Flore du Vieux Pliocène d'Italie. — J'ai déjà signalé les dépôts du Nouveau Pliocène du Val Supérieur de l'Arno, au-dessus de Florence, et constaté que sous ces sables et conglomérats, contenant les restes de l'*Elephas meridionalis* associés avec ceux d'autres quadrupèdes, se trouve une série horizontale et concordante de lits plus anciens que l'on peut classer dans la période du Vieux Pliocène. Ils consistent en argiles bleues avec des couches subordonnées de lignite, et présentent une flore, plus riche que celle des lits sus-jacents du Nouveau Pliocène, et qui s'éloigne beaucoup de la végétation actuelle de l'Europe. Ils comprennent aussi plus d'espèces communes à la période Miocène antérieure. Parmi les genres de plantes, M. Gaudin énumère les *Pinus*, *Ilex*, *Quercus*, *Prunus*, *Platanus*, *Alnus*, *Ulmus*, *Ficus*, *Laurus*, *Sassafras*, *Cinnamomum*, *Glyptostrobus*, *Taxodium*, *Sequoia*, *Persea*, *Oreodaphné* (fig. 137), *Cassia*, *Psoralea*, etc. Cette réunion de plantes indique un climat chaud, mais non aussi sous-tropical que celui de la période du Miocène Supérieur dont nous allons parler.

M. Gaudin, conjointement avec le marquis Strozzi, a jeté une vive lumière sur la botanique des lits du même âge dans une autre partie de la Toscane, en un lieu appelé Montajone, entre les rivières Elsa et Evola. Ils y

ont trouvé, entre autres plantes, l'*Oreodaphne Heerii*, Gaud. (voir fig. 137), qui n'est probablement qu'une variété de l'*Oreodaphne fietens*, ou laurier connu sous le



Fig. 137. — *Oreodaphne Heerii*. Feuille moitié grandeur (1).

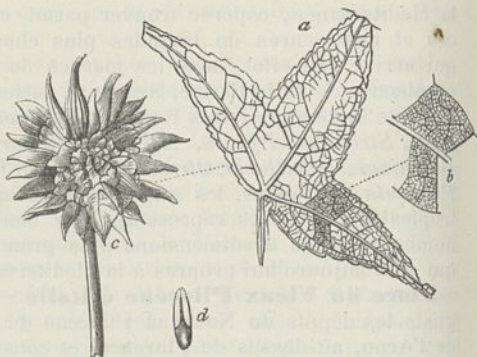


Fig. 138. — *Liquidambar europæum*, var. *trilobatum*, A. Br. (quelquefois à 4 lobes et le plus souvent à 5)
 a. Feuille moitié grandeur. c. Fruit grand. nat.
 b. Partie de la même feuille, grand. nat. d. Graine grand. nat.
 OEningen.

nom de Til à Madère, où, comme dans les Canaries, il constitue en grande partie les bois du pays, mais il ne peut actuellement supporter le climat de l'Europe. Dans les spécimens fossiles, on remarque, en état parfait de conservation, les mêmes glandes ou protubérances (voir fig. 137) que l'on a observées aux aisselles des veines principales des feuilles dans le Til récent (2). Une autre plante qui indique également un climat plus chaud, c'est le *Liquidambar europæum*, Brong. (voir fig. 138). Cette espèce se rapproche du *L. styraciflum*, qui croît assez communément dans les Etats méridionaux de l'Amérique septentrionale, sur les bords du golfe du Mexique.

(1) Feuilles fossiles de la Toscane.

(2) Contributions à la Flore fossile italienne. Gaudin et Strozzi, pl. 11, fig. 3. Gaudin, p. 22.

CHAPITRE XIV

PÉRIODE MIOCÈNE. — MIOCÈNE SUPÉRIEUR.

Couches du Miocène Supérieur de France. — Faluns de Touraine. — Climat tropical indiqué par les testacés. — Proportion des espèces récentes de coquilles. — Faluns plus anciens que le Crag de Suffolk. — Miocène Supérieur de Bordeaux et du midi de la France. — Miocène Supérieur d'Oeningen en Suisse — Plantes de la Molasse Supérieure d'eau douce. — Fruits, fleurs et feuilles fossiles. — Insectes de la Molasse Supérieure. — Molasse Marine ou Moyenne de Suisse. — Couches du Miocène Supérieur à Bolderberg, en Belgique. — Bassin de Vienne. — Miocène Supérieur d'Italie et de Grèce. — Miocène Supérieur de l'Inde. — Monts Siwâlik. — Vieux Pliocène et Miocène des États-Unis d'Amérique.

Couches du Miocène Supérieur de France. — Faluns de Touraine. — Les couches que nous rencontrons ensuite les premières dans l'ordre descendant sont celles que plusieurs géologues ont appelées *Moyennes Tertiaires*, et pour lesquelles, en 1833, je proposai le nom de Miocène, choisissant comme exemple ou type les *Faluns* de la vallée de la Loire, en France. J'appellerai maintenant ces dépôts faluniens, Miocène Supérieur (1), pour les distinguer de ceux que l'on désignera sous le nom de Miocène Inférieur.

Comme il n'existe pas en Angleterre de strates qui se rapportent distinctement au Miocène Supérieur, et comme le Miocène Inférieur n'y est que très-faiblement représenté, il faut recourir à d'autres pays pour trouver des

(1) Dans les ouvrages récents de M. Gaudry et de M. Milne-Edwards, le Miocène Supérieur a été subdivisé en Miocènes Supérieur et Moyen; mais les deux auteurs sembleraient ne pas être d'accord, car M. Gaudry place Eppelsheim dans le Miocène Supérieur et Milne-Edwards dans le Miocène Moyen.

exemples de cette période importante de l'histoire de la terre.

Le nom de *faluns* a été donné par les agriculteurs français à un dépôt coquillier de sable et de marne qu'on répand à la surface du sol, en Touraine, pour fertiliser les terres, absolument comme on a fait du crag en Suffolk, avant qu'on mît en usage les coprolites ou rognons de phosphate. On rencontre des masses isolées de ces faluns près de l'embouchure de la Loire, dans les environs de Nantes, et plus loin dans les terres jusqu'aux environs de la contrée sud de Tours. On en trouve aussi à Pontlevoy sur le Cher, à 90 kilomètres environ au-dessus de la jonction de cette rivière avec la Loire, et à 40 kilomètres S.-E. de Tours. Des dépôts du même âge se voient également, mais avec d'autres traits minéralogiques, près des villes de Dinan et de Rennes, en Bretagne. J'ai visité toutes ces localités, et j'ai reconnu que les lits de la Loire consistent principalement en marne et en sable dans lesquels sont des coquilles et des coraux, les uns entiers, les autres roulés, d'autres en fragments ténus. Dans certains districts, comme à Doué, département de Maine-et-Loire, à 15 kilomètres S.-O. de Saumur, le dépôt constitue une pierre tendre à bâtir, principalement formée d'un agrégat de coquilles brisées, de polyzoaires, de coraux et d'échinodermes unis par un ciment calcaire; la masse est tout à fait semblable, sous le rapport lithologique, au Crag Corallin des environs d'Aldbrough et de Sudbourn (Suffolk). Les lambeaux épars de faluns dépassent rarement l'épaisseur de 15 mètres; entre la Sologne et la mer, ils reposent sur des roches plus anciennes, très-variées; on les voit successivement sur le gneiss, le schiste argileux, les diverses formations secondaires, y compris la craie, et en dernier lieu, sur le calcaire d'eau douce supérieur des séries tertiaires Parisiennes, lesquelles, comme nous l'avons déjà dit, s'étendent, sans discontinuité, du bassin de la Seine à celui de la Loire.

Sur quelques points, tels qu'à Louans, au sud de Tours, les coquilles affectent une couleur ferrugineuse assez analogue à celle du Crag Rouge de Suffolk. La plupart des espèces y sont marines; mais quelques-unes

appartiennent à des genres terrestres et fluviatiles. Parmi les espèces terrestres, l'*Helix turonensis* (fig. 38, p. 43) est la plus abondante. Ça et là sont entremêlés des débris de quadrupèdes terrestres appartenant aux genres *Dinotherium* (fig. 139), *Mastodonte*, *Rhinocéros*, *Hippopotame*, *Chœropotamus*, *Dichobune*, *Daim* et autres; ils sont accompagnés de cétacés, tels que le *Lamantin*, le *Morse*, le *Veau marin* et le *Dauphin*, tous d'espèces éteintes.

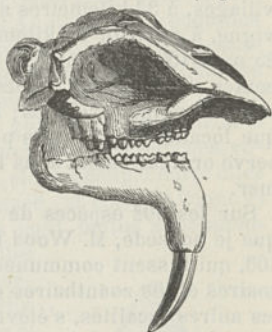


Fig. 139. — *Dinotherium giganteum*, Kaup.

M. E. Forbes, d'après l'examen des testacés fossiles, considère ce dépôt comme formé en partie sur la plage même, au niveau des basses eaux, et en partie à des profondeurs plus considérables, mais qui n'auraient pas dépassé 18 mètres. La faune mollusque des *faluns* est, en somme, beaucoup plus littorale que celle du *Crag Rouge* et du *Crag Corallin* de *Suffolk*, et suppose une mer beaucoup moins profonde; elle s'en distingue encore par l'indication qu'elle fournit d'un climat étranger à l'Europe. On y rencontre, en effet, sept espèces de *Cypræa*, quelques-unes plus grandes qu'aucune de celles qui existent dans la Méditerranée; plusieurs espèces d'*Oliva*, *Ancillaria*, *Mitra*, *Terebra*, *Pyrula*, *Fasciolaria* et *Conus*. On n'y compte pas moins de huit espèces de cônes, dont quelques-unes très-grandes, tandis que le seul cône Européen, aujourd'hui vivant, est de petite taille. Le genre *Nerita* et plusieurs autres sont aussi représentés par des individus d'un type aujourd'hui caractéristique des mers équatoriales et tout à fait différent des formes Méditerranéennes. Ces preuves d'une température plus élevée semblent assigner aux *faluns* un âge relativement plus ancien que celui du *Crag* de *Suffolk*; elles concordent parfaitement avec la proportion plus faible de testacés d'espèces récentes que renferment ces *faluns*.

Sur 290 espèces de coquilles que j'ai recueillies moi-même en 1840, à Pontlevoy, Louans, Bossée et autres villages, à 32 kilomètres au sud de Tours, ainsi qu'à Savigné, à environ 20 kilomètres N.-O., 72 seulement, soit 25 pour 100, peuvent être identifiées avec les espèces récentes. Sur les 290 espèces, la plupart sont communes à tous les points explorés; les espèces particulières à chaque localité ne sont pas plus nombreuses qu'on ne l'observe ordinairement dans les différentes baies d'une même mer.

Sur les 302 espèces de mollusques testacés des faluns que je possède, M. Wood n'en a trouvé que 45, ou 14 pour 100, qui fussent communes au Crag de Suffolk. Les polyzoaires et les zoanthaires que j'ai recueillis à Doué et dans les autres localités, s'élèvent à 43, d'après les déterminations de M. Lonsdale, et, sur ce nombre, 7 (parmi lesquels un zoanthaire) se rapportent spécifiquement à ceux du Crag de Suffolk. Quelques-uns des genres qui se rencontrent à l'état fossile en Touraine, comme les coraux *Astrea*, *Dendrophyllia*, et le polyzoaire *Lunulites*, n'ont point été retrouvés dans les mers d'Europe, au nord de la Méditerranée; néanmoins les zoanthaires des faluns ne semblent point indiquer, dans leur ensemble, un climat aussi chaud qu'on l'avait supposé d'après les coquilles.

En comparant environ 300 espèces de coquilles de la Touraine avec 450 du Crag de Suffolk, on a trouvé que 45, soit 15 pour cent seulement, étaient communes aux deux formations. La même proportion existe pour les coraux. J'avais d'abord essayé d'expliquer cette différence entre les espèces, par la coexistence de deux faunes qui auraient appartenu à des provinces zoologiques distinctes ou à deux mers ouvertes, l'une au nord et l'autre au sud, et séparées par une barrière analogue à l'isthme de Suez qui sépare la mer Rouge de la Méditerranée; mais plusieurs raisons me font abandonner aujourd'hui cette opinion. C'est ainsi qu'après avoir suivi, en 1841, la faune du Crag, vers le sud, en Normandie, jusqu'à 112 kilomètres du type falunien, près de Dinan, j'ai trouvé que les deux ensembles de fossiles conservaient leurs caractères distincts, et ne présentaient aucun mélange d'espèces, ni la moindre transition de climat.

Toutefois, le principal motif qui engage à rapporter le Crag d'Angleterre au Vieux Pliocène, et les Faluns de France aux époques du Miocène Supérieur, c'est la prédominance, au sein des couches d'Angleterre, de coquilles fossiles identifiables avec des espèces qui sont non-seulement vivantes, mais qui habitent encore aujourd'hui les mers voisines, tandis que les espèces éteintes qui les accompagnent appartiennent à des genres qui caractérisent l'Europe. Dans les faluns, au contraire, les espèces récentes sont en minorité marquée, et beaucoup d'entre elles habitent aujourd'hui la Méditerranée, la côte d'Afrique et l'Océan Indien; en un mot, elles sont moins septentrionales par leurs caractères, et elles auraient une tendance à se rapporter à un climat plus chaud. Elles indiquent un état de choses qui s'éloigne davantage des conditions actuelles de l'Europe Centrale, relativement au climat et à la géographie physique, et qui, sans aucun doute, remonte plus loin vers les temps anciens.

Parmi les coquilles remarquables qui sont communes aux faluns de la Loire et au Crag de Suffolk, on doit signaler *Voluta Lamberti*, déjà mentionné, p. 239, fig. 126. Tous les spécimens de cette coquille, tant ceux que j'ai recueillis en Touraine que ceux que j'ai vus dans les musées, sont plus épais et plus gros que les individus Britanniques de la même espèce; leur longueur n'est pas proportionnelle à leur largeur, et leurs plis sur la columelle, sont moins obliques, comme on peut le voir dans la figure ci-dessus.

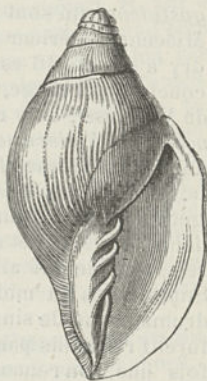


Fig 140.—*Voluta Lamberti*.
Variété caractéristique
des Faluns
de Touraine. Miocène.

Couches du Miocène Supérieur à Bordeaux et dans le midi de la France. — Des dépôts tertiaires d'âges divers et principalement de l'époque Miocène, couvrent de vastes surfaces dans le pays situé entre les Pyrénées et la Gironde. Quelques-uns d'entre eux près de

Bordeaux, sont de même date que les faluns de Touraine, déjà mentionnés, mais la plupart des espèces y sont particulières au Midi. La succession des lits, dans le bassin de la Gironde, implique plusieurs oscillations de niveau, par lesquelles la même étendue a été alternativement convertie en terre ferme et en mer, puis en lagune d'eau saumâtre, et, finalement, en lacs et étangs d'eau douce.

Parmi les formations d'eau douce de cet âge, situées au pied des Pyrénées, se trouvent des marnes, des calcaires et des sables qui ont donné à M. Lartet, savant éminent en anatomie comparée, un grand nombre de mammifères fossiles, tels que *Dinotherium giganteum* et *Mastodon angustidens*, qui sont communs aux faluns de la Loire et au Miocène Supérieur de Suisse. Plus récemment, M. Gaudry a compté 16 espèces de vertébrés, recueillis dans les couches de cet âge, au Mont-Léheron, dans le département de Vaucluse; on y remarque *Machærodus cultrideus*, *Rhinoceros Schleiermachii*, *Dinotherium giganteum* et le ruminant gigantesque *Helladotherium Duvernoyi*, qui, pour la taille, rivaliserait avec la girafe. Cet herbivore a été largement répandu en Europe et en Asie; on rencontre ses débris en Grèce et dans l'Inde. Mais la découverte la plus remarquable qui ait été faite dans les couches Miocènes Supérieures du midi de la France fut celle d'os de quadrumanes ou de singes des familles Gibbon et Babouin qui furent recueillis par M. Lartet en 1837; c'était la première fois que l'on rencontrait cet ordre de quadrupède en Europe. Cette découverte se fit à Sansan, près d'Auch, dans le département du Gers, à 64 kilomètres environ à l'ouest de Toulouse, par 40° 39' de latitude nord. Ces fossiles furent rapportés, par MM. Lartet et Blainville, à un genre très-rapproché du Gibbon, et auquel ils donnèrent le nom de *Pliopithecus*. Lorsque je visitai Sansan, au printemps de 1872, j'en vins à conclure que pour expliquer la conservation dans cette localité seule de tant de mammifères et vertébrés, sur une étendue si limitée, il fallait supposer que les quadrupèdes s'étaient trouvés enfouis exceptionnellement dans un dépôt partiel, ou lit de marne très-épais et imperméable à travers duquel l'eau n'avait pu s'infiltrer librement, et que des couches de cette nature

ont dû généralement manquer, car les débris organiques de l'âge des faluns ont été détruits sur tous les points où ils ont été enfouis.

En 1856, M. Lartet a décrit une autre espèce de la même famille de singe à longs bras (*Hyllobates*), qu'il avait obtenue des couches du même âge, à Saint-Gaudens, dans la Haute-Garonne. Les restes fossiles de cet animal comprenaient une portion de la mâchoire inférieure avec dents et la tête d'un humérus. On a supposé que c'était un singe frugivore, grimpeur sur les arbres, et d'une stature égale à celle de l'homme. Comme l'on trouve communément des troncs de chêne dans les couches de lignite qui le renferment, on lui a donné le nom générique de *Dryopithecus*. L'angle formé par le rameau ascendant de la mâchoire et le bord alvéolaire est moins ouvert, et, par conséquent, plus ressemblant à la même partie dans l'homme que dans le chimpanzé. Circonstance encore plus remarquable, le fossile, individu jeune mais adulte, a toutes ses dents de lait remplacées par celles du second âge, tandis que ses dernières vraies molaires (dents de sagesse) ne sont pas encore développées ou existent seulement en germe dans l'os de la mâchoire. Conséquemment, le mode de succession des dents de cet animal, qui, sont exactement en nombre égal à celles de l'homme, comme dans tous les singes de l'ancien monde, différerait de celui du Gorille et du Chimpanzé et correspondait à celui de l'espèce humaine.

Lits du Miocène supérieur d'œningen en Suisse.

— Les faluns de la Loire furent pris d'abord, ainsi que nous l'avons dit (p. 259), comme type des formations Miocènes en Europe; ils donnèrent une abondante moisson de coquilles fossiles et de zoophytes, mais se trouvèrent complètement dépourvus de plantes et d'insectes. D'autre part, on découvrait en Suisse des dépôts du même âge, remarquables par leurs richesses botaniques et entomologiques. Nous sommes redevables au Professeur Heer, de Zurich, de la description, de la découverte et de la classification de plusieurs centaines d'espèces et variétés de ces plantes fossilées, toutes reproduites par d'excellentes figures dans sa *Flora Tertiaria Helvetiæ*. Ce grand ouvrage et ceux d'Adolphe Brongniart, Unger, Goeppert et

autres, montrent que la botanique commence à jouer, dans la classification des strates tertiaires renfermant du lignite ou du brown-coal, un rôle aussi important que celui qu'a longtemps joué une ancienne flore pour l'explication des anciens dépôts carbonifères ou houillers. Cependant, il est certains botanistes qui ont toujours professé des doutes sur la question de savoir si les feuilles seules et le bois des plantes pourraient jamais fournir des preuves suffisantes pour déterminer même les genres et les familles du règne végétal. Il faut avouer qu'avant de pouvoir utiliser tous ces restes, une science nouvelle était à créer; il était nécessaire d'étudier les contours, les nervures et la structure microscopique des feuilles avec un soin que n'avait jamais exigé la classification des plantes vivantes, dans lesquelles le fruit et la fleur montrent des caractères si bien définis et si satisfaisants. Comme géologues, nous ne saurions avoir trop de reconnaissance envers ceux qui, loin de désespérer en présence d'une tâche si difficile, ou de se décourager lorsque des hommes du plus haut mérite scientifique traitaient les feuilles comme chose sans valeur, sont entrés pleins de confiance et d'ardeur dans la voie nouvelle et inexplorée. Qu'ils aient fréquemment commis des erreurs, c'était inévitable; mais un fait remarquable qui ressort surtout de l'étude historique des recherches du Professeur Heer, c'est que souvent des conjectures hasardées, quant au genre et à la famille de plantes dont on n'avait trouvé que les feuilles, se sont plus tard confirmées lorsqu'on a pu obtenir des informations complètes. Comme exemples à l'appui que l'on trouve en comparant les premiers ouvrages de Heer avec les derniers, on peut citer le châtaignier, l'orme, l'érable, le cannellier, le magnolia, le trèfle de marais ou *Menyanthes*, la vigne, le nerprun (*Rhamnus*), *Andromeda* et *Myrica*, et parmi les conifères, *Sequoia* et *Taxodium*. Dans tous ces cas les plantes furent d'abord reconnues au moyen de leurs feuilles, et l'exactitude de la détermination fut plus tard confirmée quand le fruit et, dans certaines occasions, la fleur et le fruit furent trouvés attachés à la même tige que les feuilles.

En supposant même qu'on n'eût jamais rencontré de fruit, de graine ou de fleur à l'état fossile, nous n'en

serions pas moins redevables aux travaux persévérants des paléontologues botanistes d'une des plus grandes découvertes scientifiques du siècle actuel, c'est-à-dire des preuves qui établissent la prédominance d'un climat tempéré et d'une riche flore arborescente dans les régions arctiques, à cette époque Miocène dont nous étudions l'histoire. Il peut être utile de donner, en quelques mots, au lecteur une idée de la nature de ces preuves, pour lui montrer comment ces importantes conclusions peuvent être solidement basées sur la seule connaissance des feuilles fossiles. Quand on commence à étudier les fossiles des dépôts du Nouveau Pliocène, tels que ceux du Val Supérieur de l'Arno, on s'aperçoit que le feuillage fossile y concorde presque complètement avec celui des arbres et des arbustes d'une forêt moderne d'Europe. Dans les plantes propres aux strates du Vieux Pliocène de la même région, on observe une plus grande proportion d'espèces et de genres qui, quoique concordant avec les types Asiatiques bien connus ou autres types étrangers, manquent actuellement en Italie. Si l'on examine alors les formations Miocènes du même pays, on trouve que les formes exotiques y deviennent plus abondantes, soit qu'elles appartiennent aux palmiers en éventails d'Europe et d'Amérique, *Chamærops* et *Sabal* (fig. 154 p. 295), soit à la famille plus tropicales des dattiers ou *Phœnicites*, lesquels sont remarquables dans les couches du Miocène Inférieur de l'Europe Centrale. Bien que nous n'ayons pas trouvé le fruit ou la fleur de ces palmiers à l'état fossile, les feuilles en sont si caractéristiques qu'il n'est pas permis d'élever un doute sur la famille à laquelle elles appartiennent, ou d'hésiter à les reconnaître comme des indices d'un climat chaud et sous-tropical.

Lorsqu'on a suivi les formations Miocènes jusqu'au nord du 50° degré de latitude, les palmiers fossiles nous manquent, mais la plus grande partie des feuilles, identiques à celles d'arbres existants aujourd'hui en Europe ou de formes qui y sont actuellement inconnues, que l'on trouvait associées aux palmiers du Miocène, continuent encore de caractériser les roches du même âge. On rencontre ces feuilles non-seulement en Islande, mais encore dans le Groënland, par 70° de latitude nord, et

dans le Spitzberg, par 78° 56' de latitude, c'est-à-dire à une distance de 11 degrés du pôle, et on les trouve toujours dans des circonstances qui montrent clairement qu'elles ont été indigènes dans ces régions et qu'elles n'ont pas été transportées du Midi (voir p. 299). On voit donc que le botaniste devient un auxiliaire important du géologue, au point de vue paléontologique; son aptitude à déterminer exactement les formes, les veines et la structure microscopique des feuilles et du bois des plantes est d'un grand secours pour reconnaître l'identité de formations tertiaires, dans des localités distantes l'une de l'autre, et nous lui devons encore, indépendamment de cette connaissance sûre, découlant des organes de fructifications, l'un des résultats les plus nouveaux et les plus inattendus des recherches scientifiques modernes.

Le nom de *Molasse*, que l'on a donné aux formations Miocènes de Suisse, vient du mot français *mol*, et s'applique à un grès mou, incohérent et verdâtre, qui occupe la région située entre les Alpes et le Jura. Cette molasse comprend trois divisions; la moyenne est marine, et les rapports intimes qu'elle présente par ses coquilles avec les faluns de Touraine autorisent à la classer dans le Miocène Supérieur. Les deux autres divisions sont d'eau douce; la supérieure peut être également rangée avec les faluns, et l'inférieure doit être rapportée au Miocène Inférieur, tel que nous le définissons dans le chapitre suivant.

Molasse supérieure d'eau douce. — Cette formation peut être parfaitement étudiée à Eningen, dans la vallée du Rhin, entre Constance et Schaffausen. Cette localité devint célèbre en 1700, par la découverte du squelette, supposé humain, que Scheuchzer avait appelé *homo diluvii testis*, fossile que les démonstrations de Cuvier réduisirent plus tard à n'être qu'un reptile, ou salamandre aquatique, de plus grande dimension que son représentant vivant, déjà énorme, la salamandre du Japon.

Les couches d'Eningen forment une série de marnes et de calcaires, à feuilles minces pour la plupart, et qui se seraient accumulés lentement dans un lac, probablement alimenté par des sources tenant en solution du carbonate de chaux. La surface elliptique recouverte par cette formation d'eau douce occupe, suivant sir Roderick

Murchison, une étendue de 16 kilomètres à l'est et à l'ouest de Berlingen, sur la rive droite de la rivière à Wangen, et sur la rive gauche à Eningen, près de Stein. Les restes organiques proviennent principalement de deux carrières; l'inférieure est située à 167 mètres environ au-dessus du niveau du lac de Constance, et la supérieure se trouve à 45 mètres plus haut. Une section de 9 mètres de profondeur pratiquée dans cette carrière supérieure fit voir une succession considérable de couches, formées les unes de plaques et les autres de feuillets très-minces. Le professeur Heer a compté 21 de ces couches; la supérieure se compose d'une marne gris bleuâtre de 2 mètres d'épaisseur, sans restes organiques, et repose sur un calcaire contenant des plantes fossiles, avec des feuilles de peuplier, de cinnamon et de potamot nageant (*Potamogeton*), mêlées à quelques insectes. Le lit n° 4 situé au-dessous, est une roche bitumeuse, dans laquelle on trouve le *Mastodon tapiroides*, quadrupède caractéristique du Miocène Supérieur. Le 5^e lit, d'une épaisseur de 2 à 5 centimètres, renferme des poissons fossiles du genre *Leuciscus* (roach) et des larves de libellules, avec des plantes telles que l'orme (*Ulmus*) et la Chara aquatique. Au-dessous de ces couches sont disposés d'autres lits à plantes, et puis, dans le n° 9 se trouve la pierre dans laquelle on a découvert la grande salamandre (*Andrias Scheuchzeri*) et quelques poissons. Au-dessous de cette pierre, on rencontre d'autres couches avec poissons, tortues, la grande salamandre déjà citée, des moules d'eau douce et des plantes. Dans le n° 16, Sir R. Murchison a obtenu le renard fossile d'Eningen, *Galecynus Eningensis*, Owen; et puis à ce dernier lit en succèdent d'autres, avec mammifères (*Lagomys*), reptiles (*Emys*), poissons et plantes telles que le noyer, l'érable et le peuplier. On trouve dans le 19^e lit un grand nombre de poissons, d'insectes, de plantes, et, au-dessous, des marnes d'une couleur bleu indigo.

On a compté, dans la carrière inférieure, onze couches, qui ont fourni, comme celles de la carrière supérieure, des plantes terrestres et d'eau douce, ainsi que de nombreux insectes. Dans le 6^e lit, en partant du haut, on a obtenu plusieurs plantes, telles que les *Liquidambar*,

Cinnamomum, *Podogonium* et *Ulmus*, associées à des tortues, à des os et à des dents d'un quadrupède ruminant, appelé par H. Von Meyer, *Paleomeryx eminens*. Le n° 9 a reçu le nom de lit à insectes; cette couche, épaisse seulement de quelques centimètres, se fend en feuilles aussi minces que du papier, lorsqu'elle est exposée à un froid rigoureux. On y trouve des plantes telles que les *Liquidambar*, *Cinnamomum* et *Glyptostrobus*, avec d'innombrables insectes ordinairement isolés et dans un merveilleux état de conservation. Au-dessous de ce lit vient une marne bleu indigo, analogue à celle du fond de la carrière supérieure, et reposant sur une marne jaune dont l'épaisseur, dit-on, est au moins de 9 mètres.

Toutes ces couches fossilifères ont évidemment été formées avec une extrême lenteur, et bien que leur agrégation ne soit que de quelques mètres d'épaisseur, et qu'elles n'aient été étudiées que sur une étendue restreinte dans les deux carrières dont nous avons parlé, elles nous donnent un aperçu de l'état de la vie animale et végétale pendant la période du Miocène Supérieur, comme on ne l'avait jamais obtenu dans aucune partie du monde. En 1859, le Professeur Heer avait déjà déterminé 475 espèces de plantes et plus de 800 insectes provenant des couches d'Eningen. Il suppose qu'une rivière débouchant dans un lac a entraîné dans celui-ci la plupart des feuilles et des insectes terrestres, ainsi que les carcasses de quadrupèdes, tels que le grand Mastodonte. Parfois, durant ces tempêtes, des brindilles et même des branches d'arbres pourvues de leurs feuilles, auraient été arrachées et emportées jusqu'au lac. Des sources, contenant du carbonate de chaux, paraissent avoir fourni de la matière calcaire en solution, et avoir donné naissance à une espèce de travertin local, dans le fond duquel se seraient incrustés en tombant les corps organiques qui y seraient restés hermétiquement enfermés.

Dans son ouvrage intitulé *le Naturaliste des Amazones*, M. Bates dit avoir observé dans la rivière Tapajos, au Brésil, les cadavres ou les corps à moitié morts de fourmis entassées et formant le long du bord une ligne

de 25 à 50 millimètres de hauteur et de largeur, sur une longueur de plusieurs kilomètres(1). Le même naturaliste m'informe également qu'il a vu, sur les rivages sablonneux du lac Ega, près des Amazones supérieures, des talus formés d'insectes morts qui étaient empilés sur le bord du lac. Cette destruction subite de tout un groupe d'insectes est causée, dit-il, par un brouillard glacé qui se répand tout à coup la nuit sur une grande étendue de l'eau après une journée brûlante. Les insectes engagés à voltiger par une température étouffante, sont saisis par le froid et l'ouragan, ils tombent dans l'eau, et leurs corps sont portés sur le rivage par l'action des flots. Il arrive aussi que dans ces tourmentes, le sable est soulevé, et quelques insectes se trouvent ainsi ensevelis un peu au-dessus de la ligne des eaux.

Les lames, dit Heer, qui se succèdent immédiatement les unes aux autres dans ces couches d'Oeningen, n'ont pas été formées toutes dans la même saison, car on peut

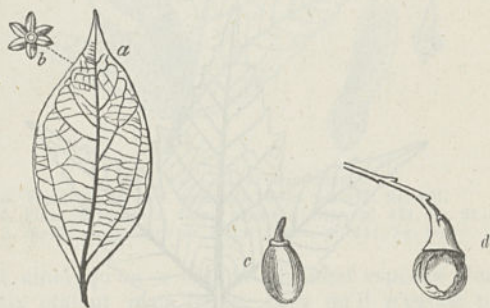


Fig. 141. — *Cinnamomum polymorphum*, Ad. Brong., Miocènes Supérieur et Inférieur.

a. Feuille. — b. Fleur, grand. nat., Heer, Pl. 93, fig. 28. — c. Fruit mûr du *Cinnamomum polymorphum* d'Oeningen, Heer, Pl. 94, fig. 14. — d. Fruit du *Cinnamomum polymorphum* récent du Japon., Heer, Pl. 152, fig. 18.

voir qu'à l'époque de la formation des unes, certaines plantes étaient en fleur, tandis que dans la production des lames voisines, les mêmes plantes portaient des

(1) *Naturalist of the Amazons*, 1863, vol. II, p. 85.

fruits mûrs. Cette assertion est confirmée par des preuves indépendantes tirées des insectes. Le principal lit à insectes dépasse rarement une épaisseur de 5 centimètres et se compose, suivant Heer, d'environ 250 lames semblables à des feuilles, qui furent déposées dans la source, les unes lorsque le *Cinnamomum polymorphum* (fig. 141) était en fleur; les autres, en été, lorsque les fourmis ailées étaient nombreuses et que les semences du peuplier et du saule étaient mûres; d'autres, enfin, en automne, lorsque le même *Cinnamomum polymorphum* (fig. 141) était en fruits, ainsi que les liquidambar, chêne, clématite, etc. Il paraîtrait que l'ancien lac avait sur ses bords une ceinture de peupliers et de saules, dont les feuilles innombrables auraient été ensevelies dans la vase. Sur quelques points, on trouve associée à ces feuilles une espèce de roseau, *Arundo*, qui était très-commune.

Parmi les arbrisseaux, le plus caractéristique est une



Fig. 142. — *Acar trilobatum*, forme normale. Heer, *Flora Tert. Helv.*, pl. 114, fig. 2, demi diamètre de grandeur (une partie seule de la longue tige du fossile original est représentée). — Miocène Supérieur d'Oeningen; trouvé aussi dans le Miocène Inférieur de Suisse.

plante légumineuse et papilionacée d'un genre éteint, appelée par Heer *Podogonium*, et dont on connaît deux espèces. On en a trouvé des brindilles entières, avec

fleurs et toujours sans feuilles, les fleurs ayant évidemment fait leur apparition, comme cela arrive dans les espèces peuplier et saule, avant que les feuilles aient commencé de se montrer. On a obtenu d'autres spécimens avec fruits mûrs, et munis de feuilles, qui ressemblent à celles du tamarin, auquel elles sont évidemment alliées, étant de la famille des Cœsalpinées, propres aujourd'hui aux régions chaudes. La flore du Miocène Supérieur d'Eningen est particulièrement importante parce qu'elle fait connaître un grand nombre de genres, dont on a retrouvé non-seulement les feuilles, mais encore le fruit et même la fleur, comme dans le cas du *Podogonium* que nous venons de mentionner.



Fig. 143. — *Acer trilobatum*.

- a. Feuille de variété anormale (Heer, pl. 110, fig. 16).
 b. Fleur et bractées, forme normale (Heer, pl. 111, fig. 21).
 c. Moitié d'enveloppe de graine (Heer, pl. 111, fig. 5).

C'est ainsi qu'on a obtenu dix-neuf espèces d'érable, dont dix étaient avec fruits. Bien qu'il n'existe pas de contrée du globe où fleurissent actuellement une si grande quantité d'érables, il ne nous est pas permis de supposer que le professeur Heer ait créé de trop nombreuses espèces dans ce genre, quand on considère sa manière d'agir à propos de l'un de ces fossiles, l'*Acer trilobatum*, figs. 142, 143. Cette plante compte un très-grand nombre de variétés tranchées qui ont reçu un nom et qui ont été représentées; les botanistes en considèrent trois seulement comme des espèces distinctes, tandis que six autres pourraient réclamer, avec un droit presque égal, une sem-

blable distinction. La forme commune, appelée *Acer trilobatum*, fig. 142, peut être prise comme le représentant normal du fossile d'Eningen, et la fig. 143 serait une des variétés les plus divergentes, sa feuille ayant quatre lobes au lieu de trois.

Parmi les genres remarquables qui abondèrent, en Europe, dans la période Miocène, on distingue le platane, *Platanus*, espèce fossile se rapprochant beaucoup plus, suivant Heer, du *P. occidentalis* Américain que du *P. orientalis* de Grèce et de l'Asie-Mineure. Quelques spécimens fossiles présentent la fleur mâle conservée. Comme



Fig. 144. — *Platanus aceroides*. Göpp. Heer, pl. 88, figs. 5-8. Grandeur, deux tiers de diamètre. Miocène Supérieur, OEningen.
 a. Feuille.
 b. Cœur d'un faisceau du péricarpe.
 c. Fruit ou péricarpe; grandeur naturelle.

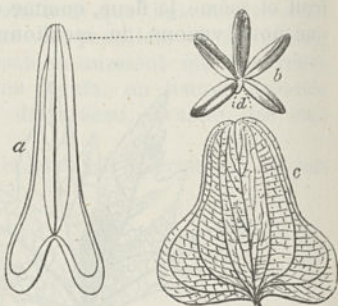


Fig. 145. — *Smilax sagittifera*, Heer, pl. 30, fig. 7; grandeur, un demi-diamètre.
 a. Feuille.
 b. Fleur agrandie; l'un des six pétales manque en *d*. Miocène Supérieur, OEningen.
 c. *Smilax obtusifolia*, Heer, pl. 30, fig. 9. Grandeur naturelle. Miocène Supérieur, OEningen.

sujets de comparaison avec les platanes que nous voyons dans les parcs et dans les squares de Londres, on a découvert dans ces couches des fragments fossiles du tronc de cet arbre, portant des morceaux de son écorce à moitié détachée.

La vigne d'Eningen, *Vitis teutonica*, Ad. Brongniart, est un type de l'Amérique septentrionale; on a trouvé des feuilles et des graines de cette vigne à Eningen, et des grappes comprimées de la même espèce dans le Brown-Coal (lignite) de Wetteravia, en Allemagne. On

rencontre jusqu'à huit espèces de smilax (salsepareille), genre monocotylédoné, à Oeningen et dans d'autres localités du Miocène Supérieur; les fleurs et les feuilles de la plupart de ces plantes sont parfaitement conservées, comme dans le cas du *Smilax sagittifera*, fossile très-commun (fig. 145 a).

Des feuilles de plantes se rapportant à cinq genres de l'ordre des Protéacées ont été retirées, partie d'Oeningen, partie de la formation lacustre du même âge, à Locle, dans le Jura. Ces cinq genres ont été rapportés aux suivants : *Banksia*, *Grevillea*, *Hakea* et *Persoonia*. On a bien trouvé une impression d'enveloppe de graine que l'on suppose être d'*Hakea*, avec sa tige épaisse et ses graines caractéristiques, mais comme le fruit est informe et que l'on n'en a pas encore rencontré tenant à la même tige que la feuille, la preuve reste incomplète.



Fig. 146. — Fruit de l'espèce fossile et de l'espèce récente du *Hakea*, genre des Protéacées.

a. Feuille de l'espèce fossile, *Hakea salicina*. Miocène Supérieur, Oeningen. pl. 97, fig. 29; un tiers de diamètre.

b. Impression du fruit ligneux de la même espèce, montrant une forte tige; deux tiers de diamètre.

c. Graine de la même espèce, grandeur naturelle.

d. Fruit de l'espèce vivante d'Australie, *Hakea saligna*, R. Brown; un demi-diamètre.

e. Graine de l'espèce vivante d'Australie; grandeur naturelle.

Quelle que soit la famille à laquelle paraisse appartenir pour l'instant le feuillage de la plante regardée comme une protéacée par plusieurs habiles paléontologues, il faut se garder de mettre en question son affinité avec cet ordre de plantes d'après les considérations géographiques qui ont influencé certains botanistes. La plante vivante qui se rapproche le plus des Protéacées, vit actuellement en Abyssinie, par 20° de latitude nord, mais le plus grand nombre des végétaux de ce genre sont confinés au cap de

Bonne-Espérance et à l'Australie. On ne doit donc pas rechercher les ancêtres des fossiles d'Eningen dans ces régions éloignées, mais sur le continent d'Europe où prospéraient, aux temps du Miocène Inférieur, des arbres de feuillage semblable, et qui étaient incontestablement d'origine Eocène, car les cônes, reconnus comme faisant partie des protéacées par tous les botanistes, ont été rencontrés dans une division de ce groupe tertiaire ancien (voir fig. 209, p. 332). On ne doit donc pas rechercher l'origine de ces derniers aux antipodes, car on a trouvé en abondance, dans les sables blancs et dans les argiles feuilletées d'Aix-la-Chapelle des feuilles semblables à celles du *Grevillea* et d'autres genres de protéacées, toutes, comme on le verra (p. 296) dans l'état le plus parfait de conservation. Tous les géologues s'accordent à admettre que la distribution du continent et de la mer créacés n'a presque aucun rapport avec la géographie actuelle du globe.



Fig. 147.

Glyptostrobus Europæus. Branche avec fruit mûr. Heer., pl. 20, fig. 1. Miocène Supérieur. OEningen.

Dans ces mêmes couches on rencontre, à Locle, avec les Protéacées supposées, un palmier-éventail du type américain *Sabal* (pour le genre fig. 154), genre que l'on trouve dans la contrée basse près de la mer, depuis les Carolines jusqu'à la Floride et la Louisiane. Parmi les conifères du Miocène Supérieur, on a trouvé un cyprès à organes décidus, allié de près au *Taxodium distichum* de l'Amérique du Nord, et un *Glyptostrobus* (fig. 147) ressemblant beaucoup au *G. hetérophylus* Japonais si commun aujourd'hui dans nos plantations.

Avant l'apparition de l'ouvrage de Heer sur la Flore Miocène de Suisse, Unger et Göppert avaient déjà signalé la proportion considérable de genres vivants de l'Amérique du Nord qui distinguaient la végétation de la période Miocène dans le centre de l'Europe. Suivant Heer, après ces formes Américaines, celles qui prédominent à Eningen sont les genres d'Europe; les genres asiatiques viennent en troisième rang, les Africains en quatrième et les Australiens en cinquième. Les formes Américaines y

sont plus nombreuses que dans la période Pliocène d'Italie ; et l'ensemble de la végétation indique un climat plus chaud que celui du Pliocène, mais non pourtant une température aussi élevée que celle de la période plus ancienne ou du Miocène Inférieur,

Les conclusions tirées de l'examen des insectes sont, pour la majeure partie, en harmonie parfaite avec celles que fournit l'observation des plantes ; mais les insectes, comprenant un plus grand nombre de types de l'Europe méridionale, présentent, dans leur ensemble, un aspect un peu moins tropical et moins Américain. En somme, cette faune d'insectes est plus riche que celle qui existe actuellement dans n'importe quelle partie de l'Europe. Le Professeur Heer a reconnu comme appartenant aux seules couches d'Eningen jusqu'à 844 espèces, sur les 5,080 spécimens qu'il a examinés. La liste entière des espèces Suisses des Miocènes Supérieur et Inférieur forme un total de 1,322. Presque toutes les familles vivantes de Coléoptères sont représentées, et l'on aurait pu dire par anticipation, d'après la prédominance des plantes ligneuses et arborescentes, que les coléoptères rongeurs de bois forment la partie la plus considérable des insectes de cette formation ; les Buprestides et autres coléoptères aux longues antennes s'y trouvent particulièrement abondants.

Les coléoptères et les hémiptères d'Eningen ont conservé leurs formes et des restes de coloration ; comme on peut en voir un exemple dans la figure 148, qui représente un *Harpactor*, trouvé avec ses antennes, un œil, les pattes et les ailes. En vérité, les caractères de la plupart des insectes sont si bien définis que l'on est porté à croire que cette classe d'invertébrés, si elle n'était pas si rare, serait,

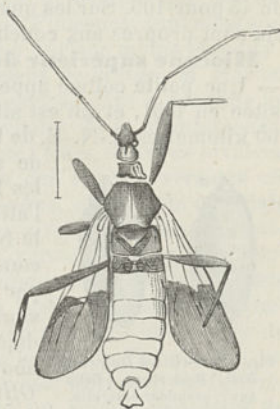


Fig. 148.
Harpactor maculipes, Heer.
Miocène Supérieur, OEningen.

en géologie, d'un plus grand secours que les plantes et même que les coquilles, pour la solution des questions chronologiques.

Molasse Moyenne ou Marine (Miocène Supérieur) de Suisse. — On a précédemment établi que la formation Miocène de Suisse se composait de : 1° la molasse supérieure d'eau douce, y compris les marnes lacustres d'Eningen; 2° la molasse marine, correspondant pour l'âge aux faluns de Touraine; et 3° la molasse inférieure d'eau douce. Certaines couches de la série moyenne ou marine atteignent une hauteur de 740 mètres au-dessus du niveau de la mer, et leurs coquilles sont pour la plupart communes aux faluns de Touraine, au bassin de Vienne et à d'autres localités du Miocène Supérieur. Les plantes terrestres jouent un rôle secondaire dans ces lits fossilifères, bien que le Professeur Heer en ait compté plus de quatre-vingt-dix espèces dans cette division falunienne. Ces plantes sont, pour la moitié, communes aux couches du Miocène Inférieur sous-jacent, tandis qu'elles sont communes à la Flore sus-jacente d'Eningen dans une proportion de 45 pour 100. Sur les quatre-vingt-douze espèces, vingt-six sont propres aux couches en question.

Miocène supérieur du Bolderberg en Belgique.

— Une petite colline appelée le Bolderberg, que j'ai visitée en 1851, et qui est située près de Hasselt, à environ 60 kilomètres E.-N.-E. de Bruxelles, présente des couches de sable et de gravier sur lesquelles M. Dumont a, le premier, appelé l'attention comme représentant dans le Nord les faluns de Touraine. Ces couches sont tout à fait distinctes par leurs fossiles des deux divisions supérieures du Crag d'Anvers, déjà mentionné, et contiennent en abondance des coquilles des genres *Oliva*, *Conus*, *Ancillaria*, *Pleurotoma* et *Cancellaria*. L'espèce la plus commune est une Olive (fig. 149),

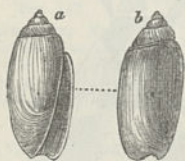


Fig. 149 — *Oliva Dufresnii*,
Bst. Bolderberg (Belgique); grandeur naturelle.
a. Face antérieure.
b. Face postérieure.

appelée par Nyst *Oliva Dufresnii*, mais qui est sans aucun doute, comme M. Bosquet l'a fait observer, une variété plus petite et plus courte de l'espèce de Bordeaux.

Autant qu'il nous est permis de le supposer, d'après les coquilles connues de cette formation, la proportion des espèces récentes concorde avec celle des faluns de Touraine, et le climat du Bolderberg doit avoir été plus chaud que celui du Crag Corallin d'Angleterre.

Couches du Miocène Supérieur du bassin de Vienne. — Dans le Sud de l'Allemagne on connaît depuis longtemps la ressemblance que présentent généralement des coquilles du bassin tertiaire de Vienne avec celles des faluns de Touraine. Dans les planches de l'excellent ouvrage du Docteur Hornes sur les mollusques fossiles de cette formation, on remarque les figures de plusieurs coquilles qui sont évidemment de la même espèce que celles des sables faluniens de Touraine.

Suivant le Professeur Suess, les couches les plus anciennes et purement marines du Miocène se composent, dans ce bassin, de sables, de conglomérats, de calcaires et d'argiles ; elles sont inclinées en dedans, c'est-à-dire des bords de la cavité vers le centre, et leurs affleurements saillants s'élèvent à une plus grande hauteur que les couches plus nouvelles, Miocènes ou Pliocènes, dont elles sont recouvertes et qui occupent une surface moins étendue à une élévation inférieure au-dessus de la mer. M. Hornes a décrit 500 espèces de gastéropodes, dont il identifie un cinquième avec les espèces vivantes de la Méditerranée, des mers de l'Inde et de l'Afrique ; mais, dans les bivalves Lamellibranches, la proportion des espèces vivantes est beaucoup plus grande. On distingue, sur la côte orientale de l'Atlantique, parmi les univalves nombreux, identiques avec ceux d'Afrique, les *Cypræa sanguinolenta*, *Buccinum lyratum* et *Oliva flammulata*. On a découvert dans les lits marins les plus bas du bassin de Vienne les restes de plusieurs mammifères, entre autres une espèce de *Dinotherium*, un Mastodonte de la famille *Trilophodon*, un Rhinocéros (allié au *R. megharinus*, Christol), un *Listriodon*, Meyer (du genre porc) et un animal carnivore de l'espèce canine. Tous les fossiles que nous venons d'énumérer sont accompagnés de l'*Helix turonensis* (fig. 38, p. 48), coquille terrestre la plus commune dans les faluns de France. Un groupe plus élevé de la série Miocène de Vienne fournit les *Dinotherium giganteum* (fig. 139, p. 261),

Mastodon longirostris, *Rhinoceros Schleiermacheri*, *Acerotherium incisivum* et *Hippoterium gracile*, tous également caractéristiques du dépôt du Miocène Supérieur que l'on trouve à Eppelsheim, dans la Hesse-Darmstadt, — localité également remarquable pour avoir fourni, par 49°, 50 de latitude nord, les os d'un grand singe du genre Gibbon, exemple le plus septentrional qu'on ait encore découvert d'un animal quadrumane.

M. Alcide d'Orbigny a montré que les foraminifères du bassin de Vienne diffèrent des espèces de l'Eocène et du Pliocène, et concordent avec celles des faluns, autant du moins qu'on connaît ces dernières. Parmi les foraminifères de Vienne, le genre *Amphistegina* est très-caractéristique (fig. 150), et M. d'Archiac suppose qu'il doit prendre la même place parmi les Rhizopodes du Miocène Supérieur que celle qu'occupent les Nummulites dans la période Eocène.

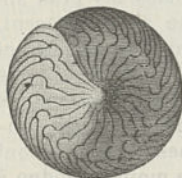


Fig. 150. *Amphistegina Hauerina*, D'Orb. Miocène Supérieur de Vienne.

La flore du bassin de Vienne fournit des espèces qui trouvent généralement leur rang dans les diverses phases de la période Miocène, telles que *Cinnamomum polymorphum* (fig. 141), *C. Scheuchzeri*, *Planera Richardi*, Mich., *Liquidambar Europæum* (fig. 138, p. 258), *Juglans bilinica*, *Cassia ambigua* et *C. Lignitum*. Parmi les plantes communes aux couches du Miocène Supérieur d'Eningen, en Suisse, on distingue *Platanus aceroides* (fig. 144, p. 274), *Myrica Vindebonensis*, etc.

Couches du Miocène Supérieur d'Italie. — Nous sommes redevables au Signor Michelotti d'un remarquable travail sur les coquilles Miocènes de l'Italie septentrionale que l'on a trouvées dans une colline appelée Superga, près de Turin. Ces coquilles depuis longtemps connues pour correspondre en âge à celles des faluns de Touraine, renferment un si grand nombre des espèces communes aux couches du Miocène Supérieur de Bordeaux, qu'on est amené à conclure qu'il existait une libre communication entre la partie septentrionale de la Méditerranée et la baie de Biscaye, pendant la période du Miocène

Supérieur. Dans les collines dont la Superga forme une partie, les couches Tertiaires passent inférieurement au Miocène Inférieur que nous allons décrire (p. 286).

Formations du Miocène Supérieur de Grèce. —

A Pikermé, près d'Athènes, MM. Wagner et Roth ont trouvé et décrit un dépôt contenant les restes des genres *Mastodon*, *Dinotherium*, *Hipparion*, et deux espèces de *Girafes*, *Antelope*, etc., les unes vivantes, les autres éteintes. A ces restes étaient associés des ossements fossiles du *Semnopithecus*, prouvant que là, comme dans le midi de la France, les quadrumanes étaient caractéristiques de cette période. L'ensemble de la faune atteste qu'il existait anciennement une grande étendue de plaines à pâturages, remplacées aujourd'hui par la contrée montagneuse et accidentée de la Grèce. Ces plaines, qui se prolongeaient probablement jusque dans l'Asie Mineure, composaient la surface qu'occupe aujourd'hui, en partie, la mer Egée aux eaux profondes, avec ses îles nombreuses. Nous sommes redevables à M. Gaudry, qui a visité Pikermé, d'un traité sur ces ossements fossiles, montrant combien sont nombreuses les données qui contribuent à établir la théorie d'une transition des mammifères du Miocène Supérieur aux formes et genres actuels, après avoir traversé les formes Pliocènes et Pleistocènes. Cet auteur, par exemple, a reconnu un singe placée entre les genres vivants *Semnopithecus* et *Macacus*; un carnivore intermédiaire entre l'hyène et la civette, un pachyderme (*Hipparion*) qui se trouve entre l'*Anchiterium* et le cheval, et un ruminant entre le bouc et l'antilope. Si l'on compare cette faune avec celle de l'époque Eocène, on y remarque des différences notables qui sont données par le nombre des espèces de ruminants mises en regard de celles des pachydermes. M. Gaudry pense que le dépôt de Pikermé appartient à une période du Miocène Supérieur un peu plus récente que celle d'Eppelsheim que nous avons décrite ci-dessus (1).

Miocène Supérieur de l'Inde, Monts Siwàlik. —

Les monts Siwàlik forment la base occidentale de la chaîne Himalayenne et s'élèvent à une hauteur de 600 à

(1) Gaudry, *Considérations sur les mammifères de l'Époque Miocène*. 1873.

900 mètres. Entre la Jumna et le Gange, elles consistent en couches inclinées de grès, de galets, d'argile et de marne. Nous sommes redevables aux infatigables recherches, continuées pendant quinze ans, du Docteur Falconer et de Sir Proby Cautley, de la découverte, dans ces marnes et grès, d'une grande variété de fossiles mammifères et reptiles, associés à un grand nombre de coquilles d'eau douce. Sur 15 espèces de coquilles, des genres *Paludina*, *Melania*, *Ampullaria* et *Unio*, toutes sont éteintes ou inconnues, à l'exception de 4, qui habitent encore les rivières de l'Inde. Une pareille proportion entre les mollusques vivants et les mollusques éteints concorde parfaitement avec le caractère habituel d'une Faune Miocène Supérieure ou Falunienne, telle qu'on l'observe en Touraine, ou dans le bassin de Vienne, et ailleurs.

Les genres de mammifères y montrent les mêmes analogies. L'un d'eux, du genre *Chalicotherium* (*Anisodon* de Lartet), est un pachyderme intermédiaire entre le *Rhinocéros* et l'*Anoplothère*, et caractéristique des couches du Miocène Supérieure d'Eppelsheim, ainsi que de celles du midi de la France. On y rencontre aussi une forme éteinte d'hippopotame, appelé *Hexaprotodon*; une espèce d'*Hippotherium* et de porc, deux espèces de *Mastodonte*, deux d'éléphants et trois autres proboscidiens du même genre éléphant. Aucun de ces fossiles ne s'accorde avec les formes d'Europe, et ne peut servir d'intermédiaire entre les genres éléphant et mastodonte, constituant le sous-genre *Stegodon* de Falconer. Ces couches renferment encore un singe allié au *Semnopithecus entellus*, actuellement vivant dans l'Himalaya, et plusieurs ruminants. Parmi ces derniers, on peut citer, outre la girafe, le chameau, l'antilope, le cerf commun, etc., un nouveau type remarquable, le *Sivatherium*, ruminant gigantesque à quatre bois, allié à l'*Antilocapra*, le Prongbuck de l'Amérique du Nord. On y remarque également de nouvelles formes de carnivores, félines et canines, le *Machairodus*, par exemple, appartenant à la première de ces espèces; des hyènes, un sous-genre oursin, le *Hyænarctos*, et un animal d'une taille formidable, parent de la loutre (*Enhydriodon*).

La girafe, le chameau et une énorme autruche prouve-

raient que de vastes plaines se déroulaient anciennement à la place aujourd'hui occupée par la chaîne de collines escarpées, avec ravins profonds, qui courent de l'est à l'ouest sur une étendue de plusieurs centaines de kilomètres. Parmi les reptiles associés à ces fossiles, on rencontre plusieurs crocodiles, quelques-uns aux dimensions énormes, et l'un d'eux complètement identique, suivant Falconer, à une espèce vivant aujourd'hui dans le Gange (*C. Gangeticus*); ainsi qu'un autre saurien identifié par le même anatomiste avec une espèce actuelle de l'Inde. On y trouve enfin une espèce éteinte de tortue aux proportions gigantesques (*Colossochelys Atlas*), dont la carapace mesure 4^m,30 de long sur 2^m,40 de diamètre; on estime que la longueur totale de l'animal devait être de 6 mètres, et sa hauteur de 2^m,40.

On a également recueilli de nombreux fossiles du type Siwâlik dans l'île de Perim, dans le golfe de Gambey, et parmi ceux-ci une espèce de *Dinotherium*, genre si caractéristique de la période Miocène Supérieure d'Europe.

Formations du Vieux Pliocène et du Miocène, aux États-Unis. — Entre les monts Alleghany, formés de roches anciennes, et l'Atlantique, intervient, aux États-Unis, une région basse, occupée principalement par des couches de marne, d'argile et de sable se rapportant aux formations Crétacées et Tertiaires, mais principalement à ces dernières. L'élévation de cette plaine qui borde l'Atlantique ne dépasse pas généralement 30 mètres, bien que sur quelques points elle atteigne une hauteur plus considérable. Sa largeur, dans les États du Centre et du Sud, est habituellement de 150 à 200 kilomètres. Dans la Géorgie, l'Alabama et la Caroline du Sud, elle est presque entièrement composée de dépôts Eocènes; mais, dans la Caroline du Nord, le Maryland, la Virginie, le Delaware, on reconnaît la prédominance de couches plus modernes, de l'âge du Crag d'Angleterre et des Faluns de Touraine (1).

Dans les sables de la Virginie, on trouve à profusion une espèce d'*Astarte* (*A. undulata*, Conrad) qui ressemble beaucoup à l'*Astarte bipartita*, l'une des espèces les plus

(1) *Proceed. of the Geol. Soc.*, vol. IV, part. 3, 1845, p. 547.

communes à l'état fossile dans le Crag de Suffolk (*A. Omaliï*), et dont elle n'est peut-être qu'une variété; les coquilles qui se rapportent aux genres *Natica*, *Fissurella*, *Artemis*, *Lucina*, *Chama*, *Pectunculus* et *Pecten*, présentent une double analogie avec celles du Crag d'Angleterre et celles des Faluns de France, bien que les espèces soient presque toutes distinctes. Sur ces 147 fossiles d'Amérique, je n'en ai rencontré que 13 qui fussent communs à l'Europe; on les trouve en partie dans le Crag de Suffolk, et en partie dans les Faluns de Touraine; mais un trait caractéristique du groupe d'Amérique, c'est que non-seulement il contient plusieurs formes éteintes particulières telles que *Fusus quadricostatus*, Say, fig. 152, et *Venus tridacnoides*, abondantes dans les mêmes formations, mais aussi quelques coquilles comme

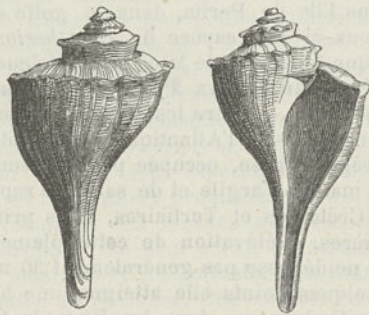


Fig. 151. — *Fulgur canaliculatus* (Maryland).

les *Fulgur caria* de Say et *F. canaliculatus* (fig. 151), *Calyptrea costata*, *Venus mercenaria*, Lam., *Modiola glandula*, Totten, et *Pecten magellanicus*, Lam., qui sont des espèces récentes, et, de plus, des formes aujourd'hui confinées dans le côté occidental de l'Atlantique. Ce fait implique que certaines traces du commencement de la distribution géographique actuelle des mollusques remontent jusqu'à la période Miocène.

Parmi les espèces de coraux, au nombre de dix, que m'avait fournis les bords de la rivière James, il en était

un qui se rapportait généralement à un corail qui vit aujourd'hui sur la côte des États-Unis. Relativement au

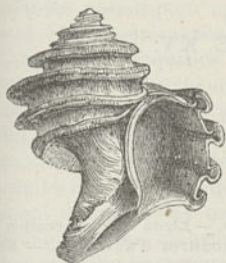


Fig. 152. — *Fusus quadricostatus*, Say (Maryland).

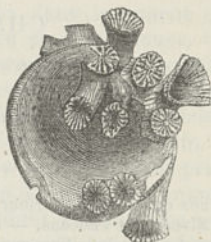


Fig. 153. — *Astrangia lineata* (Lonsdale). Syn. *Anthophyllum lineatum*, Williamsburg (Virginie.)

climat, M. Lonsdale regarde ces coraux comme indiquant une température supérieure à celle de la Méditerranée, et les coquilles conduiraient à des conclusions semblables. Les fossiles de la rivière James se trouvent par le 37° degré de latitude N., tandis que les Faluns de France sont situés sous le 47°. Cependant les formes d'Amérique n'indiqueraient pas positivement un climat aussi chaud que celui qui a dû régner en France à l'époque de l'origine des couches Miocènes de Touraine.

Parmi les débris de poissons qui appartiennent à ces couches Post-Eocènes des États-Unis, il faut citer plusieurs grosses dents d'animaux appartenant à la famille des squales et qui ne diffèrent point spécifiquement des fossiles faluniens de Touraine.

CHAPITRE XV.

MIOCÈNE INFÉRIEUR (1).

Couches du Miocène Inférieur de France. — Ligne de démarcation entre le Miocène et l'Eocène. — Couches lacustres d'Auvergne. — Mammifères fossiles de la Limagne d'Auvergne. — Molasse Inférieure de Suisse. — Conglomérats puissants et preuves d'affaissements. — Flore de la Molasse Inférieure. — Caractère Américain de la flore. — Théorie d'une Atlantide Miocène. — Miocène Inférieur de Belgique. — Argile Rupélienne de Hermsdorf, près de Berlin. — Bassin de Mayence. — Miocène Inférieur de Croatie. — Couches Oligocènes de Beyrich. — Miocène Inférieur d'Angleterre. — Lits de Hempstead. — Lignites de Bovey-Tracy, dans le Devonshire. — Lits à feuilles de l'île de Mull. — Flore Miocène arctique. — Ile Disco. — Miocène Inférieur des États-Unis. Fossiles de Nebraska.

Ligne de démarcation entre les formations Miocènes et Eocènes. — Nous avons déjà dit dans la description des faluns marins de la Loire, qu'ils reposent, en certains endroits, sur un calcaire tertiaire d'eau douce, dont des fragments détachés ont roulé sur les plages et dans le lit de la mer du Miocène Supérieur. On trouve fréquemment à Pontlevoy (Cher), de semblables galets, percés de trous qui contiennent encore les coquilles marines de la période falunienne qui les ont perforés. Un tel mode de superposition suppose un intervalle de temps entre l'origine du calcaire d'eau douce et sa submersion par les eaux de la mer du Miocène Supérieur. Le calcaire en question constitue une partie de la formation, appelée Calcaire de la Beauce, qui forme un vaste plateau entre les bassins de la Loire et de la Seine. Il est associé à des marnes et autres dépôts, analogues à ceux qui se produi-

(1) Oligocène de Beyrich.

sent dans les marais et dans les lacs peu profonds de la portion la plus récente d'un grand delta. Des lits de silex, continus ou en nodules, sont accumulés dans ces lacs, et des plantes aquatiques appelées *Charæ*, ont laissé leurs tiges et leurs péricarpes incrustés dans la marne et le silex, avec des coquilles terrestres et d'eau douce. Certaines roches siliceuses de cette formation sont exploitées sur une grande échelle pour la confection des meules à moulin. Les plateformes des collines autour de Paris, de vastes surfaces dans la forêt de Fontainebleau, et le Plateau de la Beauce, que nous avons déjà cité, sont principalement composés de ces couches d'eau douce. Immédiatement après, dans un ordre descendant, viennent les sables marins et le grès, communément appelé grès de Fontainebleau, qui a fourni un nombre considérable de coquilles, très-distinctes de celles des Faluns, à Étampes, au sud de Paris, à Montmartre et autres collines, situées dans Paris même ou dans ses faubourgs. On rencontre au fond de ces sables une argile verte, contenant une petite huître, *Ostrea cyathula*, Lam.; bien que d'une faible épaisseur cette argile est répandue sur une vaste surface. Elle repose immédiatement sur le gypse de Paris, ou série de lits de gypse et de marne gypseuse, dont Cuvier retira le premier plusieurs espèces de *Paleotherium* et d'autres mammifères éteints (1).

C'est à la jonction de l'argile et du gypse que la majeure partie des géologues français ont toujours tracé la ligne de démarcation entre le Tertiaire Moyen et le Tertiaire Inférieur, ou entre le Miocène et l'Eocène, prenant les sables de Fontainebleau et l'argile de l'*Ostrea cyathula* comme base du Miocène, et le gypse avec ses mammifères comme le sommet du groupe Eocène. Je n'adoptais pas autrefois cette méthode de division, mais je pense aujourd'hui qu'elle est la seule qui concorde avec la distribution des mammifères du Miocène, lorsque les mollusques, même des sables de Fontainebleau, que l'on supposait autrefois montrer une prédominance d'affinité pour la faune Eocène, sont aujourd'hui reconnus concorder intimement avec les fossiles de certains dépôts qui ont toujours passé,

(1) *Bulletin*, 1836, *Journ.*, vol. XII, p. 768.

à Mayence et en Belgique, pour des formations Tertiaires Moyennes. En réalité, nous en sommes maintenant arrivés, en fait de progrès, au point de reconnaître que la ligne de démarcation entre le Miocène et l'Eocène, de quelque manière qu'on la tire, ne sera qu'une ligne arbitraire ou de pure convention, ainsi que j'aurai l'occasion de le démontrer quand je décrirai dans le seizième chapitre, les formations de l'Eocène Supérieur de l'île de Wight.

Couches du Miocène Inférieur du centre de la France. — En Auvergne, dans le Cantal, dans le Velay, on observe de nouveau, plus au Sud, des couches lacustres appartenant la plupart au même système Miocène que le Calcaire de la Beauce; ce sont comme les monuments d'anciens lacs, analogues à ceux de la Suisse actuelle; et qui, s'alimentant d'une ou plusieurs rivières et torrents, auraient rempli les dépressions d'une contrée montagneuse. La région où l'on rencontre ces couches est presque entièrement formée de granite et de différentes variétés de schiste granitique, avec quelques lambeaux épars de couches Secondaires, très-disloquées, et qui ont probablement souffert une grande dénudation. On y voit aussi de vastes accumulations de matières volcaniques, plus récentes pour la plupart que les couches d'eau douce sur lesquelles elles reposent quelquefois, mais, sur divers points, évidemment contemporaines de ces mêmes couches. Je traiterai particulièrement de ces roches ignées dans une autre partie de cet ouvrage.

L'étude des dépôts du centre de la France présente un intérêt tout à fait distinct de celui que peuvent offrir les terrains tertiaires de Paris ou de l'Angleterre. En effet, on rencontre en Auvergne des preuves évidentes d'événements d'une grandeur et d'une magnificence extraordinaires, qui ont profondément modifié la forme et les traits primitifs de la contrée, sans cependant les effacer assez complètement pour que l'imagination ne puisse les rétablir au moins en partie. — De grands lacs ont disparu — de hautes montagnes se sont formées par suite de l'émission réitérée de laves, précédée et suivie de pluies de cendres et de scories, — de profondes vallées ont été creusées au travers des masses d'origine lacustre ou volcanique, — et, à une date plus rapprochée de nous, de nouveaux

cônes ont surgi dans ces vallées; — puis, des rivières ayant été barrées, de nouveaux lacs ont pris naissance, — et plusieurs créations de quadrupèdes, d'oiseaux et de plantes correspondant à l'Eocène, au Miocène et au Pliocène, se sont succédé; et pourtant la région a toujours conservé une telle physionomie géographique, que l'esprit peut encore se retracer les conditions extérieures et la structure physique qu'elle présentait avant que ces changements extraordinaires se fussent accomplis, ou après l'accomplissement partiel de cette révolution. Il dut y avoir une première période pendant laquelle des lacs spacieux, dont on peut encore reconnaître les limites, s'étendaient au pied de montagnes d'élévation moyenne qui n'offraient encore ni les pics élancés ou les précipices du Mont-Dore, ni les contours pittoresques du Puy-de-Dôme, ni ces cônes et cratères qui couvrent aujourd'hui tout le plateau granitique. Pendant cette première scène de repos, des deltas se formèrent lentement; des couches de marne et de sable se déposèrent sur plusieurs centaines de mètres d'épaisseur; des roches siliceuses et calcaires se précipitèrent des eaux de sources minérales; des coquilles et des insectes furent enfouis avec divers débris de crocodiles et de tortues, des œufs et des os d'oiseaux aquatiques, ainsi que des squelettes de quadrupèdes appartenant, pour la plupart, aux genres et aux espèces caractéristiques de la période Miocène, restèrent ensevelis au sein des couches. A ces conditions tranquilles de la surface succédèrent des éruptions volcaniques; les lacs furent mis à sec, et la fertilité du district montagneux augmenta probablement par la matière ignée qui vint d'en bas se répandre sur le granite plus stérile. Durant ces éruptions, qui paraissent avoir eu lieu vers la fin de l'époque Miocène, et s'être continuées pendant celle du Pliocène, le mastodonte, le rhinocéros, l'éléphant, le tapir, l'hippopotame, le bœuf et différentes sortes de daim, l'ours, l'hyène et divers animaux de proie habitaient les forêts ou paisaient sur la plaine, et se trouvaient parfois exposés à la chute de cendres brûlantes ou à ces inondations de boue que l'on voit aujourd'hui accompagner certaines éruptions volcaniques. Enfin, ces quadrupèdes disparurent et firent place à leur tour aux espèces actuelles. Pendant cette série

d'événements, rien n'indique l'intervention de la mer, ni d'autres dénudations que celles produites par des courants se rendant dans les lacs, par des inondations qui accompagnaient des tremblements de terre réitérés, ou par les commotions souterraines, alors que le niveau du sol se trouvait modifié sur différents points, et que la contrée tout entière était peut-être exhaussée relativement aux régions voisines de France.

Auvergne. — Le groupe d'eau douce le plus septentrional est situé dans la plaine-vallée de l'Allier qui comprend le Puy-de-Dôme et était autrefois désignée sous le nom de Limagne d'Auvergne. Ce district comprend, en largeur, une étendue moyenne, d'environ 32 kilomètres; il est en grande partie composé de couches presque horizontales de sable, de grès, de marne calcaire, d'argile et de calcaire; aucune de ces couches ne montre un ordre de superposition fixe et invariable. Les masses de granit et d'autres roches qui s'élèvent hardiment au-dessus de la plaine permettent de tracer avec assez de précision les anciens bords du lac dans lequel se sont accumulés les lits d'eau douce. Cependant, on aperçoit rarement aujourd'hui la jonction de la formation lacustre et du granite, car ordinairement une petite vallée les sépare. Sur certains points, les couches d'eau douce conservent leur horizontalité à une très-petite distance des roches qui forment le bord, tandis que sur d'autres, elles sont inclinées et parfois même verticales. Les divisions principales qu'on peut admettre dans les séries lacustres sont les suivantes : 1° grès, grès grossier (grit), et conglomérat avec marne rouge et grès rouge; 2° marnes feuilletées vertes et blanches; 3° calcaire ou travertin, souvent de structure oolihique; 4° marnes gypseuses.

Les rapports entre ces divers groupes ne sauraient être bien clairement saisis par l'étude d'une seule coupe; aussi le géologue qui s'attendrait à y trouver un ordre fixe de succession s'étonnera peut-être de voir différentes parties du bassin donner des résultats contradictoires. La division arénacée, les marnes et le calcaire, se rencontrent tous sur certains points, alternant les uns avec les autres; ici, par conséquent, on ne saurait nier l'existence d'un arrangement régulier. Généralement, les sables, le grès et

le conglomérat constituent un groupe littoral ; les marnes feuilletées, blanches et vertes, forment un dépôt central, contemporain, de plus de 210 mètres de puissance et divisé en feuillets très-minces, — caractère qui provient souvent des innombrables coquilles ou carapaces valvulaires que le petit crustacé *Cypris* a répandues dans les anciens lacs d'Auvergne ; enfin, le calcaire est presque toujours subordonné aux portions les plus nouvelles des deux groupes précédents.

A l'époque où l'ancien lac de la Limagne commença à se remplir de sédiment, l'action volcanique n'avait probablement encore produit ni laves ni scories sur aucun point de la surface de l'Auvergne. Aucun galet de lave n'avait par conséquent pénétré dans le lac, aucun fragment de roche volcanique n'avait été enfoui dans le conglomérat ; mais, lorsque, postérieurement à l'accumulation d'une épaisseur considérable de grès et de marne, des éruptions eurent lieu, des laves et des tufs vinrent se déposer et sur certains points alterner avec des couches lacustres. Pendant les convulsions successives qui précédèrent le développement de l'action volcanique, les sources froides ou thermales, tenant différents principes en dissolution, purent devenir plus nombreuses et multiplier les dépôts de carbonate et de sulfate de chaux, de silice et d'autres matières minérales ; cette hypothèse expliquerait aussi la prédominance de ces matières dans les couches supérieures. Les mouvements souterrains modifièrent ensuite les niveaux relatifs de la contrée, mirent les lacs à sec et empêchèrent toute accumulation ultérieure de couches d'eau douce régulières.

Mammifères du Miocène Inférieur de la Limagne. — Il est à peine possible de déterminer l'âge de la partie la plus ancienne des formations d'eau douce de la Limagne, car ces masses de couches, sablonneuses ou marneuses, sont dépourvues de fossiles. La plupart des lits les plus inférieurs peuvent appartenir à l'Éocène Supérieur, quoique, suivant M. Pomel, on n'ait découvert en Auvergne qu'un seul os de *Paleotherium*. Mais, dans le Velay, M. Aymard a trouvé, dans des couches contenant des fossiles mammifères, communs à la Limagne, jusqu'à quatre espèces de Paléothère, dont l'une est gé-

néralement regardée comme identique avec le *Paleotherium magnum*, fossile incontestablement de l'Eocène Supérieur, du gypse de Paris; les trois autres sont particulières à la formation.

Le plus grand nombre des autres mammifères de la Limagne appartient, sans aucun doute, aux genres et espèces généralement propres au Miocène Inférieur. Le *Cainotherium* de Bravard, par exemple, genre assez voisin de l'*Anoplotherium*, est représenté par plusieurs espèces, dont l'une, suivant Waterhouse, se confond avec celle du *Microtherium Renggeri* du bassin de Mayence. De même, le fossile d'Auvergne, *Amphitragulus elegans*, de Pomel, est identifié par Waterhouse avec le *Dorcattherium nanum* de Kaup, espèce rhénane provenant de Weissenau, près de Mayence. Une petite espèce de rongeur, du genre *Titanomys* de H. Von Meyer, est également commune au Miocène Inférieur de Mayence et à la Limagne d'Auvergne, et il existe sur ce sujet d'autres points nombreux de concordance que tend à dissimuler le désaccord dans la nomenclature. Un genre remarquable de carnivore, l'*Hyænodon* de Laizer, est représenté par plus d'une espèce, et a été également trouvé dans les marnes de l'Eocène Supérieur de Hordwell Cliff, dans le Hampshire, précisément au-dessous du niveau du calcaire de Bembridge, ce qui prouve que la formation est plus ancienne que le gypse de Paris. Avec ce dernier fossile, on rencontre dans les mêmes couches de la Limagne plusieurs espèces de l'opossum (*Didelphis*). Les mammifères énumérés par M. Pomel, comme appartenant à la faune du Miocène Supérieur de la Limagne et du Velay, s'élève presque au nombre de cent, et ils sont associés à des tortues et à des crocodiles de grandes dimensions, ainsi qu'à des reptiles Ophidiens et Batraciens. Les oiseaux de la Limagne et ceux du bassin de Mayence sont, suivant M. Milne-Edwards, presque identiques. Parmi ceux de la Limagne, on trouve des espèces éteintes de canards, cigognes, et d'autres individus de la famille des hirondelles.

Molasse inférieure de Suisse. — Nous avons décrit, dans le chapitre précédent, les deux divisions supérieures de la Molasse Suisse, dont l'une est d'eau douce et l'autre marine; nous allons traiter maintenant de la

troisième division qui est de l'âge du Miocène inférieur. Cette Molasse Inférieure est presque entièrement d'eau douce; cependant quelques-uns de ses lits inférieurs contiennent un mélange de coquilles marines et fluviales, telles que le *Cerithium margaritaceum*, fossile bien connu du Miocène Inférieur, et qui fait partie des espèces marines. Quoique les couches de ce Miocène Inférieur consistent pour la plupart en vieux lits à galets de plusieurs centaines de mètres d'épaisseur, comme dans le Rigi, près de Lucerne, et dans la Speer, près de Wesen, montagnes de 1,500 à 2,000 mètres de hauteur, c'est près du niveau de la mer ou au-dessous que le dépôt de toute la série a dû prendre naissance.

L'épaisseur des conglomérats est très-souvent inégale, dans des districts très-rapprochés, comme on pouvait s'y attendre, vu que dans la formation littorale, les couches de galets ont dû s'accumuler et former un exhaussement sur certains points voisins de l'embouchure des rivières, et se réduire, au contraire, à des dimensions comparativement modiques dans les endroits dépourvus de cours d'eau ou traversés seulement par de petites sources qui descendaient vers la côte. Nonobstant l'affaissement graduel de la côte et du fond de la mer adjacente, les rivières continuèrent de couvrir de leurs deltas la plaine enfoncée, jusqu'à ce que, finalement, par suite d'un abaissement excessif, la mer de la Molasse Moyenne envahit la terre, et des couches marines se précipitèrent sur la masse épaisse du dépôt d'eau douce et saumâtre, ou Molasse Inférieure, qui s'était accumulée antérieurement.

Flore de la Molasse inférieure. — La partie de la Molasse Suisse qui appartient exclusivement à la période du Miocène Inférieur a fourni plus de cinq cents espèces végétales, nombre supérieur à celui que nous avons déjà signalé comme se rencontrant dans les deux divisions supérieures. Le lieu le plus favorable pour étudier le Miocène Inférieur de Suisse est situé sur les bords septentrionaux du lac de Genève, entre Lausanne et Vevey, où se trouvent côte à côte les deux villages de Monod et de Rivaz. Dans cette localité, les couches que j'ai examinées sur les lieux se composent de conglomérat, de grès et de marnes à lames minces, avec plantes fossiles. Un

petit cours d'eau tombe en cascades successives sur les lits plus durs de poudingue qui résistent à cette chute, tandis que les grès, les schistes avec plantes, et les marnes sont emportés. Dans ces dernières couches, MM. Heer et Gaudin ont obtenu jusqu'à 193 espèces de plantes, et leur découverte a servi à déterminer le vrai type de la végétation dans les formations du Miocène Inférieur de Suisse. Cette végétation qui, par ses caractères, s'éloigne beaucoup plus de la végétation actuelle d'Europe que de celle qui distingue les membres élevés de la série précédemment étudiée, présente cependant une si grande affinité avec la flore d'Eningen que les botanistes ont été naturellement conduits à rapporter le tout à une seule et même période Miocène. En effet, on n'y compte pas moins de 81 espèces végétales du Vieux Miocène qui ont pénétré dans la flore supérieure d'Eningen.

Ce fait est important par rapport à la classification de la Molasse Inférieure de Suisse ; il permet de rapporter cette formation au Miocène plutôt qu'à la dernière partie de la période Eocène. En effet, on remarque parmi les espèces ou les genres fossiles un si grand nombre de types largement distribués dans toute la Molasse, que la flore entière en est marquée d'un caractère d'unité, malgré le contraste qu'offrent entre elles les plantes des formations supérieures et celles des formations inférieures, c'est-à-dire d'Eningen et de Monod. Les preuves d'un climat plus chaud et la prédominance des plantes arborescentes et des arbres à feuillage persistant sur les végétaux herbacés et à feuilles caduques sont des caractères communs à toute la flore, et qui s'accroissent davantage à mesure que l'on descend vers les dépôts inférieurs.

A Monod, presque toutes les plantes sont renfermées dans trois couches de marne séparées par deux couches de grès tendre. L'épaisseur de ces marnes est de 3 mètres, et la matière végétale domine dans certaines couches au point de former un lignite imparfait. L'un de ces lits est rempli de grandes feuilles d'une espèce de figuier (*Ficus populina*) et de charme (*Carpinus grandis*), qui probablement se trouvaient déjà très-développées lorsqu'elles furent poussées dans le lac par la force d'un vent très-

violent, tandis que d'autres couches contiguës contiennent presque exclusivement de petites feuilles, ce qui paraît indiquer une diminution dans l'impétuosité du vent, pendant la formation de ce dépôt. Quelques lits supérieurs de Monod abondent en feuilles de Protéacées, de Cypéracées et de fougères, tandis que dans les lits inférieurs les *Sequoia*, *Cinnamomum* et *Spargatium* sont communs. On a trouvé dans une couche de grès le tronc d'un palmier-éventail non accompagné d'autres fossiles, et près de Vevay, dans la même série du groupe Miocène inférieur, les feuilles d'un palmier du genre *Sabal*, actuellement propre à l'Amérique du Nord (fig. 154).

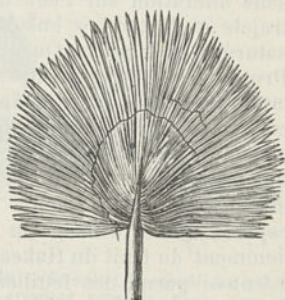


Fig. 154. — *Sabal major*, Esp. Vuger Vevay, Miocène Inférieur. (Heer, pl. 41.)

Parmi les autres genres de la même classe, on remarque une *Flabellaria*, recueillie près de Lausanne, et un magnifique *Phœnicites* de la même famille que le dattier. A l'époque où ces plantes fleurissaient le climat devait être beaucoup plus chaud que maintenant. Les Alpes étaient sans doute moins élevées, et les palmiers que l'on trouve aujourd'hui dans des couches situées à une hauteur de 600 mètres au-dessus de la mer poussaient presque à son niveau; c'est ce que démontre le caractère d'eau saumâtre de la plupart des lits dans lesquels ces arbres ont été transportés des côtes voisines par les vents ou par les rivières.

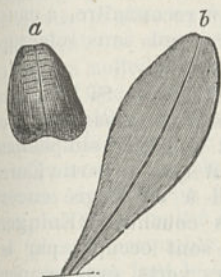
Dans les mêmes dépôts à végétaux fossiles de la Molasse inférieure de Suisse, on a trouvé des feuilles appartenant à l'ordre des Proteacées que nous avons déjà signalé comme étant parfaitement représenté dans les couches d'Eningen (voir p. 275). Les Protées et autres plantes de cette famille existent actuellement au Cap de Bonne-Espérance, tandis que les Banksias et un groupe de genres distincts de ceux d'Afrique, croissent plus vigoureusement dans les parties méridionales et tempérées

de l'Australie. Ces plantes, d'après Heer, vivaient probablement sur un sol sec et montagneux, et la nature de leurs feuilles rigides et tenant du cuir doit avoir favorisé leur conservation, en leur permettant de flotter sans altération sur l'eau d'une rivière pendant de longs trajets et de tomber ensuite au fond, lorsqu'elles étaient saturées de liquide. On a bien objecté que le fruit des Proteacées, en raison de sa texture si dure et si résistante, aurait dû fournir des spécimens plus nombreux; mais on peut répondre qu'on a trouvé dans les couches Eocènes de Sheppey un grand nombre de cônes, qui sont généralement reconnus comme étant de l'ordre des proteacées et comme appartenant au moins à deux espèces (voir p. 322). On peut dire aussi, qu'indépendamment du fruit du *Hakea*, déjà mentionné (p. 275), Heer a trouvé parmi des feuilles fossiles, ayant exactement la forme et la nervure de celles du *Banksia*, un fruit précisément identique à celui que peut donner un cône de cette plante, et qu'il a recueilli récemment un spécimen du même genre dans les couches du Miocène Inférieur de Lucerne. Ces fruits ont pu se détacher d'un cône trop mûr, comme cela arrive souvent pour les graines du sapin, *Pinus abies*, que l'on trouve répandues sur le sol dans nos bois. Il est parfaitement connu que chez les Proteacées vivantes les cônes tiennent fortement aux branches, de sorte que les graines se séparent du cône même sans que celui-ci tombe à terre; c'est peut-être pour cette raison qu'on a trouvé dans certains cas des graines fossiles sans rencontrer aucune trace de cône.

Parmi les conifères, la *Sequoia*, représentée ici (fig. 156) se trouve communément à Rivaz, et tout en étant une des plantes les plus généralement répandues dans le Miocène Inférieur de Suisse, caractérise aussi les Brown Coals Miocènes d'Allemagne et certains lits de la vallée de l'Arno, que j'ai rangés dans le vieux Pliocène (p. 255).

Parmi les fougères trouvées à profusion à Monod, on doit citer la *Lastræa stiriaca*, Unger, qui occupe une large place dans la période Miocène, à partir des couches de l'âge d'Eningen jusqu'aux lits les plus inférieurs de la Molasse Suisse. Dans quelques spécimens, comme le montre la figure 157, la fructification est parfaitement visible.

Parmi les lauriers, plusieurs espèces *Cinnamomum* sont très-remarquables. Outre le *C. Polymorphum* déjà représenté p. 271, on en rencontre une autre espèce dans la



ig. 155. — a. Fruit d'un Banksia fossile.
b. Feuille du Banksia Deckiana



Fig. 156. — *Sequoia Langsdorffii*, Ad. Brong. $\frac{1}{5}$ grandeur naturelle. Rivaz. près de Lausanne (Heer, pl. 21, fig. 4). Miocènes Supérieur et Inférieur et Pliocène Inférieur. Val de l'Arno.
a. Branche avec feuilles. b. Jeune cône.

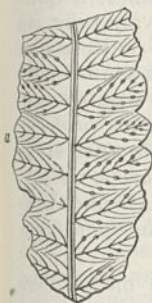


Fig. 157. — *Lastrea striata*, Ung. (Flore de Heer, pl. 143, fig. 8.)
Grandeur naturelle. Miocènes Supérieur et Inférieur. Suisse.

a. Échantillon recueilli à Monod, montrant la position des sores au milieu des nervures tertiaires.
b. Aspect le plus ordinaire de la plante, lorsque les sores restent et les nervures sont oblitérées

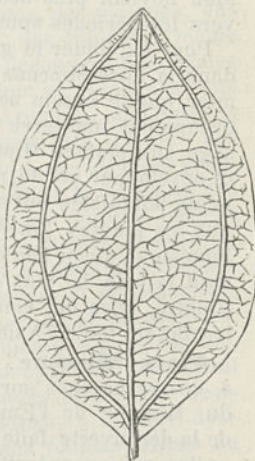


Fig. 158. — *Cinnamomum Rossmassleri*, Heer. *Daphnogène cinnamomifolia*, Unger. Miocènes Supérieur et Inférieur. Suisse et Allemagne.

série des couches à partir de la Molasse Inférieure jusqu'à la Molasse Supérieure de Suisse; elle est très-caractéristique des divers dépôts de Brown Coal en Allemagne, et a été nommée par Heer *Cinnamomum Rossmässleri* (voir fig. 158). Ses feuilles sont faciles à reconnaître, à cause de deux veines latérales qui concourent sans interruption à se réunir au même point.

Caractère Américain de la flore. — Si l'on considère ces plantes comme constituant la masse de la végétation du Miocène Inférieur, et non pas simplement comme une liste d'espèces, on voit que la partie Européenne de la flore fossile descend à un degré encore plus bas de l'échelle que dans les couches d'Eningen, tandis que les degrés supérieurs sont occupés par les formes Américaines, chênes toujours verts, érables, peupliers, platanes, Liquidambar, Robinia, Sequoia, Taxodium et pins aux feuilles ternées. On y remarque aussi une plus grande fusion de caractères appartenant aujourd'hui à des provinces botaniques distinctes, et cette fusion devient plus sensible à mesure que l'on remonte vers les périodes antérieures de l'Eocène et du Crétacé.

Pour expliquer le grand nombre de genres Américains dans la flore Miocène d'Europe, Unger avança, le premier, que le bassin actuel de l'Atlantique avait jadis été occupé par une terre ferme qui avait servi de libre passage aux plantes Miocènes; cette doctrine a été défendue et développée par le professeur Heer. Mais d'autres éminents botanistes ont soutenu qu'il est bien plus probable que les plantes Américaines sont venues de l'est et de l'ouest, et qu'au lieu d'être parvenues en Europe en suivant la voie la plus courte à travers une Atlantide imaginaire, elles ont émigré dans une direction opposée en traversant toute l'Asie.

Flore Miocène Arctique. — Quand on se livre, à des recherches sur l'origine géographique des plantes du Miocène de l'Europe centrale, il faut tenir compte de la découverte faite récemment d'une riche flore terrestre qui prospérait dans les régions Arctiques, pendant la période du Miocène, et dont un grand nombre d'espèces ont émigré d'un centre commun pour se rendre dans les continents actuels d'Europe, d'Asie et d'Amérique.

Le professeur Heer, après avoir examiné les diverses collections de plantes fossiles qui ont été recueillies dans le Groenland septentrional (70° de latitude), en Islande, au Spitzberg et dans d'autres parties des régions Arctiques, a constaté qu'elles appartenaient à la période Miocène et indiquaient un climat tempéré (1). En comprenant dans le total les collections que M. Whymper a récemment apportées du Groenland, la flore Miocène Arctique compte actuellement 194 espèces, et celle du Groenland 137, sur lesquelles 46 espèces, c'est-à-dire exactement le tiers, sont identiques avec les plantes trouvées dans les couches du Miocène de l'Europe centrale. Les arbres entrent pour bien plus de la moitié dans ce nombre, et le fait est d'autant plus remarquable, qu'en ce moment il n'existe pas d'arbres dans tout le Groenland, même à 10° au delà du sud de cette région.

On a trouvé plus de trente espèces de conifères, comprenant plusieurs *Sequoias* (alliés au *Wellingtonia* gigantesque de la Californie), avec des espèces de *Thujopsis* et de *Salisburia*, qui sont aujourd'hui propres au Japon. Il y avait aussi des hêtres, des chênes, des platanes, des peupliers, des érables, des noyers, des tilleuls et même un magnolia, dont on a récemment découvert deux cônes qui prouvent que cet arbre magnifique ne vivait pas seulement dans l'intérieur du cercle Arctique, mais qu'il y mûrissait encore ses fruits. La plupart des tilleuls, des platanes et des chênes, appartenaient à des espèces grandifoliées; et, dans plusieurs cas, les fleurs et les fruits qui accompagnaient d'énormes quantités de feuilles étaient parfaitement conservés. Parmi les arbustes, beaucoup étaient à feuillage persistant; on y a remarqué l'*Andromeda*, et deux genres éteints *Daphnogène* et *McClintockia*, avec de belles feuilles tenant du cuir, mêlés au coudrier, au buisson ardent, au houx, au campêche et à l'aubépine. Les *Potamogeton*, *Sparganium* et *Menyanthes* poussaient dans les marécages, tandis que le lierre et la vigne s'entrelaçaient autour des arbres des forêts, à l'ombre desquels vivaient des fougères à larges feuilles. Même au Spitzberg, par 78° 53' de latitude nord, on a recueilli jus-

(1) Heer, *Flora Fossilis Arctica* et *Fossil Flora von Alaska*, 1863.

qu'à cent trente et une espèces de plantes fossiles, comprenant des *Taxodium* de deux espèces, des coudriers, peupliers, aunes, hêtres, platanes et tilleuls (1). L'existence d'arbres aussi vigoureux dans une région située à 42° du pôle, où l'on ne voit aujourd'hui pour toute végétation, que le saule nain et quelques plantes herbacées, et où le sol est recouvert de neiges et de glaces presque perpétuelles, est un fait vraiment remarquable.

L'identité d'une si grande partie de fossiles avec les espèces du Miocène de l'Europe centrale et de l'Italie prouve non-seulement que le climat du Groenland était alors plus chaud qu'il ne l'est aujourd'hui, mais conduit encore à supposer qu'un climat bien plus uniforme régnait sur tout l'hémisphère septentrional. Cette conjecture est aussi indiquée par le caractère général de la flore du Miocène Supérieur de l'Europe centrale, qui ne demandait pas une température moyenne bien supérieure à celle qui existe de nos jours, en y supposant l'absence de tout hiver froid comme dans les climats insulaires. Le Professeur Heer pense que la température moyenne du Groenland septentrional doit avoir été de 30° au moins plus élevée que celle qui règne actuellement dans cette contrée, tandis que pour atteindre la température en question il suffirait probablement d'augmenter de 10° celle dont jouit en moyenne l'Europe centrale. La localité où se trouve conservée cette flore merveilleuse s'appelle Atanekerdluk; elle est située dans le Groenland septentrional (70° de latitude), sur une colline, à la hauteur de 360 mètres au-dessus du niveau de la mer. On y voit une série considérable de couches sédimentaires percées par des roches volcaniques. Les plantes fossiles se rencontrent dans tous les lits, et les troncs d'arbres de la grosseur d'un homme que l'on y trouve souvent debout associés à de nombreux échantillons de fleurs et de fruits en bon état de conservation, prouvent suffisamment que les plantes ont poussé sur les lieux mêmes d'où on les retire aujourd'hui. En d'autres localités situées sur la même partie de la côte, et à l'île Disco, des lits tertiaires de houille d'excellente qualité abondent, et sont interstratifiés avec

(1) Heer, *Flore et Faune Miocènes de Suisse*. Stockholm, 1870.

des couches de grès dans lesquelles on a recueilli aussi des plantes fossiles semblables à celles d'Atanekerdluk.

Miocène inférieur de Belgique. — Les lits du Miocène supérieur du Bolderberg, mentionnés page 278, reposent sur le Rupélien de Dumont, formation du Miocène Inférieur qui se montre de la manière la plus sensible aux villages de Rupelmonde et de Boom, à 16 kilomètres sud d'Anvers, sur les rives de la Scheldt, et près de la jonction de cette rivière avec le petit cours d'eau appelé le Rupel. L'argile à tuiles largement exploitée dans cette localité est très-abondante en fossiles; elle atteint l'épaisseur de 30 mètres, et, quoique d'un âge très-différent, ressemble beaucoup, par ses caractères minéralogiques, à l'*Argile de Londres*. Elle contient comme elle des *Sep-taria*, ou concrétions de calcaire argileux, traversées par des fissures intérieures qui sont remplies de spath calcaire. Les coquilles, qui peuvent être rapportées à 40 espèces environ, ont été décrites par MM. Nyst et de Koning. La *Leda* (ou *Nucula Deshayesiana*, fig. 156) y est de beaucoup la plus abondante; ce fossile est inconnu jusqu'à présent dans les couches Tertiaires d'Angleterre, mais lorsque les individus en sont jeunes, ils ressemblent beaucoup à la *Leda amygdaloïdes* de l'Argile de Londres proprement dite (voir fig. 216 p. 334). Parmi d'autres coquilles caractéristiques figurent le *Pecten Hæninghausii*, une espèce de *Cassidaria*, et plusieurs autres du genre *Pleurotoma*. Une grande partie de ces testacés concordent avec les espèces de l'Éocène d'Angleterre : tels sont l'*Actæon simulatus*, Sow., *Cancellaria èvulsa*, Brander, *Corbula pisum* (fig. 161), et *Nautilus* (*Aturia*) *ziczag*. Ces fossiles sont accompagnés de dents de différents squales, tels que le *Lamna contordidens*, Ag., *Oxyrhina xiphodon*, Ag., *Carcharodon angustidens* (voir fig. 199, p. 327), Ag., et autres poissons, dont quelques-uns sont communs aux couches de l'Éocène Moyen.

Couches de Kleyn-Spawen. — On ne saurait mieux étudier la succession des couches du Miocène inférieur de Belgique qu'aux environs de Kleyn-Spawen, village situé à 18 kilomètres ouest de Maëstricht, dans l'ancienne province Belge du Limbourg. On a obtenu dans cette ré-

gion 200 espèces de testacés marins et d'eau douce, avec un grand nombre de foraminifères et des débris de poissons. Dans aucune des couches du Miocène Inférieur de Belgique, je n'ai pu trouver de Nummulites; et M. d'Archiac (*Monographie*, p.79-100) avait déjà observé que ces foraminifères caractérisent sa *Série Tertiaire Inférieure*, comparée avec la série Moyenne, et servent, par conséquent, de caractère distinctif entre l'Eocène et le Miocène, au moins en Belgique et dans le nord de la France. Entre les lits de Bolderberg et l'argile Rupélienne, il existe en Belgique une grande lacune qui semblerait être comblée, suivant M. Beyrich, dans le nord de l'Allemagne, par ce qu'il appelle les couches de Sternberg, et que Dumont, s'il les eût trouvées en Belgique, aurait probablement désignées sous le nom de Rupélien Supérieur.

Miocène inférieur d'Allemagne. — *Argile Rupélienne de Hermsdorf, près de Berlin.* — Le Professeur Beyrich a décrit une masse d'argile, employée à la fabrication des tuiles, près du village de Hermsdorf, à 11 kilomètres des portes de Berlin. Cette argile qui se trouve sous les sables dont la contrée est en grande partie recouverte, a plus de 12 mètres d'épaisseur; sa couleur est d'un gris bleuâtre foncé, et contient, comme le dépôt de Rupelmonde, des septaria. Parmi ses autres coquilles, abondent la *Leda Deshayesiana*, déjà citée (fig. 159), et plusieurs espèces de *Pleurotoma*, *Voluta*, etc. Une certaine proportion des fossiles est spécifiquement identique avec ceux de Rupelmonde.



Fig. 159. — *Leda (Nucula) Deshayesiana*, Nyst.

Bassin de Mayence. — Le Dr F. Sandberger a publié une description des formations tertiaires de Mayence, lesquelles, sur une étendue de 8 à 20 kilomètres de largeur, occupent toute la rive gauche du Rhin, depuis

Mayence jusqu'aux environs de Manheim, et se rencontrent encore à l'est, au nord et au sud-ouest de Francfort. M. de Koninck, de Liège, m'a signalé le premier que la partie purement marine du dépôt contenait plusieurs espèces de coquilles communes aux couches de Kleyn-Spawen, et à l'argile de Rupelmonde, près d'Anvers. Il a mentionné, entre autres, les *Cassidaria depressa*, *Tritonium argutum*, Brander (*T. flandricum*, de Koninck), *Tornatella simulata*, *Aporrhais Sowerbyi*, *Leda Deshayesiana* (fig. 159), *Corbula pisum* (fig. 161, p. 306), et autres.

Miocène inférieur de Croatie. — Le Brown Coal de Radaboj, près d'Agram, en Croatie, non loin des frontières de la Styrie, est recouvert, dit Von Buch, par des couches contenant des coquilles marines du bassin de Vienne, c'est-à-dire par les formations du Miocène Supérieur ou Faluniennes. Elles paraissent correspondre

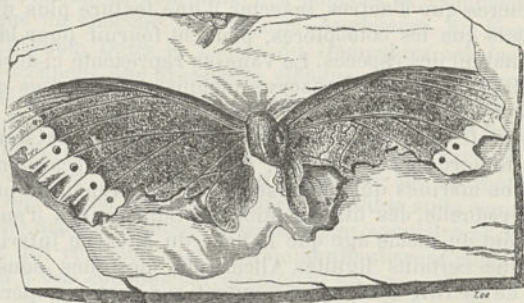


Fig. 160. — *Vanessa Pluto*, grandeur naturelle. Miocène Inférieur. Radaboj, Croatie.

en âge au bassin de Mayence ou au groupe Rupélien de Belgique. Elles ont fourni plus de 200 espèces de plantes fossiles, enfouies dans une marne durcie où elles se sont parfaitement conservées, et elles ont été décrites par feu le Professeur Unger. On y distingue plusieurs palmiers, entre autres le Sabal (fig. 154, p. 295) et un autre genre se rapprochant du dattier, le *Phenicites spectabilis*. Les couches de Radaboj ne fournissent abondamment qu'une seule plante caractéristique de la période du Mio-

cène Supérieur, c'est le *Populus mutabilis*, tandis que 50 espèces au moins de cette formation sont communes à la flore plus ancienne de la Molasse Inférieure de Suisse.

La faune des insectes est très-riche et indique, comme la flore, un climat plus tropical que celui des fossiles d'Éningen, dont nous allons parler. On y remarque dix espèces de termites, ou fourmis blanches, quelques-unes d'une taille gigantesque, et de grandes mouches-dragons avec des ailes tachetées, analogues à celles des États-Unis de l'Amérique du Nord; on y voit aussi des saute-relles énormes et des représentants de la classe des lépidoptères. Dans un cas on a découvert dans la marne dure de Radaboj une aile de papillon qui avait échappé à la destruction; quand on réfléchit à l'intervalle de temps qui nous sépare de l'époque reculée depuis laquelle cet échantillon nous a été si religieusement transmis, on peut avoir une certaine confiance dans l'authenticité des caractères que d'autres insectes d'une texture plus durable, tels que les coléoptères, peuvent fournir pour la détermination des espèces. Le *Vanessa* représenté ci-dessus, (fig. 160), dit Heer, a conservé quelques-unes de ses couleurs et correspond au *V. Hadena* de l'Inde.

Le professeur Beyrich nous a fait connaître l'existence, dans le nord de l'Allemagne, d'une longue succession de couches marines qui conduisent, par une transition presque graduelle, des lits du Miocène Supérieur à d'autres qui sont du même âge que la base du Miocène Inférieur. Quoique certains lignites Allemands, désignés sous le nom de *Brown Coal*, appartiennent aux parties supérieures de cette série, les plus importants de ce groupe datent du Miocène Inférieur, comme, par exemple, ceux de Siebengebirge, près de Bonn, qui sont associés à des roches volcaniques. Le Professeur Beyrich applique exclusivement le terme *Miocène* à ces couches qui concordent en âge avec les faluns de Touraine, et il propose le terme *Oligocène* pour toutes les formations les plus anciennes que nous avons comprises sous la dénomination de Miocène Inférieur dans cet ouvrage.

Miocène inférieur d'Italie. — Dans la chaîne de collines, dont la *Superga* forme une partie (voir p. 280), on observe une grande série de couches Tertiaires qui

passent inférieurement au Miocène Inférieur. On remarque dans cette Superga même des plantes fossiles qui, suivant Heer, n'ont jamais été vues en Suisse à une hauteur atteignant celle de la Molasse marine, le *Banksia longifolia*, par exemple, et le *Carpinus grandis*. Dans plusieurs parties des Alpes Liguriennes, comme à Dégo et à Carcara, apparaît ce Miocène Inférieur, avec des Nummulites ; et à Cadibona, au nord de Savone, on rencontre des couches d'eau douce du même âge, avec des lits épais de lignites contenant des restes d'*Anthracotherium magnum* et *A. minimum*, ainsi que d'autres mammifères énumérés par Gastaldi. On a découvert enfin dans ces formations un grand nombre de plantes du Miocène Inférieur de Suisse.

Miocène inférieur d'Angleterre. — Couches de Hempstead. — Nous avons vu que la période du Miocène Supérieur n'est représentée nulle part dans les Iles Britanniques ; mais on rencontre des couches se rapportant à l'époque du Miocène Inférieur en Angleterre, en Ecosse et en Irlande. Dans le bassin du Hampshire ces formations occupent une très-petite étendue superficielle ; elles ont été découvertes par feu Edward Forbes, à Hempstead, près de Yarmouth, dans la partie septentrionale de l'île de Wight, où elles sont riches en coquilles marines caractéristiques et forment une épaisseur de 50 mètres. Elles recouvrent la partie supérieure d'une suite considérable de dépôts Éocènes, marins, d'eau saumâtre et d'eau douce, qui reposent sur la craie et aboutissent supérieurement à des couches correspondant en âge au gypse de Paris, et renfermant les mêmes genres éteints de quadrupèdes, *Paleotherium*, *Anoplotherium* et autres dont Cuvier a fait la description. Voici l'ordre de succession de ces couches du Miocène Inférieur, dont la plupart se voient à découvert dans une falaise à l'est d'Yarmouth.

1. Les lits supérieurs ou à *Corbules*, composés de sables marins et d'argiles qui contiennent la *Voluta Rathieri*, coquille caractéristique du Miocène Inférieur ; *Corbula pisum* (fig 161), espèce commune à l'argile de l'Éocène Supérieur de Barton ; *Cyrena semistriata* (fig. 162), plusieurs *Cerithia* et diverses coquilles particulières à cette série.

2. Immédiatement au-dessous viennent des marnes d'eau

douce et d'estuaire, ainsi que des argiles charbonneuses donnant en abondance, dans leur partie formée dans l'eau saumâtre, *Cerithium plicatum*, Lam. (fig. 163), *C. ele-*

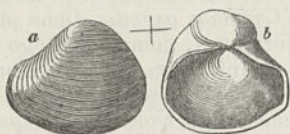


Fig. 161. — *Corbula pisum*, Hempstead.
Ile de Wight.



Fig. 162.
Cyrena semistriata.
Lits de Hempstead.

gans (fig. 164), *C. tricinctum*, et aussi la *Rissoa Chasteli* (fig. 165), coquille très-commune de Kleyn Spawen, et qu'on rencontre dans chacune des quatre sous-divisions de la série de Hempstead, vers la base, où elle passe aux couches de Bembridge. Dans la portion d'eau douce des mêmes lits, on trouve la *Paludina lenta* (fig. 166), coquille que certains conchyliologistes ont identifiée avec une espèce encore vivante, *P. unicolor*, et différentes espèces de *Limnæus*, *Planorbis* et *Unio*.



Fig. 163.
Cerithium plicatum, Lam.
Hempstead.



Fig. 164.
Cerithium elegans.
Hempstead.



Fig. 165.
Rissoa Chasteli.
Nyst, Hemsptend.
Ile de Wight.



Fig. 166.
Paludina lenta.
Lits
de Hempstead.

3. Marnes moyennes, d'eau douce et d'estuaire, caractérisées par la présence des *Melania fasciata*, *Paludina lenta*, et par des argiles avec *Cypris*; le lit le plus inférieur fournit la *Cyrena semistriata* (fig. 162) avec des *Cérithes* et une *Panopée*.

4. Marnes inférieures d'eau douce et d'estuaire, contenant *Melania costata*, Sow., *Melanopsis*, etc. Le lit qui occupe le fond est charbonneux ; on lui a donné le nom de bande noire (*Black band*) ; la *Rissoa Chastelii* (fig. 165), y est commune. Ce lit offre un mélange de coquilles de Hempstead avec celles de l'Éocène Supérieur sous-jacent ou série de Bembridge. Les mammifères, parmi lesquels on cite une espèce d'*Hyopotamus bovinus*, différent, autant du moins qu'on les connaît, de ceux des lits de Bembridge. L'*Hyopotamus* appartient au genre porc, ou à la même famille que l'*Anthracotherium*, dont sept espèces, variant de taille depuis celle de l'hippopotame jusqu'à celle du sanglier, ont été trouvées en Italie et dans d'autres parties de l'Europe, associées avec les lignites de la période du Miocène Inférieur.

Parmi les plantes, le professeur Heer cite quatre espèces communes au lignite de Bovey Tracey, formation du Miocène Inférieur que nous allons décrire ; ces espèces sont : les *Sequoia Couttsiæ*, Heer ; *Andromeda reticulata*, Ettingsh ; *Nelumbium (Nymphæa) Doris*, Heer ; et *Carpolithes Websteri*, Brong (1). Les enveloppes de graines du *Chara medicaginula*, Brong., et *C. helicteres*, sont généralement caractéristiques des lits de Hempstead.

Lignites et argiles de Bovey-Tracey, Devonshire. — Enclavée dans le granit et les autres roches des collines de Dartmoor, dans le Devonshire, existe une formation d'argile, sable et lignite, connue depuis longtemps par les géologues sous le nom de Bovey Coal, et sur laquelle les opinions ont été fort incertaines jusqu'en 1861. Ce dépôt est situé à Bovey Tracey, village distant de 12 kilomètres d'Exeter au sud-ouest, et à peu près aussi éloigné de Torquay dans la direction nord-ouest. Les couches, qui s'étendent sur une plaine de 15 kilomètres de longueur, consistent en détritits de granites usés, avec matière végétale décomposée à la base ; elles paraîtraient avoir comblé une ancienne cavité de lac ou expansion lacustre des vallées du Bovey et de la Teign.

Le lignite est de mauvaise qualité pour les usages do-

(1) Pengelly, *Lignites de Bovey Tracey*, Préf., p. xvii. Londres, 1863.

mestiques, car il renferme une proportion considérable de pyrites de fer, et produit de la vapeur sulfureuse, mais il a été employé avec succès dans la cuisson de la poterie, pour la fabrication de laquelle certaines argiles fines de cette formation conviennent parfaitement. M. Pengelly pense, comme Sir H. de la Bèche, que la plus grande partie supérieure de cette ancienne formation lacustre a été enlevée par l'effet de la dénudation.

A la surface, on rencontre une couche épaisse d'argile blanche et de gravier, avec des pierres angulaires appartenant probablement à la période Pleistocène, car l'argile renferme trois espèces de saules et le bouleau nain, *Betula nana*, indiquant un climat plus froid que le climat actuel du Devonshire.

Au-dessous de ces formations se trouvent des dépôts du Miocène Inferieur d'une épaisseur d'environ 90 mètres, et dont la partie supérieure est formée de vingt-six couches de lignite, argile et sable, ayant pour base du sable ferrugino-quartzueux sur une épaisseur qui varie de 6 décimètres à 8 mètres. Ce sable repose sur quarante-cinq lits alternativement composés de lignite et d'argile. On n'a découvert jusqu'à ce jour dans ces formations, ni coquilles, ni ossements de mammifères, ni même un insecte, à l'exception d'un débris de coléoptère (*Buprestis*); en un mot, on a trouvé des végétaux, mais pas d'autres restes organiques. On rencontre ces plantes dans quatorze couches, savoir, dans deux d'argile et le reste dans les lignites. L'une de ces couches constitue un véritable matelas formé des débris d'un arbre conifère, *Sequoia Couttsiæ* de Heer, mêlés à des feuilles de fougères. Cette même *Sequoia* (déjà mentionnée comme étant un fossile de Hemsstead, p. 306) est répandue dans toutes les parties de la formation; ses cônes, ses graines et ses branches de tout âge sont parfaitement conservés. Cette espèce sert à relier la *S. Langsdorfii* (voir fig. 156, p. 297) à la *S. Sternbergi*, représentants fossiles largement répandus des deux arbres vivants *S. sempervirens* et *S. gigantea* (ou *Wellingtonia*) qui poussent exclusivement en Californie. Une autre couche est remplie de grands rhizomes de fougères, et deux autres sont riches en feuilles de dicotylédones. Le professeur Heer compte pour le tout quarante-neuf

espèces de plantes, sur lesquelles vingt sont communes au Miocène du Continent, et caractéristiques pour la majeure partie du Miocène Inférieur. Les espèces nouvelles provenant également de Bovey, sont de la même famille que les plantes appartenant aux dépôts du Miocène plus ancien de Suisse, d'Allemagne, et d'autres régions du Continent. Les argiles fournissent des pepins de raisins de deux espèces de vignes, les feuilles de trois espèces de figues et des graines d'un nénufar. Le chêne et le laurier y ont laissé de nombreuses feuilles, et trois ou quatre des lauriers à triple nervure appartiennent au genre *Cinnamomum*. On y a découvert aussi un palmier, dont le genre n'est pas déterminé. Parmi les Protéacées on rencontre des feuilles semblables à celles du fossile du Continent, déjà mentionnées; et parmi les fougères, les espèces analogues à la *Lastræa stiriaca* (fig. 157, p. 297), bien connue, se montrent à Bovey, comme en Suisse, pourvues de leurs organes de fructification.

Les crosses de la plupart des jeunes fougères sont dans un état parfait de conservation, et ont été prises au premier abord par les collectionneurs pour des coquilles du genre *Planorbis*. En somme, la végétation de Bovey implique l'existence d'un climat sous-tropical dans le Devonshire, pendant la période du Miocène Inférieur.

Ecosse. — Ile de Mull. — Dans les falaises qui forment le promontoire d'Ardtun, sur la côte occidentale de Mull, dans les Hébrides, plusieurs bandes de formation tertiaire, contenant des feuilles de plantes dicotylédones, ont été découvertes en 1851 par le duc d'Argyll (1). D'après la description qu'il en a donnée, il y aurait trois lits à feuilles, variant de 0^m45 à 0^m75 d'épaisseur, et alternant avec un trapp et un tuf volcanique, le tout d'une épaisseur de 40 mètres environ. Une coulée de basalte haute de 12 mètres recouvre la masse totale; on voit à la base de la falaise un autre lit colonnaire de la même roche, épais de 3 mètres. Une des couches à feuille n'est qu'une masse comprimée de ces sortes d'organes dépourvus de tiges; on dirait que les feuilles ont été poussées par le vent dans un marais où croissait une espèce d'*Equisetum*, dont on retrouve d'abondants débris dans l'argile.

(1) *Quart. Geol. Journ.*, 1851, p. 49.

Le duc d'Argyll suppose que cette formation s'est accumulée dans un lac ou marais peu profond, près d'un volcan qui répandait des pluies de cendres et des torrents de lave. L'enveloppe tufacée de ces fossiles a pu tomber dans le lac sous forme de poussière volcanique, ou être entraînée des terres voisines, comme du limon, par les eaux. On peut décider, même sans le secours des plantes fossiles Tertiaires, que le dépôt est certainement plus moderne que la craie, car des silex de la craie contenant des fossiles crétacés y ont été découverts par Le Duc, dans la masse principale des cendres volcaniques ou tuf.

Le Professeur Edward Forbes avait observé que certaines plantes de cette formation ressemblent à celles de Croatie, décrites par Unger, et son opinion a été confirmée par le Professeur Heer, qui a constaté que le conifère dominant dans ce dépôt était la *Sequoia Langsdorfii* (fig. 156, p. 297), avec le *Corylus grosse-dentata*, espèce du Miocène Inférieur de Suisse et de Menat en Auvergne. On y trouve également un platane, dont les feuilles ressemblent à celle du *Platanus aceroïdes* (fig. 144, p. 274) et une fougère jusqu'ici particulière, comme fossile Européen, à Mull, *Felicites hebridica*, Forbes, mais qui a été considérée par Newberry comme identique à une espèce vivante d'Amérique, *Onoclea sensibilis*.

Ces découvertes intéressantes faites à Mull conduisent naturellement à se demander si le basalte d'Antrim et de la célèbre Chaussée des Géants, en Irlande, n'est point du même âge; car à Antrim la roche volcanique recouvrant la craie et les couches associées à la masse de basalte dans laquelle elles sont interstratifiées, contiennent des feuilles de plantes cotylédones, un peu imparfaites, mais ressemblant à celles du hêtre, du chêne, du platane, et aussi quelques conifères des genres Pin et Sequoia. L'absence générale, dans les Iles Britanniques, de couches d'un âge intermédiaire entre les formations des périodes Éocènes et Pliocène, peut être attribuée, dit le Professeur Forbes, à l'étendue prédominante, en ce pays, de la terre sèche, durant l'immense intervalle de temps dont il s'agit. S'il y eût eu réellement prédominance de la terre ferme, les seuls monuments d'âge Miocène qu'on doive jamais

rencontrer aujourd'hui seront ceux d'origine lacustre et volcanique, tels que le Bovey Coal dans le Devonshire, les lits d'Ardtun dans l'île de Mull, ou les lignites et les basaltes qui leur sont associés à Antrim.

Miocène Inférieur. — États-Unis. — Nébraska.

— Dans le territoire de Nébraska, sur le Missouri supérieur, près de la rivière Plate, par 42° de latitude nord, on rencontre une formation Tertiaire, consistant en calcaire blanc, marne et argile siliceuse, qui a été décrite par le Dr D. Dale Owen (1); on y a trouvé de nombreux ossements de quadrupèdes éteints et des formes de chéloniens terrestres et d'eau douce. Parmi ces fossiles, le Dr Leidy a décrit un quadrupède gigantesque, auquel il a donné le nom de *Titanotherium*, proche parent du *Paleotherium*, mais plus grand qu'aucune des espèces trouvées dans le gypse de Paris; plusieurs formes du genre *Orædon*, Leidy, réunissant les caractères des pachydermes et des ruminants; l'*Eucrotaphus*, autre genre nouveau du même caractère mixte; deux espèces de rhinocéros du sous-genre *Acrotherium*, forme déjà citée du Miocène Inférieur d'Europe; deux espèces d'*Archæotherium*, pachyderme allié au *Chæropotamus* et à l'*Hyracotherium*; le *Pœbrotherium*, ruminant éteint, voisin du *Dorcatherium*, Kaup; l'*Agriochægus* de Leidy, ruminant qui se rapproche du *Merycopotamus* de Falconer et de Cautley, et enfin un grand animal carnivore du genre *Machairodus*, dont l'exemple le plus ancien en Europe se rencontre dans les couches du Miocène Inférieur d'Auvergne et dont on trouve quelques espèces dans les dépôts Pliocènes; une espèce a dû survivre dans les temps Paléolithiques, car on la rencontre dans la caverne du Kent, associée à des objets en silex non polis. Les tortues sont classées dans le genre *Testudo*, mais elles ont quelque affinité avec l'*Emys*. En somme, la formation de Nebraska est probablement plus récente que le gypse de Paris et doit être rapportée à la période du Miocène Inférieur, telle qu'elle a été définie ci-dessus.

(1) David Dale Owen, *Geol. Survey of Wisconsin, etc.* Philad. 1852.

CHAPITRE XVI

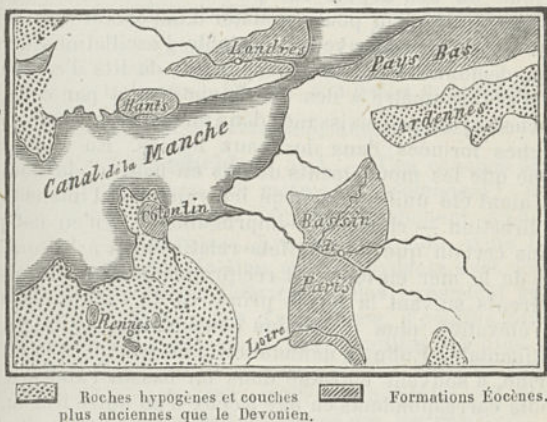
FORMATIONS ÉOCÈNES.

Surfaces Éocènes du Nord de l'Europe. — Tableau des couches Éocènes de France et d'Angleterre. — Éocène supérieur d'Angleterre. — Couches de Bembridge. — Couches d'Osborne ou Sainte-Hélène. — Série Headon. — Fossiles des sables et argiles de Barton. — Éocène Moyen d'Angleterre. — Coquilles, nummulites, poissons et reptiles des lits de Bracklesham et des sables de Bagshot. — Plantes d'Alum Bay et de Bournemouth. — Éocène Inférieur d'Angleterre. — Fossiles de l'argile de Londres. — Lits de Woolwich et Reading, appelés autrefois *Argile Plastique*. — Lits fluviaux sous-jacents à des couches formées en mer profonde. — Sables de Thanet. — Éocène Supérieur de France. — Série gypseuse de Montmartre et ses quadrupèdes éteints. — Empreintes de pas fossiles dans le gypse de Paris. — Imperfection des monuments géologiques. — Calcaire siliceux. — Grès de Beauchamp. — Calcaire grossier. — Calcaire à miliolites. — Sables Soissonnais. — Éocène Inférieur de France. — Formations nummulitiques d'Europe, d'Afrique et d'Asie. — Couches Éocènes aux États-Unis. — Cétacés gigantesques.

Surfaces Éocènes du nord de l'Europe. — Les couches qui viennent ensuite dans l'ordre descendant sont celles que j'appelle Éocènes. La carte ci-jointe représente la position qu'occupent plusieurs surfaces Éocènes dans le nord de l'Europe. Lorsque cette carte fut dressée, je classai dans la partie récente de l'Éocène ces couches Tertiaires que j'ai décrites dans le dernier chapitre comme appartenant au Miocène Inférieur, et que M. Beyrich a désignées sous le nom d'Oligocène. On ne rencontre aucune de ces couches dans le Bassin de Londres; et, dans celui du Hampshire, elles occupent, ainsi qu'on l'a vu page 304, une étendue superficielle trop insignifiante pour qu'il soit possible de les indiquer dans une carte construite sur une aussi petite échelle. Elles tien-

nent un plus grand espace dans le Bassin de Paris, entre la Seine et la Loire, et constituent aussi une partie des limites septentrionales des Pays-Bas qui est ombrée dans la carte.

Fig. 167. — Carte des principales surfaces Éocènes du Nord-Ouest de l'Europe



N. B. L'espace laissé en blanc est occupé par les formations secondaires depuis le Devonien ou Vieux Grès Rouge, jusqu'à la Craie inclusivement.

C'est dans la portion septentrionale de l'île de Wight que se montrent le mieux les lits supérieurs du véritable Éocène, c'est-à-dire ceux qui correspondent par leurs fossiles au gypse renommé de Paris dont nous avons déjà parlé p. 287 (voir le Tableau, p. 314). Ce gypse a été choisi par presque tous les géologues du continent comme la meilleure ligne de démarcation entre le Tertiaire Moyen et le Tertiaire Inférieur, c'est-à-dire, en d'autres termes, entre les formations du Miocène Inférieur et celles de l'Éocène.

En ce qui regarde le tableau ci-après, je ferai observer que la corrélation établie entre les subdivisions Françaises et Anglaises est un sujet plein de doutes et de difficultés, malgré la proximité géographique de ces for-

mations. Cela tient à diverses circonstances : en partie à ce que les conditions marines à l'origine ont prédominé dans un bassin en même temps que les conditions fluviales ou lacustres prédominaient dans l'autre ; et quelquefois aussi à ce que l'existence de la terre ferme dans une certaine étendue a occasionné un hiatus, ou manque de toutes traces de monuments géologiques pendant une période où des dépôts ont pu se former dans l'autre bassin. Ce que l'on peut constater d'important à ce sujet, c'est qu'on a la preuve indiscutable d'oscillations de niveau, démontrées par la superposition de lits d'eau salée ou d'eau saumâtre à des lits fluviaux, et par celle de couches ayant pris naissance dans une mer profonde à des couches formées dans des eaux basses. En admettant même que les mouvements de bas en haut et de haut en bas aient été uniformes, sous les rapports d'intensité et de direction — chose très-improbable — il n'en est pas moins certain que leurs effets relativement à la conversion de la mer en terre, et réciproquement, auraient été différents suivant la forme primitive du fond de la mer et l'élévation plus ou moins considérable de la partie continentale. Enfin la dénudation, tant marine que sous-marine, a souvent entraîné dans un bassin l'absence de dépôts correspondants en âge à ceux d'un autre bassin, et cette action destructive a produit des effets d'autant plus extraordinaires que les sables étaient plus meubles et les argiles moins consolidées.

TABLEAU DES COUCHES ÉOCÈNES DE FRANCE ET D'ANGLETERRE

Éocène Supérieur.

<i>Subdivisions anglaises.</i>	<i>Formations équivalentes de France</i>
A. 1. Série de Bembridge, île de Wight, p. 315.	A. 1. Série gypseuse de Montmartre, p. 339.
A. 2. Série d'Osborne ou Sainte-Hélène, île de Wight, p. 318.	A. 2. et 3. Calcaire siliceux ou Traverthin inférieur, p. 343.
A. 3. Série de Headon, île de Wight, p. 318.	
A. 4. Série de Barton. Sables et argiles de Barton-Cliff, Hants, p. 322.	A. 4. Grès de Beauchamp ou Sable Moyens, p. 344.

Éocène Moyen.

- | | |
|--|--|
| B. 1. Série de Bracklesham, p. 325. | B. 1. Calcaire grossier, p. 344. |
| B. 2. Lits d'Alum Bay et Bourne-
mouth, p. 328. | B. 2. Manquent en France. |
| B. 3. Manquent en Angleterre? | B. 3. Sables Soissonnais ou Lits
Coquilliers, p. 346. |

Éocène Inférieur.

- | | |
|---|--|
| C. 1. Argile de Londres, p. 330. | C. 1. Argile de Londres, Cassel,
environs de Dunkirk. |
| C. 2. Série de Woolwich et de Rea-
ding, p. 335. | C. 2. Argile plastique et lignite,
p. 347. |
| C. 3. Sables de Thanet, p. 338. | C. 3. Sables de Bracheux, p. 348. |

ÉOCÈNE SUPÉRIEUR, ANGLETERRE.

Série de Bembridge, A. 1. — Ces couches ont une épaisseur d'environ 35 mètres et s'étendent, comme nous l'avons établi (p. 306), immédiatement au-dessous des lits de Hempstead, près de Yarmouth, dans l'île de Wight. Leur stratification est concordante avec celle des couches du Miocène Inférieur. Elles consistent en marnes, argiles et calcaires d'eau douce, d'origine saumâtre ou marine. Quelques-unes des coquilles les plus abondantes, telles que *Cyrena semistriata* var., et *Paludina lenta* (fig. 166, p. 306), sont communes à ces couches ainsi qu'à la série de Hempstead qui les recouvre; mais les espèces sont distinctes, pour la majeure partie. Voici les sous-divisions qu'a décrites le Professeur Forbes :



Fig. 168.
Melania turritissima,
Forbes (Bembridge).



Fig. 169.
Portion de carapace de *Trionyx*, cou-
ches de Bembridge (île de Wight).

a. Marnes supérieures caractérisées par l'abondance de la *Melania turritissima*, Forbes (fig. 168).

b. Marnes inférieures caractérisées par le *Cerithium mutabile*, la *Cyrena pulchra*, etc., et par des débris de *Trionyx* (fig. 169).

c. Marnes vertes où souvent abonde une espèce particulière d'huître, accompagnée de *Cerithium*, *Mytilus*, *Arca*, *Nucula*, etc.

* d. Calcaires de Bembridge, compactes, couleur de crème, alternant avec des marnes et des schistes dans lesquels toutes les coquilles d'eau douce sont communes, spécialement à Sconce, près de Yarmouth; elles ont été décrites par M. Edwards. Parmi les coquilles terrestres les plus connues on cite le *Bulimus ellipticus* (fig. 170) et l'*Helix oclusa* (fig. 171). La *Paludina orbicularis* (fig. 172) y est



Fig. 170. — *Bulimus ellipticus*, Sow., demi-grandeur naturelle. Calcaire de Bembridge.



Fig. 171. — *Helix oclusa*, Edwards. Calcaire de Bembridge, île de Wight.



Fig. 172. — *Paludina orbicularis*. Bembridge.

aussi fréquente. L'un des bancs est rempli d'une petite *Paludina* globulaire. Parmi les coquilles pulmonifères d'eau douce, *Limnæa fusiformis*, Sow. (fig. 174) et *Planorbis discus* (fig. 173) sont celles que l'on y rencontre le plus ordinairement; la dernière représente ou remplace *Planorbis euomphalus* (fig. 178) de la série plus ancienne de Headon. La *Chara tuberculata* (fig. 175) est la *gyrogonite* caractéristique de Bembridge.

Le docteur Mantell a extrait de cette formation, sur la plage de Whitecliff Bay, un bel échantillon de Palmier-éventail, *Flabellaria Lamanonis*, Brong., plante qui avait été déjà trouvée dans les couches correspondantes des environs de Paris. On range dans cette sous-division

la pierre à bâtir bien connue de Binstead, près de Ryde, calcaire percé de nombreux trous, produits par des *Cyrenæ* qui ont disparu en laissant les moules de leurs



Fig. 173. — *Planorbis discus*, Edwards (Bembridge). Demi-diamètre.

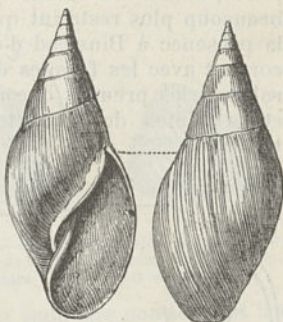


Fig. 174. — *Limnea fusiformis*, Sow. Grandeur naturelle.



Fig. 175. — *Chara tuberculata*. Calcaire de Bembridge (Ile de Wight).

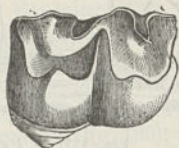


Fig. 176. — Molaire inférieure, d'*Anoplotherium commune*, grandeur naturelle, Binstead (Ile de Wight.)

coquilles. Dans la même pierre de Binstead, MM. Prat et le Rév. Darwin Fox ont, les premiers, découvert des débris des mammifères caractéristiques de la série gypseuse de Paris, tels que *Palæotherium magnum* (fig. 177), *P. medium*, *P. minus*, *P. minimum*, *P. curtum*, *P. crassum*, et aussi l'*Anoplotherium commune* (fig. 176), *A. secundarium*, *Dichobune cervicum*, et *Chæropotamus Cuvieri*. Le Paléothère, déjà cité, se rapprochait du tapir actuel par la forme de la tête et par la courte trompe dont il était muni ; mais ses dents molaires ressemblaient davantage à celles du Rhinocéros. Le *Palæotherium magnum* était de la grosseur d'un cheval ; sa hauteur était de 1^m20 à 1^m50.

La figure 177 donne une esquisse de l'animal vivant dont Cuvier essaya la restauration d'après l'étude du squelette entier. Si le nombre des espèces particulières de quadrupèdes, autant du moins que nous le connaissons, est beaucoup plus restreint que celui des espèces testacées, la présence à Binstead d'espèces aussi nombreuses s'accordant avec les fossiles du gypse de Paris, vient corroborer les preuves que nous fournissent les coquilles et les plantes de la contemporanéité des deux formations.

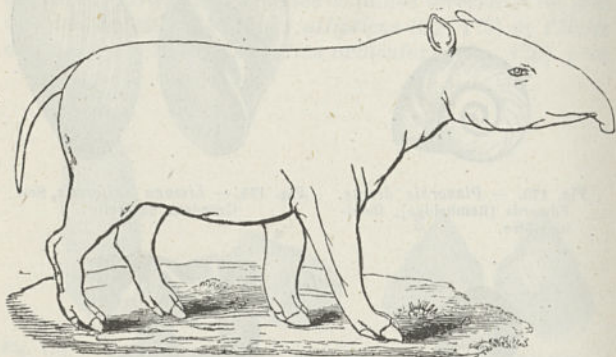


Fig. 177. — *Palaeotherium magnum*, Cuvier.

Série d'Osborne ou de Sainte-Hélène, A. 2. —

Ce groupe est d'origine d'eau douce et d'eau saumâtre, et varie beaucoup dans son épaisseur et ses caractères minéralogiques. Près de Ryde, il fournit une pierre de taille très-recherchée pour la bâtisse, et appelée par M. Forbes *Nettlestone grit*. Ailleurs on rencontre une ardoise à surface ondulée, et des roches avec traces de fucoïdes. Les couches d'Osborne sont caractérisées par des espèces particulières de *Paludina*, *Melania*, *Melanopsis* et *Cypris*, ainsi que par des graines de *Chara*.

Série de Headon, A. 3. — On observe les couches de cette série à Whitecliff Bay, à Headon-Hill et Alum Bay ainsi qu'aux extrémités Est et Ouest de l'île de Wight. Les portions supérieure et inférieure sont d'eau douce, les moyennes sont d'origine mixte, tantôt d'eau saumâtre, tantôt

marines. Partout le *Planorbis euomphalus* (fig. 178) caractérise les dépôts d'eau douce, de même que la forme voisine, *P. discus* (fig. 173), caractérise le calcaire de



Fig. 178. — *Planorbis euomphalus*, Sow. (Headon-Hill), demi-diamètre.

Fig. 179. — *Helix labyrinthica*, Say. Headon-Hill (Ile de Wight), et Hordwell (Liffé (Hants)); se rencontre aussi à l'état vivant.

Bembridge. Les couches d'eau saumâtre contiennent les *Potamomya plana*, *Cerithium mutabile* et *Potamides cinctus* (fig. 37 p. 43); les couches marines contiennent la *Venus* (ou *Cytherea*) *incrassata*, espèce commune aux roches du Limbourg et au grès de Fontainebleau, c'est-à-dire à la série du Miocène Inférieur. La prédominance des espèces marines devient bien plus remarquable dans quelques-unes des parties centrales de la formation.

Parmi les coquilles, largement distribuées dans la série de Headon, on cite les *Neritina concava* (fig. 180), *Limnæa*

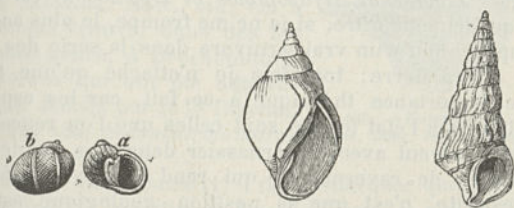


Fig. 180. — *Neritina concava*, Série de Headon.

Fig. 181. — *Limnæa caudata*, Edw. Série de Headon.

Fig. 182. — *Cerithium concavum*. Série de Headon.

caudata (fig. 181) et *Cerithium concavum* (fig. 182). L'*Helix labyrinthica*, Say (fig. 179), coquille terrestre qui habite aujourd'hui les Etats-Unis, a été découverte dans cette

série par M. Searles Wood, à Hordwel Cliff. On la rencontre aussi dans Headon-Hill, au sein des mêmes couches. A Sconce, île de Wight, elle se trouve dans la série de Bembridge, et offre le rare exemple d'un fossile Eocène d'espèce encore vivante, bien qu'on n'observe, comme cela est ordinaire en pareil cas, aucune connexion locale avec la distribution géographique actuelle de l'espèce. La portion inférieure et moyenne de la série de Headon existe à Hordwell Cliff (ou Hordle, comme on écrit souvent), près de Limington, Hants. Les coquilles qui abondent principalement à Hordwell sont la *Paludina lenta* et différentes espèces de *Limnœa*, *Planorbis*, *Melania*, *Cyclas*, *Unio*, *Potamomya*, *Dreissena*, etc.

Au nombre des chéloniens, on cite une espèce d'*Emys* et six espèces de *Trionyx*; parmi les sauriens, un alligator et un crocodile; parmi les ophidiens, deux espèces de serpents terrestres (*Paleryx*, Owen); et parmi les poissons, sir P. Egerton et M. Wood ont trouvé des mâchoires, des dents et des écailles dures, brillantes, du genre *Lepidosteus* ou brochet osseux des rivières d'Amérique. On a signalé ce même genre de ganoïdes d'eau douce au sein des couches de Hempstead (île de Wight). Des os de plusieurs oiseaux ainsi que des débris de quadrupèdes ont été recueillis à Hordwell. Ceux-ci appartiennent aux genres *Palæotherium* (*P. minus*) *Anoplotherium*, *Dichodon*, *Dichobune*, *Spalocodon*, *Microchænus*, *Lophiodon*, *Hyopotamus* et *Hyænodon*. Ce dernier quadrupède offre, si je ne me trompe, le plus ancien exemple connu d'un vrai carnivore dans la série des fossiles d'Angleterre; toutefois je n'attache qu'une très-faible importance théorique à ce fait, car les espèces herbivores à l'état fossile sont celles que l'on rencontre le plus souvent avec ce carnassier dans tous les dépôts conservés de caverne. Ce qui rend encore cette faune intéressante, c'est que sa position géologique est de beaucoup inférieure aux couches de Bembridge ou de Montmartre, dont elle diffère presque autant, quant aux espèces, que de la faune encore plus ancienne des couches de l'Eocène Inférieur. Elle nous enseigne, par conséquent, combien fut longue la succession des groupes distincts de mammifères qui ont vécu sur la terre pendant la période Eocène.

Plusieurs des coquilles appartenant aux couches d'eau saumâtre de la série ci-dessus indiquée, dans l'île de Wight et Hordwell Cliff, sont communes à l'Argile de Barton qui gît au-dessous; et, d'un autre côté, quelques-unes des espèces d'eau douce, telles que *Cyrena obovata*, se retrouvent dans les couches de Bembridge, malgré l'interposition de la série de Sainte-Hélène. Les marnes blanches et vertes de la série de Headon, et quelques-uns des calcaires qui les accompagnent, ressemblent souvent, sous le rapport de la couleur et du caractère minéralogique, aux couches Eocènes de France; si bien, que l'on croirait le sédiment dérivé de la même région, ou produit dans le même temps sous l'influence de circonstances géographiques tout à fait semblables.

On a obtenu récemment à Brockenhurst, près de Lyndhurst, dans le New Forest, des couches marines contenant cinquante-neuf espèces de coquilles, dont la majeure partie a été décrite par M. Edwards. Ces lits reposent sur le Headon Inférieur et sont considérés comme l'équivalent de la portion moyenne de la série d'Headon; la plupart de ces coquilles sont communes aux couches d'eau saumâtre, ou Headon moyende Colwell et de Whitecliff Bays, ce sont les *Cancellaria muricata*, Sow., *Fusus labiatus*, Sow., etc. On a récemment trouvé, dans des lits du même genre, à Brockenhurst, des coraux qui ont été admirablement décrits par le D^r Duncan, (voir fig. 183, *Solenastræa cellulosa*, Dunc. Brockenhursh. *lola*).

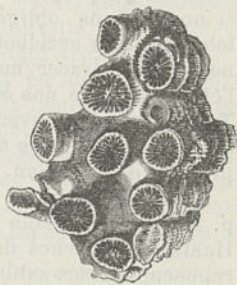


Fig. 183. — *Solenastræa cellulosa*, Dunc. Brockenhursh.

Le baron Von Könen (1) a fait remarquer que, sur ces cinquante-neuf coquilles de Brockenhurst, il n'y en avait pas moins de quarante-six, soixante-dix-huit pour cent, qui concordent avec les espèces du Tongrien Inférieur de Dumont, en Belgique. Dans ce cas, si l'on avait une formation marine équivalente de la série de Bembridge

(1) *Quart. Géol. Journ.*, vol. XX, p. 97. 1864.

ou du gypse contemporain de Paris, on aurait toute raison de s'attendre à trouver dans ces couches un nombre bien plus considérable de coquilles communes au Tongrien de Belgique, mais la corrélation exacte de ces groupes d'eau douce de France, de Belgique et d'Angleterre, n'a pas encore été parfaitement déterminée. Il est possible que le Tongrien de Dumont soit plus récent que la série de Bembridge, et se rapporte, par conséquent, à la période du Miocène Inférieur. Si même toute la série était complète, on découvrirait probablement la formation marine équivalente des lits de Bembridge ou Eocène supérieur, passant par des nuances imperceptibles aux couches du Miocène susjacent.

Parmi les fossiles recueillis dans le Headon moyen, on cite les *Cytherea incrassata* et *Cerithium plicatum* (fig. 163, p. 306). Ces coquilles, spécialement la dernière, sont très-caractéristiques du Miocène Inférieur, et leur rencontre dans la série de Headon a été objectée contre la ligne de démarcation proposée entre le Miocène et l'Éocène. Mais si nous étions obligés d'attacher de l'importance à de tels passages accidentels, nous serions bientôt réduits à ne pouvoir tracer aucune ligne de division, car dans l'état actuel de nos connaissances concernant les séries Tertiaires, on trouvera toujours des espèces communes aux couches situées au-dessus et au-dessous de nos lignes de démarcation.

Série de Barton (*Sables et argiles*), A, 4, Tableau, p. 315). — Tant dans l'île de Wight qu'à Hordwell Cliff, Hants, les couches de Headon, ci-dessus mentionnées, reposent sur des sables blancs, ordinairement dépourvus de fossiles, et employés, à l'île de Wight, pour la fabrication du verre. Dans l'une de ces couches sableuses, le Dr Wright a trouvé en grande abondance la *Chama squamosa*, coquille de l'argile de Barton, et certaines empreintes de coquilles marines dans des sables que l'on suppose contemporains de ceux de Whitecliff Bay. Ces sables sont désignés sous le nom de Sables Supérieurs de Bagshot dans les cartes géologiques du Gouvernement Anglais; mais cette identification d'une série fossilifère de l'île de Wight avec une formation non fossilifère du bassin de Londres est très-peu fondée.

L'Argile de Barton, située immédiatement au-dessous de ces sables, se montre en couches verticales à Alum Bay, île de Wight, et en couches presque horizontales dans les falaises de l'intérieur, près de Lyminster. Cette argile et les lits de Bracklesham que nous allons décrire ont été désignés sous le nom de Bagshot Moyen par les ingénieurs du Gouvernement. Dans la falaise de Barton, cette argile atteint une épaisseur de 50 mètres et est très-riche en fossiles marins.



Fig. 184. — *Chama squamora*. Eichw. Barton.

On confondait autrefois cette formation avec l'Argile de Londres, dépôt Éocène plus ancien de même caractère minéralogique (voir plus bas, p. 331), qui renferme plusieurs coquilles communes, mais seulement dans la proportion d'un quart pour le tout. En d'autres termes, on connaît actuellement 247 espèces dans l'Argile de Londres et 321 dans celle de Barton; 70 seulement sont communes aux deux dépôts. Cinquante-six de ces espèces ont été trouvées dans les lits intermédiaires de Bracklesham, et la rencontre nouvelle des 14 autres impliquerait que les deux périodes de l'Argile de Londres et de l'Argile de Barton auraient été soumises tour à tour à des conditions semblables de température, de profondeur ou de fonds composé de boue argileuse. Suivant M. Hébert, les fossiles les plus caractéristiques de l'Argile de Barton correspondent à ceux des Grès de Beauchamp ou Sables Moyens du Bassin de Paris; mais cette formation renferme aussi plusieurs espèces communes au Calcaire Grossier.

COQUILLES DE L'ARGILE DE BARTON.

Lorsqu'on étudie, dans l'ordre descendant, les formations Tertiaires, on voit certains foraminifères, appelés Nummulites, se présenter pour la première fois dans ces couches. Une petite espèce, *Nummulites variolaria* (fig. 193), se rencontre à la fois sur la côte de Hampshire et au sein des couches du même âge de Whitecliff-Bay, île de Wight. Plusieurs coquilles marines, parmi lesquelles *Corbula pisum* (fig. 161 p. 305),

sont communes aux couches de Barton et à la série de



Fig. 185.
Mitra scabra,
Sow.



Fig. 186.
Voluta ambigua, Sol.



Fig. 187.
Typhis pungens, Brand.



Fig. 188.
Voluta athleta, Sol. Barton
et Bracklesham.



Fig. 189.
Terebellum fusi-
forme, Lam. Barton.
et Bracklesham.



Fig. 190.
Terebellum sopita,
Brand.



Fig. 191.
Cardita sulcata,
Brand. Barton.



Fig. 192.
Crassatella sulcata,
Sow. Bracklesham et
Barton.



Fig. 193. — *Numulites vario-*
laria, Lam. Var. de *N. ra-*
diata, Sow. Éocène moyen,
Bracklesham Bay.
a. Grand. natur. b. Grosse.

Hempstead ou Miocène Inférieur, et un plus grand nombre encore le sont à la série de Headon.

ÉOCÈNE MOYEN, ANGLETERRE.

Couches de Bracklesham et sables de Bagshot.

(B. 1. Tableau, p. 315). — Au-dessous de l'Argile de Barton, on trouve, dans l'île de Wight, tant à Alum Bay qu'à Whitecliff Bay, une grande série de divers sables colorés et d'argiles, pour la plupart dépourvus de fossiles et qui sont probablement d'origine estuaire. Quelques-unes de ces couches renfermant la *Cardita planicosta*

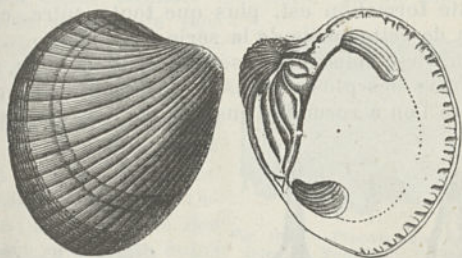


Fig. 194. — *Cardita (venericardia) planicosta*, Lamh.

(fig. 194), on les a identifiées avec les couches marines, bien plus riches en fossiles, que l'on voit dans la coupe faite sur la côte, à Bracklesham Bay, près de Chichester, Sussex, où les strates consistent principalement en sa-

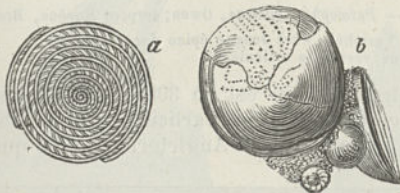


Fig. 195. — *Nummulites (nummularia) levigata*, Bracklesham. Fossiles du Sussex. Pl. 8.

a. Coupe de la nummulite.

b. Groupe, avec un individu montrant l'extérieur de la coquille.

bles argileux verts avec lignite. Parmi les fossiles de Bracklesham, on remarque, outre la *Cardita*, le grand

Cerithium giganteum, si remarquable dans le Calcaire Grossier de Paris, où il atteint quelquefois 0^m80 de longueur. La *Nummulites lævigata* (fig. 195), si caractéristique des lits inférieurs du Calcaire Grossier de France, où elle forme parfois des lits pierreux, comme aux environs de Compiègne, est très-commune dans cette formation, ainsi que les *N. scabra* et *N. variolaria*. Sur 193 espèces de testacés provenant des couches de Bagnohot et de Bracklesham, en Angleterre, 126 se rencontrent dans le Calcaire Grossier de France. Il est donc évident que cette formation est, plus que toute autre, contemporaine de cette partie de la série Parisienne.

Suivant les tableaux dressés par M. Etheridge, d'après les auteurs les plus autorisés, le nombre des mollusques que l'on a recueillis jusqu'à ce jour dans les cou-

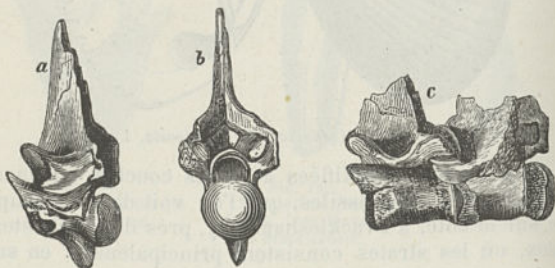


Fig. 196. — *Palæophis typhæus*, Owen; serpent Éocène, Bracklesham
a, b. Vertèbres avec longue épine dorsale.
c. Deux vertèbres articulées.

chés de Bracklesham est de 393, sur lesquels, dans la Grande-Bretagne, 240 sont particuliers à cette sous-division de la série Éocène d'Angleterre, tandis que 170 sont



Fig. 197. — Épine défensive de *Ostracoon*, Bracklesham.

communs à l'Argile de Londres plus ancienne, et 140 à l'Argile récente de Barton. Les volutes et les cauris de cette formation, de même que les polyzoaires et les co-

raux, semblent indiquer qu'un climat chaud aurait prévalu dans cette région, idée qui serait confirmée par la découverte des restes d'un serpent, *Palæophis typhæus* (voir fig. 196), dépassant, suivant le professeur Owen, 6 mètres de long, et voisin, par sa structure osseuse, du Boa, du Python, de la Couleuvre et de l'Hydre. La forme comprimée et la diminution graduelle de certaines vertèbres caudales présentent une telle analogie avec l'Hydre, que le Professeur Owen a cru pouvoir déclarer que cet ophidien éteint habitait les mers. Parmi les compagnons du serpent de mer de Bracklesham, on a rencontré un Crocodile éteint (*Gavialis Dixoni*, Owen) et de nombreux poissons d'espèces qui habitent actuellement les mers des latitudes chaudes, tels que l'Ostracéon, de la famille des *Balistidæ*, dont une épine dorsale (1) est ici représentée (fig. 197), et des Raies gigantesques du genre *Myliobates* (voir fig. 198).

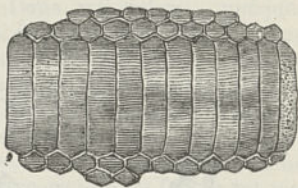


Fig. 198. — Plaques palatines ou dentales du *Myliobates Edwardsi*, Bracklesham Bay. Dixon, fossiles du Sussex, Pl. 8.

DENTS DE SQUALES DES COUCHES DE BRACKLESHAM.

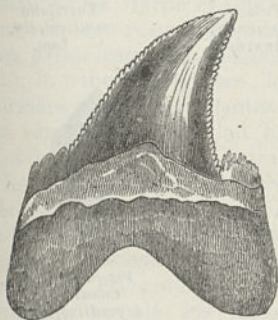


Fig. 199. — *Carcharodon angustidens*, Agass.

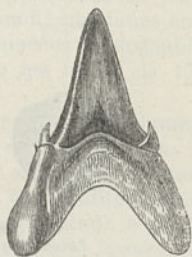


Fig. 200. — *O'odus obliquus*, Agass.

(1) Pour la description de cette épine, voir W. C. Williamson, *Phil. Trans.*, part. II, 1834, p. 667.

Des dents de requin des genres *Carcharodon*, *Otodus*, *Lamna*, *Galeocerdo* et autres, abondent aussi à Brackesham. (Voir fig. 199, 200, 201, 202.)



Fig. 201.
Lamna elegans,
Agass.



Fig. 202.
Galeocerdo latidens,
Agass.

COQUILLES MARINES DES COUCHES DE BRACKLESHAM.



Fig. 203.
Pleurotoma
attenuata,
Sow.



Fig. 204.
Voluta
Selseiensis,
Edwards.



Fig. 205.
Turritella
multisulcata,
Lam.

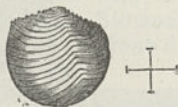


Fig. 206.
Lucina serrata,
Sow. Grossie.



Fig. 207.
Conus
deperditus,
Brug.

Couches d'Alum Bay et de Bournemouth
(*Bagshot Inférieure des Géologues d'Angleterre*). B. 2.
Tableau, p. 315. — A cette grande série de sables et

d'argiles qui s'interposent entre les équivalents des couches de Bracklesham et celles de l'Argile de Londres, ou Eocène Inférieur, les ingénieurs du gouvernement Anglais ont donné le nom de sables du Bagshot Inférieur, parce qu'ils ont supposé que ces lits concordent en âge avec les sables inférieurs non fossilifères que l'on trouve, dans le Bassin de Londres, autour de la localité de Bagshot. Cette partie de la série est parfaitement visible dans les couches verticales d'Alum Bay, dans l'île de Wight, ainsi qu'à l'est et à l'ouest de Bournemouth sur la côte méridionale du Hampshire. Dans cet endroit, quelques-unes des argiles enfermées, compactes et blanches, contiennent non-seulement des feuilles de plantes dicotylédones, mais aussi un grand nombre de frondes de fougères alliées aux *Gleichenia*, que l'on rencontre avec leurs fruits en parfait état de conservation.

Aucun de ces lits ne présente une grande étendue horizontale; la stratification entre-croisée ou fausse est très-fréquente dans ces sables, et l'on y trouve sur quelques points des veines de charbon et de lignite. Dans le milieu de ces lits à feuilles, à la base des couches de Bournemouth, à Studland-Bay, Dorsetshire, des coquilles du Purbeck, appartenant au genre *Unio*, attestent l'origine d'eau douce de l'argile blanche.

MM. de La Harpe et Gaudin mentionnent jusqu'à quarante espèces recueillies dans cette formation du Hampshire, parmi lesquelles abondent les Proteacées (*Dryandra*, etc.), la tribu des figuiers, le cinnamon, plusieurs autres laurinéés et quelques plantes papilionacées. L'ensemble de ces végétaux rappelle au botaniste les types de l'Inde sous-tropicale et de l'Australie (1).

Heer a mentionné plusieurs espèces qui sont communes à cette Flore d'Alum Bay et à celle de Monte Bolca, près de Vérone, localité si fameuse pour ses poissons fossiles et dont les couches renferment des Nummulites et autres formes de l'Éocène Moyen. Le même auteur a particulièrement signalé les *Aralia primigenia* (genre dont M. Mitchell a trouvé, depuis, un fruit à Bournemouth) *Daphnogene Veronensis* et *Ficus granadilla*, comme étant

(1) Heer, *Climat et Végétation du Pays Tertiaire*, p. 172.

des espèces communes à l'île de Wight, ainsi qu'aux lits de l'Éocène Italien, et caractéristiques de ces deux formations. Il fait observer, en outre, que ces formes d'un climat tempéré, telles que les saule, peuplier, bouleau, aune, orme, charme, chêne, sapin et pin, qui distinguent d'une manière tranchée les formations Miocènes de l'Europe, font complètement défaut dans la flore de cette période. Les types Américains y sont également absents, ou bien plus faiblement représentés que dans la période Miocène, quoiqu'on ait trouvé à Stutland, dans ces argiles de l'Éocène, de très-beaux échantillons du *Sabal* ou palmier-éventail. Le nombre des formes exotiques qui sont communes aux couches de l'Éocène et du Miocène d'Europe, à l'exemple de celles, dont nous parlerons plus tard, qui sont aussi communes à la Faune Éocène et à celle du Crétacé, dénoterait à quelle époque reculée remonte la distribution géographique des plantes vivantes qui descendent de ces espèces. Les genres Éocènes ont disparu de nos climats tempérés, en majeure partie, mais non en totalité, et doivent avoir exercé une certaine influence sur l'assemblage des espèces qui leur ont succédé. La plupart de ces derniers genres, que l'on rencontre dans le Miocène Supérieur, sont si étroitement alliés à la Flore qui a survécu jusqu'à ce jour, qu'on est en droit de se demander, même en partageant l'opinion des naturalistes opposés à la doctrine de transformation, s'il n'existe pas des rapports généalogiques entre les plantes de ces deux périodes.

FORMATION DE L'ÉOCÈNE INFÉRIEUR, ANGLETERRE.

Argile de Londres. (G. 1. Tableau, p. 315). — Cette formation vient au-dessous de la précédente et atteint quelquefois une épaisseur de 150 mètres. Elle consiste en une argile tenace, brune et gris-bleuâtre, avec lits de concrétions appelées *Septaria*, lesquels abondent principalement dans l'argile brune et sont extraits en assez grande quantité des falaises marines des environs de Harwich et des bas-fonds de la côte d'Essex et de l'île de Sheppey, pour la fabrication du ciment romain. Le nombre total des mollusques fossiles recueillis jusqu'à ce jour

(janvier 1870), de cette formation d'Angleterre s'élève à 266, sur lesquels 160 sont particuliers à cette argile et ne se rencontrent pas dans les autres lits Éocènes de cette contrée. Les principales localités à fossiles de l'Argile de Londres sont Highate Hill, près de Londres, l'île de Sheppey, à l'embouchure de la Tamise, et Bognor sur la côte du Sussex. Sur 133 coquilles fossiles, M. Prestwich en a trouvé 20 seulement communes au Calcaire Grossier (qui a fourni 600 espèces), tandis que 33 sont communes aux *Lits Coquilliers* (p. 346), dans lesquels on ne connaît en France que 200 espèces.

Dans l'île de Sheppey, près de l'embouchure de la Tamise, M. Prestwich a estimé que l'Argile de Londres avait plus de 150 mètres d'épaisseur, et c'est dans le lit tout à fait supérieur, d'une profondeur de 15 mètres, qu'on a recueilli le plus grand nombre de fruits fossiles; on les a trouvés principalement sur la plage où la mer avait entraîné l'argile provenant de la destruction rapide des falaises.

Dans sa remarquable description de ces fruits et graines fossiles, M. Bowerbank signale plus de treize fruits de palmier du type récent *Nipa*, lequel n'est connu aujourd'hui qu'aux îles Moluques, aux Philippines et dans le Bengale (voir fig. 208). Le Dr Hooker a observé, dans le delta du Gange, de grosses noix de *Nipa fruticans*, flottant en nombre tel sur les divers bras de ce grand fleuve,



Fig. 208. — *Nipadites ellipticus*, Bow. Fruit fossile de palmier, provenant de Sheppey.

que les roues des bateaux à vapeur en étaient obstruées. Ces plantes sont alliées, d'un côté, à la tribu des cocotiers, et de l'autre au *Pandanus* (*Screw-pine*). On rencontre aussi dans cette argile trois espèces d'*Anona*, ou corossol, des fruits de cucurbitacées (de la famille des Calebassés et des melons) et de diverses espèces d'*Acacia*.

Outre les pommes de pin ou fruits de Conifères proprement dits, cette formation renferme en abondance des cônes de Protéacées qui, suivant l'illustre botaniste feu

Robert Brown, montrent une grande affinité avec les types *Petrophila* et *Isopogon* de la Nouvelle Hollande. Des premiers fossiles on a décrit environ cinquante espèces, et trente des seconds, qui vivent actuellement en Australie.

En 1851, Ettingshausen a fait remarquer que cinq des

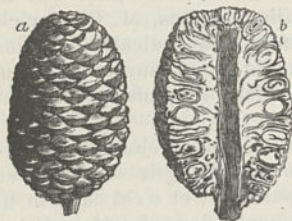


Fig. 209. — Fruit Protéacé, Éocène. *Petrophiloïdes Richardsoni*, Argile de Londres, Sheppey. Grandeur naturelle. a. Cône. b. Coupe du cône montrant la position des graines.

espèces fossiles de Sheppey, dénommées par Bowerbank (1), étaient des échantillons du même fruit (voir fig. 209), différant par leur état de conservation; et M. Carruthers m'a dit, après avoir examiné les échantillons originaux, actuellement déposés au British Museum, que tous ces cônes de Sheppey se réduisaient à deux espèces qui ont une affinité incontestable avec les deux

genres existants d'Australie dont nous venons de parler, car leur parfaite identité de structure ne saurait être mise en doute.

La contiguïté des terres peut être déduite non-seulement de ces productions végétales, mais encore des dents et des ossements de crocodiles et de tortues, car ces animaux, comme le fait remarquer Dean Conybeare, devaient se rendre à quelque plage pour y déposer leurs œufs. On observe, dans la formation, de nombreuses espèces de tortues qui se rapportent à des genres éteints. La plupart n'égalent pas en grosseur les plus grandes tortues tropicales vivant de nos jours. Un serpent marin du genre *Palæophis*, provenant de Sheppey, déjà cité (p. 326), qui devait atteindre plus de 3 mètres, a aussi été décrit par le professeur Owen, et comme espèce différente de celle de Bracklesham; il a été appelé *P. toliapicus*. Un crocodile proprement dit, *Crocodylus toliapicus*, et un autre saurien se rapprochant beaucoup plus du gavial, accompagnent ces fossiles; on y rencontre aussi des débris de différents oiseaux et de quadrupèdes. Parmi ces derniers, on si-

(1) Bowerbank, *Fruits et graines fossiles de l'argile de Londres*, pl. IX et X.

gnale un nouveau genre, *Hyracotherium*, Owen, de la tribu du cochon et allié au *Chæropotamus*. On cite un *Lophiodon* et un pachyderme, appelé par Owen *Coryphodon eocœnus*, plus grand qu'aucun des tapirs actuels. Tous ces animaux paraissent avoir habité les bords de la grande rivière dans laquelle flottaient les fruits de Sheppey. Ils impliquent une faune mammifère antérieure à la période où les Nummulites vivaient en Europe et en Asie, antérieure par conséquent au soulèvement des Alpes, des Pyrénées et des autres chaînes de montagnes qui forment les reliefs actuels des grands continents, antérieure même au temps où les masses rocheuses qui constituent aujourd'hui l'axe de ces chaînes se déposèrent au sein des mers.

COQUILLES DE L'ARGILE DE LONDRES.



Fig. 210.
Voluta nodosa,
Sow. Highgate.



Fig. 211.
Phorus extensus,
Sow. Highgate.

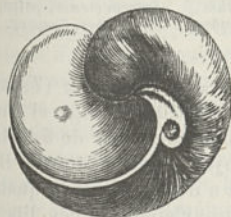


Fig. 213. — *Nautilus centralis*,
Sow. Highgate.

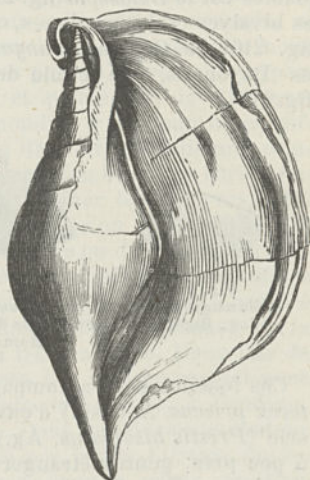


Fig. 212. — *Rostellaria (Hippocrenes) ampla*, Brander. Un tiers de grandeur naturelle; trouvée aussi dans l'argile de Barton.

Dans l'Argile de Londres, les coquilles marines indiquent, comme les plantes et les reptiles, une température élevée; on y rencontre, par exemple, plusieurs espèces

de *Conus* et de *Voluta*, une grande *Cypræa*, *C. oviformis*, une très-grande *Rostellaria* (fig. 212), une espèce de *Cancellaria*, six espèces de *Nautilus* (fig. 214), et d'autres

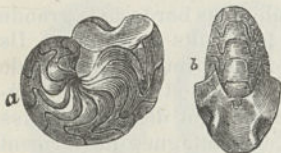


Fig. 214 — *Aturia ziczac*, Bronn.
Syn. *Nautilus ziczac*,
Sow. Argile de Londres, Sheppey.



Fig. 215. — *Belosepia sepioidea*,
De Blainv. Argile de Londres, Sheppey.

Céphalopodes de genres éteints, dont l'un des plus remarquables est le *Belosepia* (fig. 215). Parmi plusieurs coquilles bivalves caractéristiques, on cite la *Leda amygdaloïdes* (fig. 216), le *Cryptodon angulatum* (fig. 217); et, parmi les Rayonnés, une étoile de mer appelée *Astropecten* (fig. 218).



Fig. 216.
Leda amygdaloïdes,
Sow. Highgate.



Fig. 217. — *Cryptodon*
(*Axinus*) *angulatum*,
Sow. Argile de Londres,
Hornsey.



Fig. 218.
Astropecten crispatus,
E. Forbes. Sheppey.

Ces fossiles sont accompagnés d'un espadon (*Tetrapterus priscus*, Agassiz) d'environ 2^m40 de long, et d'une scie (*Pristis bisulcatus*, Ag.) d'une longueur de 3 mètres à peu près, genres étrangers aujourd'hui aux mers Britanniques. En résumé, Agassiz a décrit environ quatre-vingts espèces de poissons appartenant à ces lits de Sheppey, et qui indiquent, suivant lui, un climat chaud.

A Kyson, à quelques kilomètres Est de Woodbridge, on a découvert, dans la partie inférieure de l'Argile de Londres, des débris de plusieurs mammifères. Quelques-uns ont été rapportés par le professeur Owen à l'Opossum et

d'autres au genre *Hyracotherium*. On supposa d'abord, en 1840, que les dents de ce dernier pachyderme appartenait à un singe, mais, depuis, Owen a déclaré, après nouvel examen basé sur des matériaux plus nombreux de comparaison, qu'il abandonnait complètement cette opinion.

Séries de Woolwich et de Reading. (C. 2. Tableau, p. 315). — Cette formation était connue autrefois sous le nom d'Argile Plastique, parce qu'elle a des rapports avec une argile semblable que l'on emploie pour la poterie et qui occupe la même position dans la série Française; elle est exploitée pour le même usage en Angleterre (1).

Nulles formations ne diffèrent plus entre elles, dans l'ensemble de leurs caractères minéralogiques, que les dépôts Eocènes d'Angleterre et ceux de Paris : les premiers presque tous d'origine mécanique, sont des accumulations de limon, de sable et de cailloux ; les seconds, au contraire, offrent dans les environs de Paris, une nombreuse succession de calcaires parfois siliceux, de gypses cristallins, de grès siliceux et quelquefois de silex purs employés comme pierre à moudre. Il est donc assez difficile, ainsi que nous l'avons déjà dit, d'établir une comparaison exacte entre les divers membres des séries Anglaise et Française, et de déterminer leur âge respectif. Quant à la division dont il s'agit, qu'on l'étudie dans les bassins de Londres, du Hampshire ou de Paris, elle présente partout le même caractère minéralogique ; ses lits se composent, sur une grande étendue, de sable et d'argile à modeler, de lignite, et de silex roulés provenant de la craie et dont la grosseur est très-variable. Dans l'île de Wight, ainsi qu'à Bognor, ces lits sont en contact avec la craie, comme dans le Bassin de Londres, à Reading, à Blackheath et à Woolwich. Dans quelques-uns tout-à-fait inférieurs, on a rencontré par bancs l'*Ostrea bellouvacina*, si commune en France, dans la même position relative. Dans les mêmes lits, à Bromley, le docteur Buckland a trouvé un gros galet auquel adhéraient cinq huitres parfaitement développées, lesquelles évidemment

(1) Prestwich, *Quart. Geol. Journ.*, vol. X.

avaient pris naissance sur le galet et y avaient vécu jusqu'au moment de leur enfouissement.

En plusieurs endroits, tels que Woolwich sur la Tamise, et Newhaven dans le Sussex, etc., un mélange de

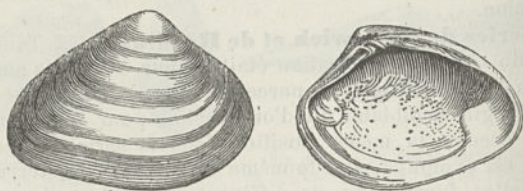


Fig. 219. — *Cyrena cuneiformis*, Sow. Grandeur naturelle.
Argiles de Woolwich.



Fig. 220
Melania (*Melanatria*)
inquinata, Def. Syn.
Cerythium melanoides. Sow. Argiles de
Woolwich.

testacés marins et d'eau douce caractérise ce membre de la série. Les coquilles d'eau douce sont représentées par la *Melania inquinata* (fig. 220) et la *Cyrena cuneiformis* (fig. 219), très-communes également dans les couches du même âge en France. Elles indiquent clairement des embouchures de rivières dans la mer Éocène. On observe habituellement un mélange de coquilles d'eau saumâtre, d'eau douce et marines, et quelquefois, comme à Woolwich, on acquiert la preuve que la rivière et la mer ont successivement occupé le même point. A New Charlton, aux portes mêmes de Woolwich, M. de la Condamine a découvert, en 1849, et m'a fait examiner, une couche de sable mélangé de galets siliceux parfaitement arrondis, et dans laquelle se trouvaient de nombreux individus de l'espèce *Cyrena tellinella* avec leurs deux valves réunies et l'extrémité si-

phonoïde de chaque coquille tournée vers le haut, comme si les mollusques fussent morts dans leur position na-

turelle. J'ai décrit (1) un banc analogue de limon sableux dans le delta de la rivière Alabama, à Mobile, sur les bords du golfe du Mexique; à basses eaux, j'en ai retiré par la drague, en 1846, des espèces vivantes de *Cyrena* et un *Gnathodon* dont les coquilles étaient debout, c'est-à-dire dans une situation qui permettait à l'animal de tendre son siphon vers le haut et d'aspirer ou de rejeter l'eau à volonté. A Mobile, l'eau, ordinairement douce, est quelquefois saumâtre. A Woolwich, une rivière a dû couler vers la mer, d'une manière permanente, pendant que les *Cyrenæ* vivaient; et celles-ci durent périr subitement par suite d'un afflux d'eau salée qui envahit les bas-fonds ou les points sur lesquels un abaissement avait lieu. Suivies dans leur direction du côté de l'est vers Herne Bay, les couches de Woolwich prennent un caractère de plus en plus marin; tandis qu'au sud-ouest, comme à Chelsea et ailleurs, elles montrent un caractère d'eau douce plus prononcé, et contiennent des *Unio*, *Paludina*, *Pitharella*, ainsi que des bancs de lignite. Un continent arrosé par des rivières aurait donc existé anciennement vers le sud-ouest de la métropole actuelle.

Lits fluviatiles sous-jacents à des strates formées dans une mer profonde. — Avant que les géologues se fussent familiarisés avec la théorie de l'abaissement graduel du sol, de sa conversion en fond de mer à différentes périodes, et, comme conséquence, de la transformation des eaux basses en eaux profondes, le caractère fluvial et littoral de ce groupe inférieur paraissait étrange et anormal. Si l'on traverse sur quelques centaines de mètres l'Argile de Londres, dépôt formé, comme le prouvent ses fossiles, dans une eau salée profonde, on arrive à des couches d'origine fluviale où l'on rencontre des amas de cailloux qui atteignent, à Blackheath, près de Londres, une épaisseur de 15 mètres. Ces bancs de cailloux, probablement d'origine marine, n'en indiquent pas moins le voisinage d'une terre et celui d'un rivage où les silex de la craie auraient été roulés à l'état de sable et de galets, et se seraient répandus sans discontinuité sur de larges es-

(1) *Second Visit. to the United States*, vol. II, p. 184.

paces. Or, nous avons la preuve, ainsi que nous l'avons constaté (p. 237) que pendant l'accumulation de la série de Woolwich, des oscillations de niveau suivies d'une grande submersion ont eu lieu, qui ont permis à un dépôt marin de 150 mètres d'épaisseur de s'étendre sur les lits antérieurs d'origine d'eau douce et d'eau saumâtre.

Sables de Thanet. (C. 3. T. p. 315). — On voit souvent dans le bassin du Hampshire l'argile plastique, ou de Woolwich, en contact avec la craie et constituant le membre inférieur de la série Éocène d'Angleterre. Mais, ailleurs, une autre formation d'origine marine, caractérisée par un ensemble un peu différent de débris organiques, vient se placer, comme M. Prestwich l'a démontré, entre la craie et la série de Woolwich. Ce géologue a proposé pour cette formation le nom de *Sables de Thanet*, parce qu'elle se montre très-nettement dans l'île de Thanet, partie septentrionale du Kent, et sur la côte de la mer, entre Herne Bay et les Reculvers, où elle consiste en sables avec quelques masses de grès concrétionnés. Entre autres fossiles, elle contient les *Pholadomya cuneata* (fig. 221), *Cyprina Morrisii* (fig. 223), *Corbula longirostris*, *Scalaria Bowerbankii*, *Aporrhais Sowerbyi* (fig. 222), etc. Sa plus grande épaisseur est d'environ 27 mètres.



Fig. 221. — *Pholadomya cuneata*, Sow.
Sables de Thanet.

Fig. 222. — *Aporrhais Sowerbyi*, Mant.
Sables de Thanet.

Fig. 223. — *Cyprina Morrisii*, Sow.
Sables de Thanet.

FORMATIONS DE L'ÉOCÈNE SUPÉRIEUR DE FRANCE.

Les formations Tertiaires des environs de Paris con-

sistent en une série de couches marines et d'eau douce alternant entre elles et remplissant une dépression de la craie. La surface qu'elles occupent a reçu le nom de Bassin de Paris ; elles s'étendent sur environ 290 kilomètres de longueur du nord au sud, et 145 kilomètres de largeur de l'est à l'ouest. En 1810, MM. Cuvier et Brongniart cherchèrent à établir cinq groupes différents, dont trois d'eau douce et deux marins ; cette division impliquait pour eux qu'une mer, des rivières et des lacs avaient successivement occupé et abandonné le même espace. Des recherches faites ultérieurement dans le Hampshire ont confirmé cette opinion ou démontré tout au moins que, depuis le commencement de la période Éocène, il s'était produit, dans le lit de la mer et des continents voisins, des mouvements considérables qui pouvaient seuls rendre compte de la superposition des dépôts de mer profonde à ceux d'eaux basses (de l'argile de Londres, par exemple aux couches de Woolwich). Néanmoins, d'après les recherches de M. Constant Prévost, quelques mélanges et alternances les moins considérables de dépôts d'eau douce et marins du bassin de Paris ne pourraient être expliqués que par des changements de niveau, en supposant que l'action des deux causes ait eu lieu simultanément dans la même baie d'une seule mer, ou dans un golfe où plusieurs rivières venaient affluer.

Série gypseuse de Montmartre. (A. I., Tableau, p. 315). — Sans entrer dans le détail des nombreuses sous-divisions des couches Parisiennes, ce qui m'entraînerait au delà des limites de mon sujet, je me bornerai à donner quelques exemples des formations les plus importantes. Au-dessous du Grès de Fontainebleau qui appartient, ainsi que je l'ai dit, à la période du Miocène Inférieur, on rencontre dans les environs de Paris, une série de marnes blanches et vertes, avec couches subordonnées de gypse. Ces couches sont plus largement développées dans les parties centrales du Bassin de Paris, et, entre autres endroits, dans la colline de Montmartre, où les fossiles qu'elles contiennent ont été étudiés pour la première fois par Cuvier.

Le gypse que l'on exploite sur ce point pour la fabrication du plâtre de Paris forme une roche cristalline,

grenue, et, comme les marnes qui lui sont associées, il contient des coquilles terrestres et fluviatiles avec des os et des squelettes d'oiseaux et de quadrupèdes. On y rencontre aussi diverses plantes terrestres, parmi lesquelles de beaux échantillons de la tribu des palmiers-éventail ou palmetti (*Flabellaria*), ainsi que des débris de poissons d'eau douce, de crocodiles et d'autres reptiles. Les squelettes de mammifères y sont ordinairement isolés, parfois entiers; les extrémités les plus délicates en sont bien conservées, comme si les animaux enveloppés de leur peau et de leurs chairs fussent tombés au fond de l'eau aussitôt après leur mort, et pendant que les gaz produits par une première décomposition gonflaient leurs cadavres. Les quelques coquilles qui accompagnent ces fossiles sont de ces espèces légères qui flottent avec les bois à la surface des rivières.

On a trouvé dans cette formation les débris d'environ cinquante espèces de quadrupèdes, parmi lesquels figurent les genres *Palæotherium* (voir fig. 177, p. 318), *Anoplotherium* et autres, tous éteints; près des quatre cinquièmes appartiennent au Perissodactyle, ou division à doigts impairs de l'ordre des *Pachydermes* qui n'est plus représentée aujourd'hui que par les quatre genres vivants, rhinocéros, tapir, cheval et daman (hyrax).

Les *Anoplotheridæ* forment une tribu qui se place entre les pachydermes et les ruminants. Cuvier a donné le nom de *Xiphodon* à l'une des trois divisions de cette famille. C'étaient des animaux à formes grêles et élégantes: l'une des espèces, le *Xiphodon gracile* (fig. 224), avait à peu près la taille du chamois, et l'inspection du squelette a fait dire à Cuvier que cet animal devait être aussi léger, aussi gracieux, et aussi agile que la gazelle. A ces Pachydermes sont associés quelques carnivores, entre autres l'*Hyænodon dasyuroides*; une espèce de chien, *Canis Parisiensis*; et une belette (*Cynodon Parisiensis*). L'ordre des rongeurs fournit un écureuil, et celui des *Insectivores* une chauve-souris; les *Marsupiaux*, qu'on ne rencontre aujourd'hui vivants qu'en Amérique, en Australie et dans quelques îles voisines, n'y figurent que par un *Opossum*.

Les oiseaux présentent environ 17 espèces, dont cinq ne sont pas encore déterminées; la plupart ont des sque-

lettes entiers, mais aucune d'elles ne peut être rapportée aux espèces vivantes (1). La même remarque s'applique, suivant MM. Cuvier et Agassiz, aux poissons et aux reptiles. Parmi ces derniers on rencontre des crocodiles et des tortues des genres *Emys* et *Trionyx*. Les quadrupè-



Fig. 224. — *Xiphodon gracile*, ou *Anoplotherium gracile*, Cuvier.]
Contour restauré.

des terrestres qui abondent dans cette formation étaient de ceux qui, habitant les plaines alluviales et les marais, les bords des rivières et des lacs, sont, conséquemment, plus exposés à périr dans les inondations.

Empreintes de pas fossiles. — On compte, dans les environs de Paris, trois masses superposées de gypse que séparent des dépôts intercalés de marnes feuilletées. Dans la masse supérieure, située dans la vallée de Montmorency, M. Desnoyers a découvert, en 1859, de nombreuses empreintes de pas d'animaux, à six niveaux différents (2). Le gypse qui les porte varie en épaisseur de 9 à 15 mètres, et forme la couche qui a fourni au naturaliste le plus grand nombre d'ossements et de squelettes de mammifères, d'oiseaux et de reptiles. Je visitai avec M. Desnoyers ces carrières aussitôt après leur découverte, et ce savant me montra au Muséum de Paris de larges

(1) Cuvier, *Ossements fossiles*, t. III, p. 255.

(2) *Sur des empreintes de pas d'animaux*, par M. J. Desnoyers. *Compte rendu de l'Institut*, 1859.

plaques, où l'on voyait, sur le plan supérieur de stratification, des empreintes de pied en creux, tandis que les moules correspondants apparaissaient en relief sur les surfaces inférieures des couches de gypse immédiatement superposées. Une petite veine de marne qui, avant d'avoir été desséchée et comprimée par la pression, devait représenter une couche plus épaisse de limon mou, séparait les lits de gypse solide. L'animal a dû marcher sur ce limon, et former des empreintes qui ont pénétré la masse gypseuse au-dessous, évidemment non consolidée. Parmi les empreintes de différentes grandeurs signalées par M. Desnoyers, les unes sont bisulquées et peuvent se rapporter aux *Anoplotherium*; d'autres, trilobées, rappellent le pied du *Palæotherium*, et correspondent aux parties analogues de plusieurs espèces appartenant aux genres que Cuvier a reconstruits; d'autres empreintes paraissent avoir été produites par des mammifères carnassiers. Il en est qui révèlent l'existence de tortues fluviatiles, lacustres et terrestres (*Emys*, *Trionyx*, etc.); et celle aussi de crocodiles, d'iguanes, de geckos, et de grands batraciens. On y remarque enfin la trace d'un oiseau énorme, un échassier apparemment, de la taille du *Gastornensis*, dont il sera parlé dans la suite. On y observe également des empreintes du pied d'autres animaux, parfaitement distincts pour la plupart des cinquante types éteints de mammifères, dont on a trouvé les ossements dans le gypse de Paris. Tout l'ensemble indique, suivant Desnoyers, la présence d'un lac ou de plusieurs lacs communiquant entre eux, sur les bords desquels vivaient des Pachydermes et des bêtes de proie qui les dévoraient à l'occasion. Les paléontologues avaient déjà découvert la marque des dents de ces derniers sur les os et les crânes des *Paléothères* ensevelis dans le gypse.

Imperfection des monuments géologiques. — Ces empreintes de pas nous ont fourni des preuves nouvelles et inattendues que la Faune, respirant à l'air libre, de l'Éocène Supérieur d'Europe, surpassait en nombre et en variété les espèces estimées d'abord les plus grandes qui eussent été formées durant cette période. On est maintenant assuré que les mammifères, reptiles et oiseaux qui ont laissé des portions de leurs squelettes en souvenir de

leur existence dans le gypse solide, ne constituaient qu'une partie de la création vivant à cette époque. On peut tirer de semblables conclusions de l'étude de la succession entière des monuments géologiques, qui, pour les périodes embrassant mille ans, et, dans certains cas probablement, des millions d'années, font complètement défaut dans chaque district ; — volumes considérables où manque le plus grand nombre de pages dans une région donnée, et qui, retrouvées, ne donnent par hasard que les titres tronqués des événements physiques ou des êtres vivants qui se rapportent à cette époque. On remarquera également que les formations subordonnées des deux pays voisins, la France et l'Angleterre, bien que considérées généralement comme équivalentes et comme se rapportant à des périodes correspondantes, peuvent très-bien ne pas être exactement de la même date. On les qualifie de contemporaines, mais il est probable qu'elles ont été souvent séparées par des intervalles de centaines et de milliers d'années. On pourrait les comparer à des étoiles doubles, comme l'étoile polaire, qui paraissent simples à l'œil nu parce qu'elles sont dans le firmament à une distance immense de nous, et qui appartiennent en réalité à un seul et même système stellaire, bien qu'occupant dans l'espace des points que nos moyens ordinaires de mesurer nous font prendre pour très-éloignés.

Calcaire siliceux ou Travertin Inférieur (A. 2 et 3, T. p. 315). — Le calcaire siliceux compacte s'étend sur une vaste surface. Il ressemble au précipité que laissent déposer les sources minérales, et présente souvent un grand nombre de petites cavités irrégulières. Bien que généralement dépourvu de débris organiques, il contient sur certains points des espèces d'eau douce et des espèces terrestres, mais jamais de fossiles marins. Le calcaire siliceux et le calcaire grossier occupent ordinairement, dans le Bassin de Paris, des espaces séparés ; où celui-ci atteint son développement complet, celui-là ne montre que sa plus faible épaisseur. Quelques auteurs ont décrit ces dépôts comme alternant entre eux vers le centre du bassin, à Sergy et à Osny, par exemple.

Le gypse, avec ses marnes associées, décrites ci-dessus, présente sa puissance la plus considérable vers le centre

du bassin, où le calcaire grossier et le calcaire siliceux sont moins complètement développés.

Grès de Beauchamp ou sables moyens (A. 4. T. p. 315). — Dans quelques parties du Bassin de Paris, des marnes et sables appelés Grès de Beauchamp, ou *Sables moyens*, séparent les lits gypseux du calcaire grossier proprement dit. Ces sables, dans lesquels abonde une petite Nummulite (*N. variolaria*), contiennent plus de 300 espèces de coquilles marines, quelques-unes particulières, et les autres communes à la division suivante.

FORMATIONS DE L'ÉOCÈNE MOYEN DE FRANCE.

Calcaire Grossier, Supérieur et Moyen (B. 4. T. p. 315). — La division supérieure de ce groupe se compose en majeure partie de calcaire compact et fragile, avec des marnes vertes intercalées. Sur quelques points, les coquilles offrent un mélange de *Cerithium*, *Cyclostoma* et *Corbula*; sur d'autres, de *Limnæa*, *Cerithium*, *Paludina*, etc. Avec ces dernières on a trouvé des os de reptiles, et les mammifères *Palæotherium* et *Lophiodon*. La division moyenne, ou calcaire grossier proprement dit, présente une structure grossière et passe souvent au sable. C'est elle qui contient le plus grand nombre de coquilles fossiles caractéristiques du Bassin de Paris. On a pu extraire d'un seul endroit, près de Grignon, plus de 400 espèces distinctes, gisant dans une couche de sable calcaire presque entièrement formée de coquilles brisées, parmi lesquelles on distingue, mêlées ensemble et dans un état de conservation parfaite, des espèces marines, terrestres et d'eau douce. Il est possible que les coquilles marines aient vécu dans l'endroit même où on les rencontre aujourd'hui, mais les *Cyclostoma* et *Limnæa* doivent y avoir été apportés par des rivières ou des courants, et la quantité de débris triturés dénote que le mouvement des eaux a été considérable.

Rien n'est plus frappant dans cet assemblage de testacés fossiles que la grande proportion des espèces qui se rapportent au genre *Cerithium* (Voir figs. 163, 164, p. 396). On n'en compte pas moins de 137 de ce genre dans le Bassin de Paris, presque toutes dans le calcaire grossier.

La plupart des Cérithes vivantes habitent la mer, près de l'embouchure des rivières, là où l'eau est saumâtre ; la quantité qu'on en trouve, dans le terrain marin dont nous parlons, s'accorde donc avec l'hypothèse que le bassin de Paris aurait formé jadis un golfe dans lequel plusieurs rivières apportaient le tribut de leurs eaux.

FORAMINIFÈRES ÉOCÈNES.

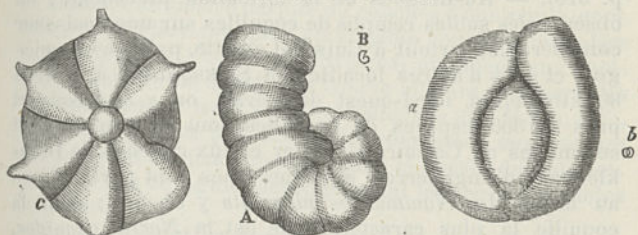


Fig. 225. — *Calcarina varispina*, Desh.

Fig. 226. — *Spirolina stenostoma*, Desh.

Fig. 227. — *Triloculina inflata*, Desh.

A. Grossie.
B. Grandeur naturelle.

Sur quelques points du Calcaire Grossier de Paris on rencontre une pierre propre à bâtir et que les géologues français ont nommée *Calcaire à Miliolites*. Elle est presque entièrement composée de millions de coquilles microscopiques, de la grosseur de petits grains de sable, et qui appartiennent à l'ordre des Foraminifères (voir les figures ci-dessus). Comme cette pierre miliolitique ne se rencontre jamais dans les Faluns ou couches du Miocène Supérieur de la Bretagne et de la Touraine, elle sert à reconnaître les formations Éocènes et Miocènes répandues çà et là dans ces provinces et dans celles qui les avoisinent. La découverte des débris de *Palæotherium* et d'autres mammifères dans quelques-uns des lits supérieurs du Calcaire Grossier démontre que ces animaux terrestres ont vécu avant la formation des dépôts gypseux dont la série est au-dessus.

Calcaire Grossier Inférieur ou Glauconie Grossière (B. 1. T. p. 315). — La portion inférieure du Calcaire Grossier, qui contient souvent une grande quantité de terre verte, est caractérisée à Auvers, près de Pontois

au nord de Paris, et plus encore dans les environs de Compiègne, par l'abondance des Nummulites, spécialement *N. lævigata*, *N. scabra* et *N. Lamarcki*; ces fossiles composent en grande partie quelques-uns des lits pierreux, bien qu'ils ne se rencontrent point dans les couches de même âge aux environs immédiats de Paris.

Sables Soissonnais ou lits coquilliers (B. 2. T. p. 315). — Au-dessous de la formation précédente, on observe des sables remplis de coquilles sur une épaisseur considérable, surtout à Cuisse-Lamotte, près de Compiègne, et dans d'autres localités du Soissonnais, à environ 80 kilomètres nord-ouest de Paris; on y a découvert près de 300 espèces de coquilles dont la plupart sont communes au Calcaire Grossier et aux couches de Bracklesham d'Angleterre; quelques-unes sont particulières au dépôt. La *Nummulites planulata* y abonde; mais la coquille la plus caractéristique est la *Nerita conoïdea*, Lam. Ce dernier fossile occupe une très-large étendue géographique, car, suivant la remarque de M. d'Archiac, il accompagne la formation nummulitique depuis l'Europe jusqu'aux Indes, où on l'a trouvé à Cutch, près de l'embouchure de l'Indus, en même temps que la *Nummulites scabra*. Parmi les coquilles de ce groupe, 33 au moins

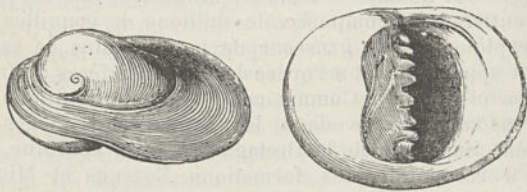


Fig. 228. — *Nerita conoïdea*, Lam. — Syn. *N. Schmidelliana*, Chemnitz.

paraissent identiques avec celles de la Craie de Londres. Après avoir visité Cuisse-Lamotte et d'autres localités des *Sables inférieurs* de D'Archiac, j'ai conclu avec M. Prestwich que ces formations sont probablement plus nouvelles que l'Argile de Londres et peut-être plus anciennes que les couches de Bracklesham d'Angleterre. L'Argile

de Londres ne paraît pas être représentée dans le Bassin de Paris, et si elle l'est, c'est par ces sables, d'une manière toute partielle (1).

FORMATIONS DE L'ÉOCÈNE INFÉRIEUR EN FRANCE.

Argile plastique (C. 2. T. p. 315).—A la base du système Tertiaire de France, se trouvent d'immenses dépôts de sables, entremêlés parfois de couches d'une argile, nommée *Argile plastique*, que l'on emploie pour la poterie. Des huîtres fossiles (*Ostræa Bellovacina*) abondent sur quelques points de ce dépôt; on trouve ailleurs des coquilles fluviales comme les *Cyrena cuneiformis* (fig. 213, p. 336), *Melania inquinata* (fig. 220), etc., communes aux couches qui occupent la même position dans le Bassin de Londres. Des couches de lignite accompagnent les argiles et sables inférieurs.

Immédiatement au-dessus de la craie qui forme le fond de tout terrain tertiaire en France, on observe généralement un conglomérat ou brèche de silex roulés, anguleux et cimentés par un sable siliceux. Ce conglomérat paraît d'origine littorale et indique les profondes dénudations que la craie a subies. Dans l'année 1855, on trouva à Meudon, près de Paris, à la base de l'argile plastique, le tibia et le fémur d'un grand oiseau dont la taille égalait au moins celle de l'Autruche. Cet oiseau, auquel on a donné le nom de *Gastornensis Parisiensis*, paraît appartenir, d'après les mémoires de MM. Hébert, Lartet et Owen, à un genre éteint. Le professeur Owen le rattache à l'ordre des échassiers, oiseaux terrestres, plutôt qu'à une espèce aquatique (2).

La formation, si exploitée pour les usages industriels, de l'argile plastique de Paris et des argiles et sables de Londres, n'avait cependant fourni, jusqu'en 1855, aucun vestige de bipède ailé. Cette découverte nous apprend combien il faut apporter de soins dans toutes les recherches et interprétations ostéologiques relatives aux oiseaux de ces périodes anciennes, avant que leur existence

(1) D'Archiac, *Bulletin*, t. X; et Prestwich, *Geol. Quart. Journ.*, 1847, p. 377.

(2) *Quart. Geol. Journ.*, vol. XII, p. 204, 1856.

soit constatée par des preuves plus décisives que la simple empreinte de leurs pas.

Sables de Bracheux (C. 3. T. p. 315.). — Les sables marins, appelés Sables de Bracheux, localité située près de Beauvais, sont considérés par M. Hébert comme plus anciens que les Lignites et l'Argile plastique; ils coïncideraient en âge, suivant lui, avec les sables de Thanet, en Angleterre. A La Fère, département de l'Aisne, on a trouvé dans un dépôt de cet âge, le crâne fossile d'un quadrupède que Blainville appela *Arctocyon primævus*, et qu'il supposa se rattacher à l'ours et au Kinkajou (*Cercoleptes*). Ce dernier animal paraît être le plus ancien des mammifères connus dans les couches tertiaires.

Formation nummulitique en Europe, en Asie, etc. — De toutes les roches de la période Éocène, nulle n'a autant d'importance géographique que celles de l'Éocène Supérieur et de l'Eocène Moyen, telles que nous les avons décrites, en admettant que la formation Tertiaire ancienne, appelée nummulitique, appartienne réellement à ce groupe. Sur plus de cinquante espèces de ces foraminifères décrits par d'Archiac, une ou deux espèces seulement se rencontrent dans les autres formations Tertiaires de date plus ancienne ou plus récente. La *Nummulites intermedia*, forme de l'Eocène Moyen, monte aussi haut que le Miocène Inférieur, mais il est douteux qu'aucune espèce descende aussi bas que l'Argile de Londres, et bien moins encore que l'Argile plastique ou couches de Woolwich. Des groupes séparés de strates sont souvent caractérisés par différentes espèces de Nummulites; ainsi les lits compris entre le Miocène Inférieur et l'Eocène Inférieur peuvent être divisés en trois sections que distinguent trois espèces différentes de Nummulites: *N. variolaria* dans les couches supérieures, *N. lævigata* dans les couches moyennes et *N. planulata* dans les couches inférieures. Le calcaire nummulitique des Alpes Suisses s'élève à plus de 3,000 mètres au-dessus du niveau de la mer, et atteint dans cette chaîne de montagnes et dans d'autres une épaisseur de plusieurs centaines de mètres. On peut dire que cette formation joue, dans la charpente solide de la croûte terrestre, un rôle plus important que n'importe quel autre groupe Ter-

tière d'Europe, d'Asie ou d'Afrique. On la rencontre en Algérie et dans le Maroc; on l'a observée en Egypte, où elle a fourni anciennement les matériaux exploités pour la construction des Pyramides, ainsi que dans l'Asie Mineure et à travers la Perse, par Bagdad, jusqu'à l'embouchure de l'Indus. Elle existe non-seulement à Cutch, mais encore dans la chaîne montagneuse qui sépare le Sind de la Perse, et qui forme les passages conduisant au Caboul; on l'a même suivie bien plus loin vers l'Est dans l'Inde, entre le Bengale oriental et les frontières de la Chine.

Le Dr T. Thomson a rencontré des Nummulites, à une hauteur de 5,000 mètres au-dessus du niveau de la mer, dans le Thibet occidental. J'ai trouvé moi-même en très-grande abondance, sur les flancs des Pyrénées, dans un marbre cristallin compacte, une espèce qui a reçu de M. d'Archiac le nom de *Nummulites Puschi* (fig. 229).

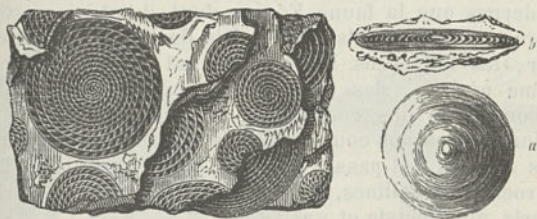


Fig. 229. — *Nummulites Puschi*, D'Archiac. Peyrehorade, Pyrénées.
a. Surface externe de l'une des nummulites dont on voit les sections longitudinales dans le calcaire. — b. Coupe transversale du même fossile.

Dans plusieurs lointaines régions, au Cutch, par exemple, quelques coquilles semblables, telles que la *Nerita conoidea* (fig. 228) accompagnent, comme en France, les Nummulites. Divers observateurs considèrent la formation Nummulitique comme appartenant en partie à l'époque Crétacée; cette erreur vient sans doute de la confusion qu'on a faite d'un genre allié, les Orbitoïdes, avec les véritables Nummulites.

Si l'on admet que la formation nummulitique occupe un rang moyen et supérieur dans la série Éocène, on est frappé de la date comparativement moderne qui doit

être assignée à quelques-unes des grandes révolutions survenues dans la géographie physique de l'Europe, de l'Asie et de l'Afrique septentrionale. Toutes les chaînes de montagnes, comme les Alpes, les Pyrénées, les Carpathes et l'Himalaya, dont les couches nummulitiques constituent le centre et les parties les plus élevées, ne durent apparaître qu'après la période de l'Éocène Moyen. Durant cette période, la mer recouvrait les surfaces que ces chaînes occupent aujourd'hui, car les Nummulites et les Testacés qui les accompagnent habitaient indubitablement l'eau salée. Avant ces événements, qui comprennent la conversion d'une immense nappe d'eau en continent, l'Angleterre avait été peuplée (voir p. 332) de différents quadrupèdes, de pachydermes herbivores, de chauves-souris insectivores et d'opossums.

Presque tous les volcans éteints qui conservent des vestiges de leur forme primitive ou de cratères dont on peut encore suivre les courants de lave, sont bien plus modernes que la faune Éocène dont il est ici question; outre ces monuments superficiels de l'action de la chaleur, les influences Plutoniques ont opéré, pendant la même période, des changements extraordinaires dans la contexture des roches. Certaines portions des lits à Nummulites des couches Tertiaires recouvrantes appelées *Flysch*, ont passé, dans les Alpes centrales, à l'état de roches cristallines, et ont été transformées en marbre, quartz, micaschiste et gneiss (1).

Couches Éocènes des États-Unis. — Dans l'Amérique du Nord, les formations Éocènes occupent, sur les bords de l'Atlantique, une étendue d'autant plus considérable qu'on s'avance davantage vers le Sud, depuis le Delaware et le Maryland jusqu'à la Géorgie et l'Alabama. On les rencontre également dans la Louisiane et dans d'autres États situés à l'Est et à l'Ouest de la vallée du Mississipi. A Claiborne, Alabama, plus de quatre cents espèces de coquilles marines, avec différents échinodermes et des dents de poissons, caractérisent l'un des membres de ce système. Au nombre des coquilles, se

(1) Murchison, *Quart. Journ. of Geol. Soc.*, vol. V et Lyell, vol. VI, 1850. *Anniversary Address.*

trouve en abondance la *Cardita planicosta* (fig. 194, p. 325); la présence de ce fossile et de quelques autres plus ou moins identiques avec les espèces d'Europe, semble prouver que les couches de Claiborne sont contemporaines du groupe central de Bracklesham en Angleterre, et du Calcaire Grossier de Paris (1).

Plus haut dans la série est un calcaire remarquable, appelé d'abord *Calcaire à Nummulites*, d'après le grand nombre de corps discoïdaux ressemblant aux Nummulites qu'il contient. M. A. d'Orbigny classe aujourd'hui ces fossiles dans le genre *Orbitoïde*; le Docteur Carpenter a démontré qu'ils appartiennent au groupe des foraminifères (2); il pense que l'*Orbitoïde* dont il est ici question (*O. Mantelli*) est de la même espèce que celui de Cutch, dans l'Eocène Moyen ou formation nummulitique de l'Inde.



Fig. 230.

Zeuglodon cetoides, Owen.
Basilosaurus, Harlan.

Molaire, grandeur naturelle.

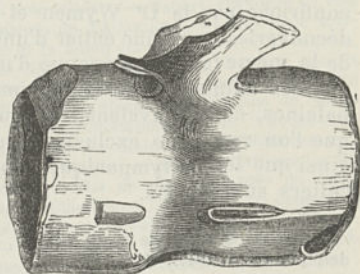


Fig. 231.

Vertèbre réduite.

Au-dessus du calcaire à Orbitoïdes se trouve un calcaire blanc, souvent tendre et argileux, mais parfois très-compact et calcaire. Il contient plusieurs coraux particuliers et un grand Nautilé, voisin du *N. ziczac*; dans le

(1) Voyez un Mémoire de l'auteur, *Quart. Journ. Geol. Soc.*, vol. IV, p. 42; et *Second Visit to the United States*, vol. II, p. 59.

(2) *Quart. Journ. Soc.*, vol. VI, p. 32.

lit supérieur, se trouve aussi un cétacé gigantesque, appelé *Zeuglodon* par Owen (1).

Les os énormes de ce cétacé sont tellement abondants dans l'intérieur du comté de Clarke, Alabama, qu'ils caractérisent la formation. La colonne vertébrale d'un squelette trouvé par le Dr Buckley dans un endroit que j'ai visité, avait près de 21 mètres de long; et dans le voisinage on a recueilli une autre épine dorsale d'une longueur de 15 mètres environ. Pendant la courte excursion que j'ai faite dans cette localité, j'ai découvert des débris de cet animal fossile en tant d'endroits dans un rayon de 15 kilomètres, que je suis porté à conclure que ces débris ont appartenu à plus de quarante individus.

Le Professeur Owen a fait remarquer, le premier, que cet énorme animal n'appartient pas à la classe des reptiles, car chaque dent présente une double racine (fig. 230), implantée dans une double alvéole correspondante; cette opinion sur la nature cétacée de ce fossile a depuis été confirmée par le Dr Wymen et le Dr R.-W. Gibbes. La découverte d'un crâne entier d'une autre espèce de fossile de la même famille, a prouvé d'une manière incontestable que ces animaux éteints faisaient partie de la tribu des baleines, car ils avaient les doubles condyles occipitaux que l'on remarque exclusivement dans les mammifères, ainsi que les os tympaniques convolutés qui sont particuliers aux cétacés.

(1) Voir le Mémoire de R. W. Gibbes, *Journ. of Acad. Nat. Sci. Philadelphie*, vol. I, 1847.

SÉRIE SECONDAIRE OU MESOZOÏQUE.

CHAPITRE XVII.

GROUPE DU CRÉTACÉ SUPÉRIEUR.

Laps de temps écoulé entre les périodes Crétacée et Éocène. — Tableau des formations Crétacées successives. — Couches de Maestricht. — Calcaire Pisolitique de France. — Craie de Favoë. — Craie Blanche, son étendue géographique et son origine. — Matière crayeuse en voie de formation dans les profondeurs de l'Atlantique. — Différence marquée entre la faune Crétacée et la faune actuelle. — Silex de la craie. — Pierres-pots (*potstones*) de Horstead. — Éponges vitreuses dans la craie. — Blocs isolés de roches étrangères dans la craie blanche qui passent pour y avoir été portés par la glace. — Différence de caractère minéralogique dans les roches contemporaines de l'époque Crétacée. — Fossiles de la craie blanche. — Craie blanche inférieure sans silex. — Marne crayeuse et ses fossiles. — Série Chloritique ou du Greensand (grès vert) supérieur. — Lit de coprolites près de Cambridge. — Fossiles de la série Chloritique. — Gault. — Connexion entre les couches du Crétacé Supérieur et celles du Crétacé Inférieur. — Couches de Blackdown. — Flore de la période du Crétacé supérieur. — Calcaire à Hipparites. — Roches Crétacées des États-Unis.

Après avoir traité dans les chapitres précédents des couches Tertiaires ou Cainozoïques, nous avons maintenant à parler des formations Secondaires ou Mésozoïques. — Dans cette dernière série se trouve ce qu'on nomme communément *Craie* ou formation *Crétacée*, du mot latin *creta* appliqué à ce calcaire terreux, blanc, qui constitue le membre supérieur d'un groupe remarquable dans ces parties de l'Europe où il a été pour la première fois étudié. La différence marquée qui existe entre les

fossiles des terrains Tertiaires et ceux des formations Crétacées a fait supposer à un grand nombre de géologues qu'un nombre infini de siècles s'était écoulé entre les époques respectives de l'origine de ces corps organisés. Si l'on se fonde, en effet, sur les changements survenus dans la Faune et la Flore de la terre pour mesurer l'intervalle qui sépare les origines de ces formations, le temps qui se serait écoulé entre le Crétacé et l'Éocène aurait été aussi considérable que celui qui s'est écoulé entre l'Éocène et les périodes récentes, à l'histoire desquelles nous avons consacré les sept chapitres précédents. On a observé çà et là, pendant la moitié du dernier siècle, plusieurs dépôts d'époque intermédiaire entre la Craie Blanche, les Argiles Plastiques et les Sables des districts de Paris et de Londres. Ces monuments ont pour le géologue le même intérêt que certains faits d'époques intermédiaires pour ceux qui étudient l'histoire des nations ; les uns et les autres répandent une certaine lumière sur des âges de ténèbres, précédés et suivis d'autres âges dont les annales nous sont comparativement bien mieux connues. Mais ces monuments géologiques nouvellement découverts sont loin de combler le vide qui existe ; quelques-uns s'allient de très-près à l'Éocène, d'autres au type Crétacé ; aucun ne paraît, du moins jusqu'à présent, posséder une faune assez caractéristique et assez distincte pour obtenir une place indépendante dans la grande série chronologique.

Au nombre de ces formations intermédiaires sont les Sables de Thanet (Prestwich) que nous avons suffisamment décrits dans le dernier chapitre et classés dans l'Éocène Inférieur. A la même série Tertiaire appartiennent aussi les formations Belges, que le Professeur Dumont appelle Landéniennes. D'un autre côté, les Calcaires de Maëstricht et de Faxoe se lient très-étroitement à la Craie, à laquelle on peut aussi rapporter le Calcaire Pisolithique de France.

Classification des roches Crétacées. — On divise généralement le groupe Crétacé en série Supérieure et série Inférieure, auxquelles on donne aussi assez souvent le nom de *Craie* et de *Greensand* (grès vert). La première, ou la Craie, tire son nom du calcaire terreux

blanc et de la marne dont elle est surtout formée dans une grande partie de la France et de l'Angleterre; la seconde, ou Inférieure, doit sa dénomination de *Greensand* à la quantité considérable de grains verts ou chloritiques que contiennent les sables et *cherts* qui, dans les mêmes pays, entrent largement dans sa composition. Mais ces caractères minéralogiques manquent souvent, lorsqu'on essaye de suivre les mêmes sous-divisions continues à travers une petite portion de l'Europe septentrionale, et ils sont plus nuisibles qu'utiles quand on cherche à les appliquer dans des régions plus éloignées. Ce n'est qu'avec le secours des débris organiques qui caractérisent les sous-divisions marines successives de la formation qu'on arrive à reconnaître, dans les contrées éloignées les unes des autres, telles que l'Europe méridionale ou l'Amérique du Nord, les dépôts contemporains d'origine et de formation. Dans un pays quelconque, l'étudiant en géologie devra se contenter d'énumérer d'abord les groupes qui caractérisent la série de la contrée et autres points immédiatement contigus, en faisant peu d'attention à ceux qui sont situés dans des régions plus éloignées. Comme on le verra dans le tableau ci-joint, je me suis servi du terme Neocomien pour désigner ce que l'on nomme ordinairement *Greensand Inférieur* (grès vert inférieur), parce que cette dernière expression est devenue très-contestable depuis que la présence des grains verts fait exception à la règle dans la plupart des membres de ce groupe, même dans les districts où ils ont été étudiés et dénommés pour la première fois. M. Alcide d'Orbigny, dans son ouvrage remarquable qui porte le titre de *Paléontologie Française*, a adopté de nouvelles expressions pour désigner les sous-divisions françaises de la série du Crétacé Supérieur, et elles sont aujourd'hui si généralement employées par les auteurs étrangers qu'il est indispensable à l'étudiant en géologie de se rappeler leurs rapports avec les termes anglais équivalents, afin de les faire concorder ensemble autant que possible.

PÉRIODE DU CRÉTACÉ SUPÉRIEUR OU DE LA CRAIE.

<i>Subdivisions anglaises.</i>	<i>Équivalents français.</i>
1 ^o Couches de Maestricht, Calcaire de Faxoe, Calcaire Pisolitique et de France.	1. Étage Danien.
2. Craie Blanche Supérieure, avec silex.	2. Sénonien (en partie).
3. Craie Blanche Inférieure, sans silex.	3. Sénonien (en partie).
4. Marne Crayeuse.	4. Sénonien (en partie) et Turonien.
5. Série chloritique ou (Greensand Supérieur).	5. Cénomaniens.
6. Gault.	6. Albien.

CRÉTACÉ INFÉRIEUR OU NÉOCOMIEN.

(Néocomien des Français) (1).

<i>Couches marines.</i>	<i>Couches d'eau douce.</i>
1. Néocomien Supérieur, voir p. 392.	Lits du Weald
2. Néocomien Moyen, voir p. 396.	(partie supérieure).
3. Néocomien Inférieur, voir p. 307.	

Couches de Maëstricht. — Sur les bords de la Meuse, à Maëstricht, repose sur la Craie blanche ordinaire avec silex, une formation calcaire supérieure d'environ 30 mètres d'épaisseur, dont les fossiles forment un ensemble particulier et se distinguent complètement des espèces Tertiaires. Quelques-uns sont communs à la craie blanche inférieure, par exemple la *Belemnitella mucronata* (fig. 232) et le *Pecten quadricostatus*, que plusieurs géologues considèrent comme une simple variété du *P. Quinquecostatus* (voir fig. 276, p. 380). Outre la Belemnite, il y a d'autres genres tels que *Baculites* et *Hamites* qu'on ne trouve jamais dans les couches plus récentes que la Craie, mais qu'on rencontre fréquemment dans celles de Maëstricht. D'un autre côté, on observe les *Voluta*, *Fas-*

(1) Le Crétacé inférieur ou Neocomien a été aussi appelé Neocomien par les Français. D'Orbigny avait désigné d'abord le Neocomien Supérieur sous le nom d'Aptien, mais cette expression est aujourd'hui rarement employée.

ciolaria et autres genres de coquilles univalves qui n'existent ordinairement que dans les couches tertiaires.

Au mont Saint-Pierre, dans l'un des faubourgs de Maëstricht, la partie supérieure de cette roche se montre sur une épaisseur d'environ 6 mètres, et abonde en coraux et en Polyzoaires qui se détachent facilement de la gangue. A cette partie supérieure succède un calcaire tendre et jaunâtre d'environ 15 mètres d'épaisseur, d'où l'on extrait, de temps immémorial, des blocs de construction. Vers ses assises inférieures, la pierre est plus blanche et contient accidentellement des nodules de chert gris ou chalcédoine.

M. Bosquet, avec qui j'ai examiné cette formation (Août 1850), m'a fait remarquer une bande de craie de 50 centimètres à 1 mètre d'épaisseur, contenant de la terre verte et de nombreuses tiges d'encrines; cette bande trace une ligne de démarcation entre les couches qui contiennent les fossiles particuliers à Maëstricht et celles de la Craie Blanche Inférieure. Cette dernière division se distingue par des lits réguliers de silex noirs, noduleux, et par plusieurs coquilles telles que *Terebratula carnea* (fig. 252, p. 371) qui manquent absolument dans les lits supérieurs à la bande verte. Quelques-uns des restes organiques qui ont rendu célèbre le mont Saint-Pierre se rencontrent au-dessus et au-dessous de cette bande de partage; on y distingue le grand reptile marin *Mosasauros* (fig. 233), saurien qui pouvait avoir 7 mètres de longueur, et dont on a trouvé le crâne entier et une grande portion du squelette. Ces sortes de débris se remarquent surtout dans la pierre de taille tendre qui constitue le membre principal des lits de Maëstricht. Au nombre des fossiles communs à la formation de Maes-

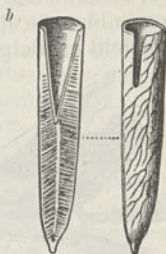


Fig. 232.

Belemnitella mucronata,
Maëstricht, Faxoe et Craie
Blanche.

- a. Osselet ou garde, montrant des empreintes vasculaires à la surface extérieure, avec échancrure caractéristique et pointe (*mucro*).
b. Coupe du même fossile montrant la place du phragmocône (1).

(1) Pour les détails de structure, voir p. 335, fig. 436.

tricht et à la craie blanche, on peut citer l'échinoderme représenté ici (figure 234).

J'ai observé des preuves d'une dénudation antérieure de la craie blanche dans le lit inférieur de la formation de Maëstricht en Belgique, au village de Jendrain, à environ

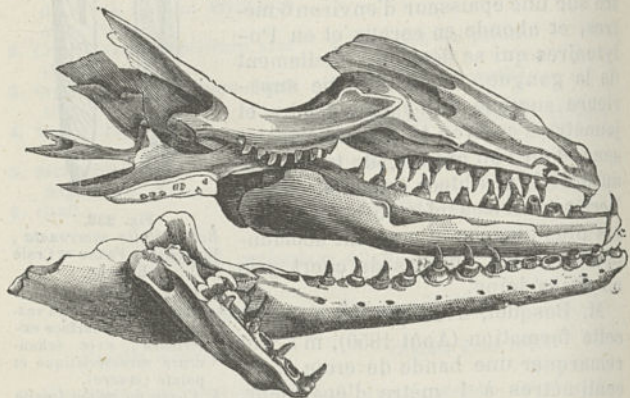


Fig. 233. — *Mosasaurus Camperi*. L'original a 1 mètre environ de longueur.

48 kilomètres S.-O. de Maëstricht; dans cette localité, la base du dépôt plus nouveau consistait principalement en une couche de silex de la Craie, roulés, noirs, mêlés à

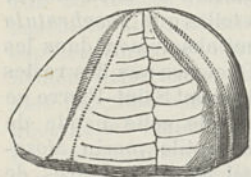


Fig. 234. — *Hemipneustes radiatus*, Agass, *Spatangus radiatus*, Lam. Craie de Maëstricht et Craie blanche.

des spécimens parfaitement conservés de *Thecidea pappillata* et de *Belemnitella mucronata*. Pour un géologue accoutumé à regarder, en Angleterre, les silex roulés de la craie comme un caractère commun et distinct des lits tertiaires de différents âges, il est nouveau et surprenant de

voir des couches entièrement composées de semblables matériaux et de ne pouvoir mettre en

doute, néanmoins, qu'ils se sont accumulées dans une mer où prospéraient la Belemnite et autres mollusques crétacés.

Calcaire Pisolitique de France. — Les géologues

se sont trouvés pendant plusieurs années en désaccord quand ils ont voulu déterminer les rapports chronologiques de la roche Pisolitique que l'on trouve aux environs de Paris, au nord, au midi, à l'est comme à l'ouest de cette capitale, par exemple entre Les Vertus et Laversine, entre Meudon et Montereau. L'examen de plus de 50 espèces de fossiles avait conduit plusieurs paléontologues distingués à déclarer cette formation comme étant en apparence plus Eocène que Crétacée; mais M. Hébert y a trouvé, à Montereau, près de Paris, le *Pecten quadricostatus*, espèce crétacée bien connue, à côté d'autres fossiles communs à la craie de Maëstricht et au calcaire à Baculites du Contentin, en Normandie. En conséquence, ce savant, d'accord avec M. Alcide d'Orbigny qui a soigneusement étudié ces fossiles, a émis l'opinion que cette roche était un membre supérieur du groupe Crétacé. Elle se présente ordinairement sous la forme d'un calcaire grossier, de couleur jaunâtre ou blanchâtre; et la série des couches déjà connues affecte une épaisseur totale de 30 mètres. Son étendue géographique, suivant M. Hébert, n'a pas moins de 45 lieues de l'est à l'ouest, et de 35 du nord au sud. Dans ces limites, on ne l'observe qu'en petits lambeaux reposant en stratification discordante sur la craie blanche.

Le *Nautilus Danicus* (fig. 236) et deux ou trois autres espèces trouvées dans cette roche se rencontrent fréquemment dans celle de Faxoe, en Danemarck; mais jusqu'à présent on n'y a découvert aucun des genres Ammonites, Hamites, Scaphites, Turrilites, Baculites ou Hippurites. Il faut avouer que la proportion des espèces particulières, dont plusieurs ont un aspect tertiaire, est considérable; et la vaste érosion que les eaux ont fait subir à la craie blanche avant la formation du calcaire pisolitique, fournit une autre preuve du long intervalle de temps qui a séparé les deux dépôts. On peut, toutefois, regarder la formation pisolitique comme étant d'âge intermédiaire, qui se rapproche plus des époques Secondaires et Tertiaires que celui de la roche de Maestricht.

Craie de Faxoe. — Dans l'île de Seeland, en Danemark, le membre le plus nouveau de la série crayeuse, observé dans les falaises marines de Stevensklint où il

repose sur la craie blanche avec silex, est un calcaire jaune que l'on rencontre en partie à Faxoe, et dont on se sert pour les constructions; il est composé de coraux plus distincts même que ceux qu'on voit dans les bancs corallins modernes. Les travaux de carrière descendent à une profondeur de plus de 12 mètres, mais l'épaisseur totale de la formation est encore inconnue. Les coquilles enfouies y sont, pour la plupart, à l'état de moules; un grand nombre appartiennent à des mollusques univalves très-rares dans la craie blanche d'Europe. Ce sont deux espèces de *Cypræa*, une d'*Oliva*, deux de *Mitra*, quatre de *Cerithium*, six de *Fusus*, deux de *Trochus*, deux de *Patella*, une d'*Emarginula*, etc.; en somme, plus de trente univalves spiroïdes ou patelliformes. Quelques bivalves qui les accompagnent, ainsi que des échinodermes et des zoophytes, sont tout à fait identiques avec les fossiles de la véritable série Crétacée. Parmi les céphalopodes de Faxoe, nous devons mentionner les *Baculites Faujasii* (fig. 235) et *Belemnitella mucronata* (fig. 232,



Fig. 235.— Portion de *Baculites Faujasii*, Sow. Maëstricht, Faxoe et craie blanche.

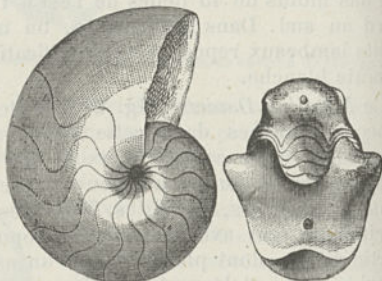


Fig. 236. — *Nautilus Danicus*. Schl., Faxoe, Danemarck.

p. 357), coquilles de la craie blanche. Le *Nautilus Danicus* (fig. 236) est caractéristique de cette formation; on l'observe aussi en France dans le calcaire pisolitique de Laversine, département de l'Oise. On rencontre dans la pierre de Faxoe les pattes et le crâne entier d'un petit crabe, *Brachyurus rogosus* (Schlottheim) qui nous rappelle des crustacés semblables que l'on trouve dans les récifs à coraux modernes. Quelques parties de cette

dernière formation coralline consistent en craie blanche terreuse.

Composition, étendue géographique et origine de la Craie Blanche.

— Les lits de craie les plus élevés en Angleterre et en France consistent en une masse pure et blanche de calcaire, ordinairement trop tendre pour les constructions, mais qui acquiert parfois une certaine solidité. Cette roche est presque totalement formée de carbonate de chaux; la stratification en est souvent obscure, excepté lorsqu'elle est accusée par des bandes de silex, ayant quelques centimètres d'épaisseur, continues en surface, ou plus souvent formées de nodules et séparées par des intervalles de 60 à 120 centimètres. A cette craie supérieure succède ordinairement, dans l'ordre descendant, une grande masse de craie blanche sans silex, après laquelle vient la craie marneuse légèrement mélangée de matière argileuse. En certains endroits du midi de l'Angleterre, l'épaisseur de l'ensemble des trois divisions est de 300 mètres. La coupe d'autre part (fig. 237) montre comment la craie blanche passe d'Angleterre en France, et comment elle est recouverte par les couches tertiaires précédemment décrites, et superposées aux couches crétacées inférieures.

La surface sur laquelle la Craie blanche conserve un aspect à peu près homogène est tellement considérable, que les premiers géologues ont désespéré de découvrir aucun dépôt de date récente qui lui soit analogue. On peut suivre la craie pure, de composition et d'aspect presque uniformes, vers le nord-ouest et le sud-est, depuis l'Irlande septentrionale jusqu'en Crimée, sur une longueur de près de

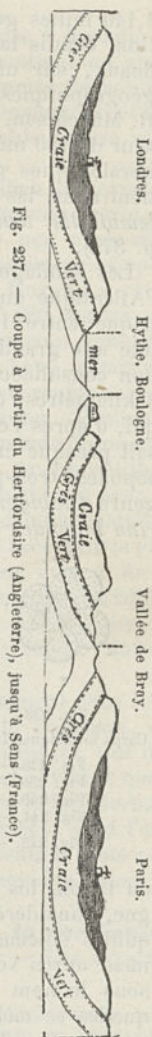


Fig. 237. — Coupe à partir du Hertfordshire (Angleterre), jusqu'à Sens (France).

1,140 milles géographiques, et, en travers de cette direction, depuis la Suède méridionale jusqu'au sud de Bordeaux, sur une autre longueur de plus de 840 milles géographiques. Dans la Russie méridionale, suivant Sir R. Murchison, cette roche atteint quelquefois une épaisseur de 180 mètres et possède les mêmes caractères minéralogiques qu'en France et en Angleterre; elle contient aussi les mêmes fossiles : *Inoceramus Cuvieri*, *Bellemitella mucronata*, et *Ostrœa vesicularis* (fig. 257, p. 372).

Les sondages opérés en 1858 dans les profondeurs de l'Atlantique du Nord, pour la pose du télégraphe électrique entre l'Irlande et Terre-Neuve, ont récemment jeté une grande lumière sur l'origine de la craie blanche non consolidée. A des profondeurs excédant quelquefois 3 kilomètres, on a retiré du fond de l'Océan un limon qui, d'après l'examen du professeur Huxley, se composait presque entièrement (pour plus des 19/20^{es}) de rhizopodes très-petits, ou de coquilles foraminifères du genre *Globigerina*, et spécialement de l'espèce *Globigerina bulloïdes* (fig. 238). Dans la dixième partie restante



Fig. 238.

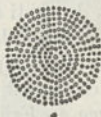


Fig. 239.



Fig. 240.



Fig. 241.



Fig. 242.

Corps organiques formant la vase de l'Atlantique à de grandes profondeurs.

- | | |
|---|-------------------------|
| Fig. 238. — <i>Globigerina bulloïdes</i> .. | Rhizopode calcaire. |
| Fig. 239. — <i>Actinocyclus</i> | } Diatomées siliceuses. |
| Fig. 240. — <i>Pinnularia</i> | |
| Fig. 241. — <i>Eunotia bidens</i> | |
| Fig. 242. — <i>Spicule</i> d'éponge. | Éponge siliceuse. |

du limon, les corps organiques étaient, en première ligne, considérés au point de vue de la quantité, des coquilles siliceuses appelées *Polycystinées*; et immédiatement après venaient les squelettes des plantes connues sous le nom de *Diatomées* (fig. 239, 240, 241), auxquelles se mêlaient parfois des spicules siliceuses d'éponges (fig. 242). Tous ces débris se trouvaient incor-

porés dans une masse gélatineuse vivante à laquelle on a donné le nom de *Bathybius*, et qui contient en abondance des corps excessivement petits, appelés Cocolithes et Coccosphères, que l'on a découverts également à l'état fossile dans la craie, mais dont la véritable nature n'est pas encore connue.

Sir Léopold Mac Clintock et le Dr Wallich ont constaté que la vase que l'on trouve dans une grande partie de l'Atlantique septentrional consiste, dans une proportion de 95 pour cent, en coquilles de Globigérinées. Cependant le capitaine Bullock, de la Marine Royale, a retiré récemment de l'énorme profondeur de 5,060 mètres une vase blanche, visqueuse et crayeuse, qui était complètement dépourvue de Globigérinées. Cette boue offrait une composition parfaitement homogène et ne renfermait aucuns débris organiques visibles à l'œil nu. Toutefois, M. Etheridge découvrit, après l'avoir examinée au microscope, qu'elle était entièrement formée de Cocolithes, Discolithes et autres petits fossiles semblables à ceux de la Craie qui ont été rangés par Huxley dans la catégorie *Bathybius*, — ce terme étant pris dans son acception la plus large. Cette vase blanche fut retirée au moyen de la drague d'une profondeur de plus de 4,800 mètres, par 20° 19' de latitude N. et 4° 36' de longitude E., c'est-à-dire en un point situé au milieu de l'espace qui sépare Madère du Cap de Bonne-Espérance.

Les dragages profonds exécutés récemment dans l'Atlantique, sous la direction du Dr Wyville Thomson, du Dr Carpenter, de MM. Gwin Jeffreys et autres (1), ont démontré que dans cette même vase blanche vivent quelquefois des Mollusques, des Crustacés, des Echinodermes ainsi que de nombreuses éponges siliceuses, dont l'ensemble constitue une faune marine présentant dans son caractère général une ressemblance frappante avec la faune de l'ancienne Craie.

Erreur commune relativement à la continuité géologique de la période Crétacée. — Les investi-

(1) On trouvera des détails intéressants sur les résultats obtenus dans ces expéditions de dragages dans l'admirable ouvrage du Dr Wyville Thomson, intitulé *Les Profondeurs de la mer*. 1873.

gations faites en mer profonde ont mis en pleine lumière quelques points de ressemblance entre les périodes ancienne et moderne, qu'il est important de ne pas négliger. Quelques naturalistes ont pensé que des faits observés découlait une conclusion exprimée dans les termes suivants : « Nous vivons encore dans l'époque Crétacée, » doctrine qui a généralement produit les plus grandes erreurs relativement à la portée des faits nouveaux, considérés au point de vue de la classification et de la théorie géologiques. Le lecteur doit se rappeler que nous avons coutume, en géologie, de baser nos grandes divisions chronologiques non sur les foraminifères et les éponges, ni même sur les échinodermes et les coraux, mais sur les débris d'êtres doués d'une organisation plus élevée, tels que les mollusques, que l'on rencontre, ainsi que nous l'avons dit (p. 159), dans les roches stratifiées de presque tous les âges. Pour les mollusques même, ce sont ceux de l'organisation la plus élevée et la plus spéciale qui nous fournissent des caractères d'autant meilleurs que leur distribution dans le sens vertical est plus limitée. Ainsi les Céphalopodes ont le plus de valeur, parce qu'ils ont une distribution plus restreinte en durée que les Gastéropodes; et ceux-ci, à leur tour, caractérisent bien mieux les sous-divisions particulières de stratification que les bivalves lamelibranches qui, de leur côté, rendent dans la classification de plus grands services que les Brachiopodes, classe inférieure de poissons à coquilles qui sont les plus durables de tous.

Quand on dit que les nouveaux dragages prouvent que « nous vivons encore dans la Période de la Craie, » on pose naturellement les questions suivantes : a-t-on trouvé quelque seiche avec une bélemnite faisant partie de sa structure intérieure, — a-t-on recueilli des abîmes de l'Océan des Ammonites, des Baculites, des Hamites, des Turrilites, avec quatre ou cinq genres Céphalopodes caractéristiques de la Craie et inconnus comme tertiaires? Ou bien, en l'absence de ces formes depuis longtemps éteintes, aurait-on découvert à l'état vivant une univalve à spirale unique, ou une espèce de Gasteropode Crétacée Et pour descendre encore plus bas dans l'échelle, a-t-on prouvé que quelque genre Crétacé caractéristique des

Lamellibranches, tels que *Inoceramus*, ou *Hippurite*, étranger aux mers Tertiaires, a survécu jusqu'à nos jours? A-t-on rencontré une seule espèce vivante des genres nombreux de Lamellibranches commune aux mers du Crétacé et de l'époque Récente? A toutes ces questions il n'y a qu'une seule réponse: — on n'a rien découvert de tout cela. Les Brachiopodes, qui forment la classe la plus basse des poissons, n'ont pas même fourni une espèce nouvelle qui fût commune aux mers Crétacées et Récentes. Toutefois tous les conchyliologistes ont généralement admis que sur une centaine d'espèces de cette tribu que l'on trouve à l'état fossile dans la Craie Supérieure, il en est une, une seule, *Terebratulina striata*, qui soit encore vivante, parce qu'ils la considèrent comme identique avec *Terebratula Caput Serpentis*; mais, bien que cette identité soit encore contestée par quelques naturalistes autorisés, nous ne serions certainement pas étonnés de rencontrer dans les profondeurs de la mer d'autres *lampes* d'une égale ancienneté.

Si l'on avait prétendu que nous sommes encore à l'Époque Éocène, l'idée n'aurait pas paru aussi extraordinaire, parce que les grands reptiles de la Craie Supérieure, *Mososaurus*, *Pliosaurus*, *Pterodactyle* et plusieurs autres, aussi bien qu'un grand nombre de genres d'univalves cloisonnés, ont déjà disparu de la surface de la terre, et parce qu'en fin la faune marine de cette époque s'est beaucoup plus rapprochée de celle de nos jours de presque toute la différence qui la sépare de la faune des mers Crétacées. Le calcaire nummulitique Éocène d'Égypte est une roche qui est principalement formée, comme la craie blanche la plus ancienne, de limon globigérineux et textulaire; et si le lecteur veut se reporter à ce que nous avons dit à l'égard de la place considérable qu'occupent aujourd'hui, dans la structure des chaînes montagneuses des principaux continents, les couches marines nummulitiques, originellement formées au fond de la mer, il s'apercevra de suite que les expressions actuelles d'Océans Atlantique, Pacifique et Indien sont des locutions géographiques qui n'auraient absolument aucune signification si on les appliquait à l'époque Eocène, et, à plus forte raison, à la période Crétacée. On le voit donc,

prétendre que la craie s'est formée dans l'Atlantique sans interruption depuis la Période Crétacée jusqu'à nos jours, c'est avancer une hypothèse aussi inadmissible dans le sens géographique que dans le sens géologique.

Silex de la Craie. — L'origine des couches de silex disposées en strates continues ou en nodules, ou logées dans des veines ou fissures non parallèles au plan de stratification, a toujours été plus difficile à expliquer que celle de la craie blanche. Mais encore ici les derniers sondages opérés en mer profonde ont servi à découvrir la source probable de cette matière minérale. Dans l'expédition du *Bulldog*, dont nous avons déjà parlé, on s'est assuré que les Globigérinées calcaires qui occupent presque exclusivement certaines parties du fond de la mer, manquent totalement dans d'autres, entré le Groenland et le Labrador, par exemple. Le Docteur Wallich suppose que ces coquilles prospèrent dans les lieux où elles peuvent tirer leur nourriture des matières organiques ou autres, apportées du Sud par les eaux chaudes du Gulf-Stream, et qu'elles sont absentes dans ceux où les effets de ce grand courant ne se font pas sentir. Dans les endroits dépourvus de Rhizopodes calcaires, la surface du lit de la mer est envahie, à des profondeurs de 400 brasses ou 730 mètres environ, par des plantes microscopiques, appelées *Diatomées*, déjà mentionnées (fig. 239-241), dont la partie solide est siliceuse.

La quantité considérable de silice en solution qu'exige la formation de ces plantes provient sans doute de la désagrégation des roches feldspathiques qui sont universellement répandues. Comme elles se composent pour plus de la moitié de terre siliceuse, elles peuvent approvisionner indéfiniment de silice toutes les grandes rivières qui se jettent dans l'Océan. On peut imaginer, qu'après un laps considérable d'années ou de siècles, des changements survenus dans la direction des courants marins aient facilité sur une même surface, tantôt le dépôt de matière siliceuse, tantôt celui du calcaire en excès, de façon à donner lieu dans le premier cas à la prédominance des Diatomacées et dans le second à celle des Globigérinées. Ces dernières espèces et certaines éponges peuvent à leur tour avoir fourni, par suite de leur décom-

position, de la silice qui, se séparant de la boue crayeuse se sera accumulée autour de corps organiques ronds, et aura formé des nodules ou bien aura rempli des fissures étroites.

Potstones (Pierres-pots). — **Éponges vitreuses de la craie.** — Une difficulté plus grande encore résulte de la présence de certains gros silex ou *poststones* (pierres-pots), comme on les appelle dans le Norfolk, isolés les uns des autres, ou disposés en colonnes presque continues, qui traversent à angles droits les lits ordinaires et horizontaux de petits silex. J'ai visité, en 1825, plusieurs carrières ouvertes le long de la rivière Bure, près Horstead, à environ 9 kilomètres de Norwich; elles m'ont donné une coupe de craie blanche, continue sur une longueur de 400 mètres, et visible sur une épaisseur de 8 mètres; cette roche était recouverte d'un lit de gravier. Les potstones, dont un grand nombre étaient en forme

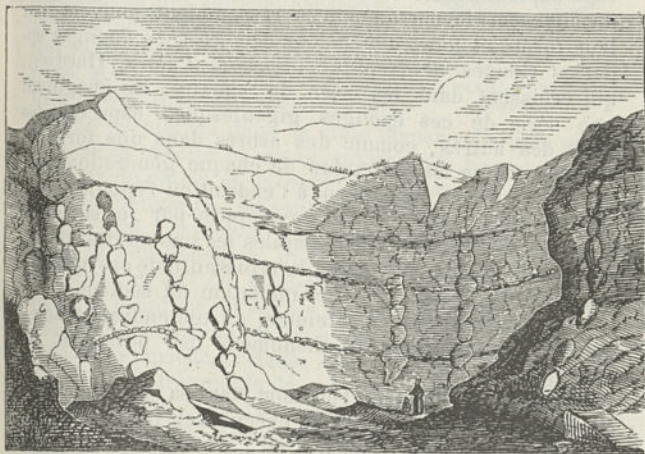


Fig. 243. — Vue, d'après un dessin de Mrs Gunn, d'un puits de craie à Horstead, près de Norwich, montrant la position des potstones.

de poire, avaient habituellement 0^m90 de hauteur sur 0^m30 de large, et se montraient en rangées verticales et

parallèles, comme autant de piliers inégalement espacés les uns des autres, ordinairement séparés par des distances de 6 à 9 mètres, et quelquefois presque réunis, ainsi qu'on peut le voir dans l'esquisse ci-dessus. Ces rangées n'étaient terminées vers le bas à aucune profondeur où il m'ait été possible de les suivre; elles ne l'étaient pas non plus vers le haut, excepté aux endroits où elles étaient coupées brusquement par le lit de gravier. J'ai cassé de ces potstones pour en examiner la structure intérieure, et j'y ai trouvé un noyau cylindrique de craie pure, beaucoup plus dure que la craie qui forme ordinairement la roche environnante, et moins délitescente que celle-ci, lorsqu'on l'exposait à la température rigoureuse de l'hiver. A 800 mètres de ce point, les piliers verticaux de potstones devenaient bien plus éloignés les uns des autres. Le Docteur Buckland a décrit des phénomènes très-analogues qui caractérisent la craie blanche sur la côte septentrionale d'Antrim, en Irlande (1). Ces masses de silex en forme de poires ressemblent souvent par leur forme et leurs dimensions à de grosses éponges appelées Coupes de Neptune (*Spongia Patera*, Hardw.), qui croissent dans les mers de Sumatra. En imaginant une série de ces éponges gigantesques espacées les unes des autres, comme des arbres dans une forêt, et supposant que les individus de chaque génération successive poussent exactement à l'endroit où l'éponge-mère a cessé de vivre et a été enveloppée par le sédiment calcaire, de manière à être empilés les uns au-dessus des autres en colonne verticale, la croissance de ces éponges marchant de front avec l'accumulation du sédiment calcaire sur celles qui sont éteintes, on obtiendrait exactement la contre-partie du phénomène des potstones de Horstead.

Le Professeur Wyville Thomson, dans sa description des sondages modernes qui ont été exécutés en 1869 sur la côte septentrionale d'Écosse, parle de l'*ooze* ou vase crayeuse que l'on retire d'une profondeur de 900 mètres environ, et constate qu'un coup de sonde donna quarante échantillons d'éponges vitreuses empâtées dans le limon. Il

(1) *Geol. Trans.*, 1^{re} série, vol. IV, p. 413.

pense que les Ventriculites de la craie sont alliées de très-près à ces éponges, et qu'elles s'enferment dans le silice, lorsque la silice contenue dans leurs piquants a disparu, et s'est séparée par dissolution de la gangue calcaire (1).

Transports de Cailloux (boulders) et Groupes de galets dans la craie. —

La présence, çà et là, dans la craie blanche du sud de l'Angleterre, de galets isolés de quartz et de schiste vert, a excité, avec raison, l'étonnement des géologues. On supposa d'abord qu'ils s'étaient détachés des racines d'arbres flottants, au moyen desquels des pierres ont souvent été transportées des petites îles de corail qui se trouvent dans l'Océan Pacifique. Mais la découverte que l'on fit, en 1857, près de Croydon, d'un groupe de pierres dans la craie blanche (la plus grosse était de la syénite et pesait environ 40 livres), accompagnées de galets et de sable fin comme du sable de rivage, a démontré, suivant M. Godwin Austen, que ce fait ne peut s'expliquer que par l'action de la glace flottante. Si l'on considère que les icebergs atteignent aujourd'hui le 40° de latitude Nord dans l'Atlantique, et qu'ils se rapprochent encore davantage de l'équateur dans l'hémisphère méridional, rien ne s'oppose à ce que, même pendant la période Crétacée dont le climat a pu être plus tempéré, des fragments de glace entière n'aient été parfois transportés jusqu'au Sud de l'Angleterre.

Différence de caractère minéralogique dans les roches contemporaines de la Période Crétacée. —

De ce que les cailloux roulés sont rares dans la craie blanche d'Angleterre et de France, il ne faudrait pas conclure qu'aucune accumulation contemporaine de sable, de gravier et d'argile ne se soit formée dans les mers Eu-

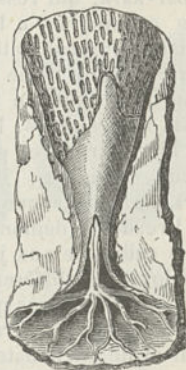


Fig. 244. — *Ventriculites radiatus*. Mantell. Syll. *Ocellaria radiata*, D'Orb. Craie blanche.

(1) Voir aussi *Les Profondeurs e a mer.* 1873. p. 482.

ropéennes. Le grès siliceux, appelé *quader supérieur* par les Allemands, recouvre une craie blanche argileuse ou *pläner-kalk*, qui ressemble par sa composition et ses débris organiques à la marne crayeuse de la Série Anglaise. Ce grès contient toutes les coquilles fossiles communes à notre craie blanche, que l'on pouvait s'attendre à trouver dans un fond de mer composé de matériaux aussi hétérogènes. Il atteint quelquefois une épaisseur de 180 mètres; et par sa stratification et ses escarpements verticaux, il contribue, pour la plus grande part, au pittoresque de la Suisse Saxonne, aux environs de Dresde. Il démontre que dans la mer Crétacée, comme dans celles de nos jours, des dépôts de caractères minéralogiques différents étaient simultanément en voie de formation. Le grès quartzeux en question provenant de la désagrégation du granite avoisinant, est absolument dépourvu de carbonate de chaux, quoiqu'il se soit formé à une distance de 640 kilomètres seulement d'un fond de mer qui constitue aujourd'hui une partie du sol Français, et où s'accumulait de la craie blanche purement calcaire. D'un autre côté, dans la partie septentrionale du Continent Américain, où les formations du Crétacé Supérieur sont si largement développées, la craie blanche proprement dite, dans le sens ordinaire du mot, n'existe nulle part.

Fossiles de la Craie Blanche. — Parmi les fossiles de la Craie Blanche, les échinodermes sont très-nom-

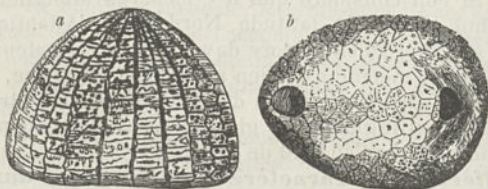


Fig. 245. — *Ananchytes ovatus*, Leske. Craie blanche, supérieure et inférieure.

a. Vue de côté. — *b.* Base de la coquille sur laquelle sont placées les ouvertures buccales et anales; ces dernières sont plus rondes et se trouvent à l'extrémité la plus petite de l'animal.

breux, et quelques genres comme l'*Ananchytes* (voir fig. 245) sont exclusivement crétacés. Dans les Crinoïdes, le

genre *Marsupites* (fig. 248) est caractéristique. Dans les mollusques, les céphalopodes sont représentés par les *Ammomites*, *Baculites* (fig. 235, p. 380) et *Belemnites*

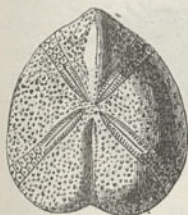


Fig. 246.
Micraster cor-anguinum,
Leske. Craie blanche.

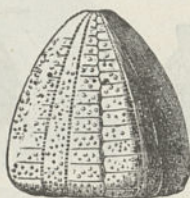


Fig. 247.
Galerites albogalerus,
Lam. Craie blanche.



Fig. 248.
Marsupites Milleri
Mant. Craie blanche.



Fig. 249.
Terebratulina
striata, Wahlenb.
Craie blanche
supérieure.



Fig. 250.
Rhynchonella
octoplicata, Sow.
(Var. de *R. plicatilis*.)
Craie blanche
supérieure.



Fig. 251.
Magas pumila,
Craie blanche
supérieure.



Fig. 252.
Terebratula carnea,
Sow.
Craie blanche
supérieure.



Fig. 253.
Terebratula biblicata,
Brocchi.
Crétacé supérieur.



Fig. 254.
Crania Parisiensis,
Duf. Valve inférieure
ou adhérente.
Craie blanche supérieure

(fig. 232, p. 357). Quoiqu'il y ait huit espèces ou plus d'*Ammomites*, dont six particulières au dépôt, ce genre y

est beaucoup moins bien représenté que dans chacune des autres sous-divisions du groupe Crétacé Supérieur.

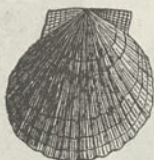


Fig. 255. — *Pecten Beaveri*, Sow.
Réduite à 1/3 de diamètre.
Craie blanche inférieure
et marne crayeuse.



Fig. 256. — *Lima spinosa*,
Sow. Syn. *Spondylus*
spinosus.
Craie blanche supérieure.



Fig. 257. — *Ostrea vesicularis*.
Syn. *Gryphaea convexa*.
Craie supérieure et Grès vert
supérieur.



Fig. 258. — *Inoceramus Lamarckii*.
Syn. *Catillus Lamarckii*. Craie blanche.
(Dixon, Geol. du Sussext, ab. 28, fig. 29.)

Parmi les Brachiopodes de la Craie Blanche, les Terebratules sont très-abondants (voir figs. 249, 252, 253). A ceux-ci sont associés quelques formes d'huitres (voir fig. 257) et autres bivalves (figs. 255 et 256).

Aucune forme de mollusque bivalve ne caractérise d'une manière plus frappante l'ère Crétacée, en Europe,

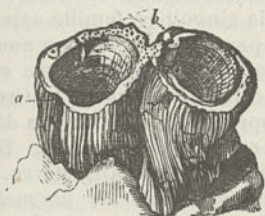


Fig. 259.



Fig. 260.



Fig. 261.



Fig. 262.

Radiolites Mortonii, Mantell, Houghton, Sussex, Craie blanche, Septième de grandeur naturelle.

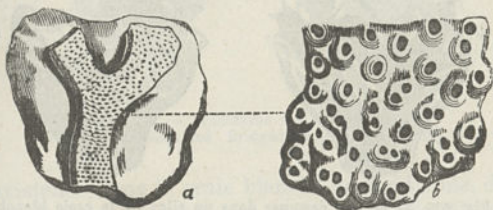
Fig. 259. — Deux individus privés de leurs valves supérieures, adhérant l'un à l'autre.

260. — Les mêmes vus de dessus.

261. — Coupe transversale d'une portion de la paroi de la coquille, grossie pour montrer la structure.

262. — Coupe verticale de la même.

Sur le côté où la coquille est le plus mince, se trouvent un sillon extérieur et une saillie intérieure correspondante, *a*, *b*, figs. 259, 260; mais ces caractères sont ordinairement moins accusés que dans ces figures. La valve supérieure ou operculaire manque.

Fig. 263. — *Eschara disticha*. Craie blanche.

a. Grandeur naturelle.

b. Portion grossie.

en Amérique et dans l'Inde, que le genre éteint *Inoceramus* (*Catillus* de Lam; voir fig. 258); les coquilles de

ce genre se distinguent par une texture fibreuse, et souvent on ne les rencontre qu'à l'état de fragments, ce qui prouve qu'elles étaient excessivement friables.

De la singulière famille appelée *Rudistes* par Lamarck, et que nous mentionnerons plus loin comme extrêmement caractéristique de la Craie dans l'Europe méridionale, on n'a découvert qu'un seul représentant (fig. 259) dans la craie blanche d'Angleterre.

L'absence générale de mollusques univalves dans la craie blanche est digne de remarque. Il y a abondance de polyzoaires, tels que *Eschara* et *Escharina* (figs. 263, 264). Ces corps organiques et d'autres, spécialement des éponges telles que *Ventriculites* (fig. 244, p. 369) se trouvent indifféremment dans la Craie tendre ou dans les silex durs; quelques-uns des nodules siliceux doivent leur forme irrégulière aux éponges qu'ils renferment, comme le démontre la fig. 265, *a*, où des creux extérieurs ont été laissés par les branches d'une éponge (fig. 265, *b*) qu'a mise à découvert la fracture du nodule siliceux.

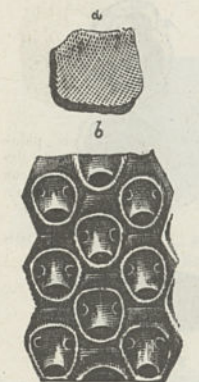


Fig. 264.

Escharina oceani.
a. Grandeur naturelle.
b. Portion de la même, grossie. Craie blanche.

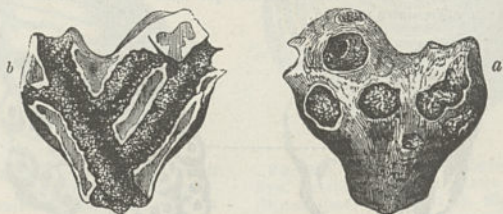


Fig. 265. — Éponge rameuse dans un silex de la craie blanche. De la collection de M. Bowerbank.

Les débris de poissons dans les formations Crétacées Supérieures consistent principalement en dents de la famille des requins, et se rapportent à des genres dont les

uns sont communs aux terrains Tertiaires et les autres distincts de ces terrains. A ces derniers appartient le genre *Ptychodus* (fig. 266), voisin du requin actuel de Port-Jackson, *Cestracion Phillippi*, dont les dents antérieures (fig. 267, *a*) sont aiguës et tranchantes, tandis que les dents postérieures ou palatines *b* sont plates (fig. 266). On remarque dans cette division une absence complète d'ossements d'animaux terrestres ou fluviaux et de plantes terrestres; on n'y rencontre que des plantes marines; et, çà et là, quelques tronçons de bois flotté. Toutes ces indications conduisent à conclure que la craie blanche s'est formée dans une mer ouverte d'une profondeur considérable.



Fig. 266 — Dent palatine du *Ptychodus decurrens*. Craie blanche inférieure. Maidstone.

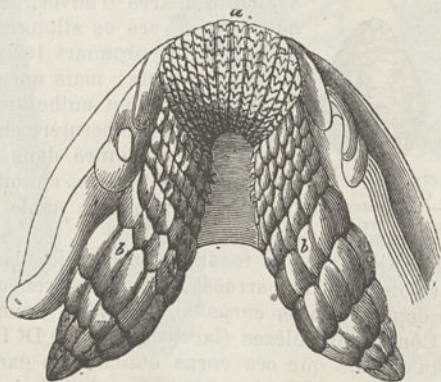


Fig. 267. — *Cestracion Phillippi*, récent. Port-Jackson. Buckland. Bridgwater Treatise, pl. 27, d.

L'existence, dans la craie blanche de Maidstone, de tortues et de sauriens ovipares, ainsi que d'un Ptérodactyle ou lézard ailé, implique nécessairement le voisinage de quelque terre, de petits îlots disséminés sur l'Océan, comme l'Ascension, jadis si fréquentée par des troupes émigrantes de tortues, qui auront servi de retraite à

ces animaux pour y déposer leurs œufs dans le sable, et d'où les espèces volantes auront été entraînées par les vents à la mer. Nous connaissons peu la végétation de ces îles, mais elle devait se composer en partie de cycadées, car le Capitaine Ibbetson a trouvé dans la Marne Crayeuse de l'île de Wight un échantillon de cette famille, qui a été rapporté par A. Brongniart au *Clothraria Lyellii*, (Mantell), espèce commune à la période Wealdienne antérieure. Toutefois, les plantes fossiles de couches correspondant en âge à la craie blanche qui se trouvent à Aix-La-Chapelle nous indiquent, comme les lits sableux de Saxe dont nous avons parlé (p. 370), l'existence de la terre ferme, de façon à nous prouver l'incertitude de nos efforts pour rétablir la géographie de cette période.

Le Ptérodactyle de la craie de Kent, mentionné ci-dessus, offrait des dimensions colossales; ses ailes



Fig. 268. — Coprolites de poisson, de la craie.

avaient 5 mètres d'envergure. Quelques-uns de ses os allongés ont été pris, dans les premiers temps, pour des os d'oiseaux; mais aucun fragment osseux bien authentique, appartenant à cette dernière classe, n'a encore été rencontré dans la craie blanche, bien qu'on en ait trouvé (voir p. 377) dans le sable Chloritique.

Les collectionneurs de fossiles de la craie blanche furent autrefois bien embarrassés lorsqu'ils rencontrèrent dans ce dépôt certains corps auxquels ils donnèrent le nom de Cônes de Mélézes (larch-cones). Le Dr Buckland a reconnu depuis que ces corps étaient des excréments de poissons (fig. 268), composés en grande partie de phosphate de chaux.

Craie Blanche Inférieure. — La Craie Blanche Inférieure, qui a plusieurs mètres d'épaisseur, est dé-



Fig. 269. — *Baculites anceps*, Lam. Craie inférieure.

pourvue de silice; elle a fourni 25 espèces d'Ammonites,

dont la moitié est particulière à la formation. Les genres Baculite, Hamite, Scaphite, Turrilite, Nautilus, Belemnite et Belemnitella y sont également représentés.

Marne Crayeuse. — Dans le Sud de l'Angleterre, la Craie Inférieure sans silex passe graduellement vers le bas au calcaire argileux ou *Marne Crayeuse*, dont nous avons déjà fait mention. Elle contient 32 espèces d'Ammonites dont sept sont particulières au dépôt, tandis que onze passent vers le haut dans la craie blanche inférieure sus-jacente. *A. Rhotomagensis* (fig. 270) est caractéristique de cette formation. Parmi les Céphalodes Britanniques appartenant à d'autres genres, on peut citer les *Scaphites æqualis* (fig. 272) et *Turrilites costatus* (fig. 271).

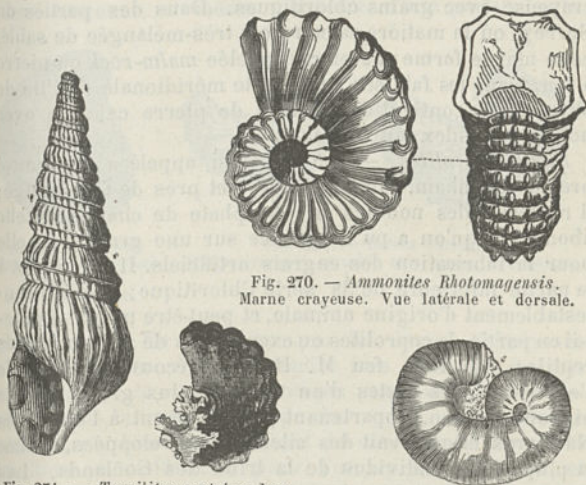


Fig. 270. — *Ammonites Rhotomagensis*.
Marne crayeuse. Vue latérale et dorsale.

Fig. 271. — *Turrilites costatus*, Lam.
Craie inférieure et marne crayeuse.
a. Coupe montant le bord folié des sutures des chambres.

Fig. 272. — *Scaphites æqualis*. Marne et sable chloritiques, Dorsetshire.

Série Chloritique (ou Grès Vert Supérieur). —

Dans l'ancienne nomenclature, cette sous-division de la Craie était appelée Grès Vert Supérieur pour la distinguer des membres de la Série Néocomienne ou du Crétacé Inférieur, situés au-dessous du Gault auquel on a donné le nom de Grès Vert (Greensand). Outre les raisons

déjà données (p. 354) pour abandonner cette nomenclature, on peut aussi lui reprocher dans ce cas de faire supposer à l'étudiant inexpérimenté que les divisions désignées sous les noms de Grès Vert Supérieur et Grès Vert Inférieur ont comme valeur une sorte de parité, lorsque, loin de là, le sable chloritique est un membre tout-à-fait subordonné du groupe Crétacé Supérieur, — le terme Grès Vert (Greensand), de son côté, étant généralement employé pour désigner l'ensemble des roches du Crétacé Inférieur, dont l'importance est presque comparable à celle de toute la série du Crétacé Supérieur. La portion la plus élevée de la série Chloritique a été appelée, dans quelques districts, marne chloritique, parce qu'elle consiste en marne crayeuse avec grains chloritiques. Dans des parties du Surrey, où la matière calcaire est très-mélangée de sable, cette marne forme une pierre appelée *malm-rock* ou pierre à feu. Dans les falaises de la côte méridionale de l'île de Wight, elle contient des bandes de pierre calcaire avec nodules de silex laiteux (*chert*).

Lit à coprolites. — Le lit ainsi appelé a été trouvé près de Farnham, dans le Surrey, et près de Cambridge; il renferme des nodules de phosphate de chaux en telle abondance qu'on a pu l'exploiter sur une grande échelle pour la fabrication des engrais artificiels. Il appartient à la partie inférieure de la série Chloritique; il est incontestablement d'origine animale, et peut-être même résulte-t-il en partie de coprolites ou excréments de poissons et de reptiles. En 1858, feu M. Barrett découvrit, près de Cambridge, les restes d'un oiseau, plus grand que le pigeon commun, appartenant probablement à l'ordre des Natatores, et qui avait des ailes bien développées, comme la plupart des individus de la tribu des Goëlands. Les restes obtenus étaient des portions de tibia, de fémur et d'autres os, et les déterminations faites par M. Barrett ont été confirmées par le Professeur Owen.

Le lit phosphatique situé dans les environs de Cambridge doit avoir été en partie formé par la dénudation de roches préexistantes, pour la plupart d'âge Crétacé Inférieur. Les coquilles fossiles et les ossements d'animaux enlevés par les eaux à ces strates dénudées, spécialement au Gault, forment actuellement une couche de quel-

ques centimètres seulement d'épaisseur; elles ont fourni une riche moisson aux paléontologistes. On peut voir au Muséum de Cambridge un grand Radiolite de l'ordre des Rudistes, qui n'a pas moins de 0^m,60 de hauteur, que l'on a obtenu de ce lit. Le nombre de débris de reptiles, paraissant appartenir tous à l'âge Crétacé, est vraiment surprenant; on a reconnu plus de dix espèces de Ptérodactyle, cinq ou six d'Ichthyosaurus, une de Pliosaurus, une de Dinosaurus, huit de Cheloniens, sans compter d'autres formes d'animaux.

La plupart des géologues considèrent le sable chloritique comme étant un dépôt littoral de l'Océan de la Craie, et, par conséquent, contemporain d'une partie de la marne crayeuse, et même, peut-être, d'une partie de la



Fig. 273. — *Ostrea columba*. Syn. *Gryphæa columba*.

Sable chloritique.



Fig. 274. — *Ostrea carinata*.

Marne crayeuse et sable chloritique. Néocmien.

craie blanche. En effet, lorsque les terres s'abaissent la mer Crétacée vint à étendre ses limites, du Limon blanc et du sable chloritique continuèrent à se déposer, mais la ligne de rivage dut varier sans cesse de position, et, bien que le dépôt de sable et de limon fût simultané et s'effectuât, pour l'un, près des côtes, et pour l'autre, à une certaine distance, partout où la plage se trouva submergée le sable put constituer le dépôt inférieur.

Parmi les mollusques caractéristiques du Sable Chloritique on peut citer *Terebrirostra lyra* (fig. 275), *Lima (Plagiostama) Hoperi* (fig. 277), *Pecten quinquecostatus* (fig. 276) et *Ostrea columba* (fig. 273).

Les Céphalopodes abondent dans ce dépôt; ils ont fourni 40 espèces actuellement connues d'Ammonites, dont dix

sont particulières à cette sous-division et les autres sont communes aux lits immédiatement situés au-dessus et au-dessous.



Fig. 275. — *Terebrirostra lyra*, Sow.
Sable chloritique
et marne.



Fig. 276. — *Pecten 5-costatus*. Craie blanche inférieure et série chloritique.



Fig. 277. — *Lima (Plagiostoma) Hoperi*, Sow.
Syn. *Lima Hoperi*. Craie blanche et marne chloritique.

Gault. — Le membre le plus inférieur du groupe Crétacé Supérieur, qui, dans le sud-est de l'Angleterre, atteint ordinairement 30 mètres de puissance, a reçu dans le pays le nom de *Gault*. C'est une marne d'un bleu foncé, quelquefois mêlée d'un grès vert, et qui contient, entre autres fossiles, plusieurs formes particulières de céphalopodes, telles que des *Hamites* (fig. 278) et *Scaphites*.

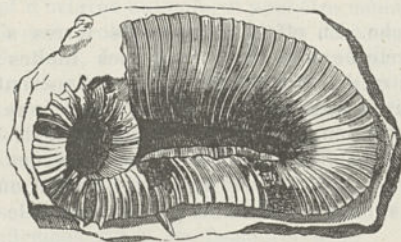


Fig. 278. — *Ancyloceras spinigerum*, D'Orb. Syn. *Hamites spiniger*, Sow.
Environs de Folkestone, Gault.

Ces fossiles et des *Ammonites* remarquables caractérisent cette formation qui, bien qu'elle présente une faible épaisseur, peut être suivie au moyen de ses restes organi-

ques jusqu'à de très-grandes distances en Europe, jusqu'aux Alpes, par exemple.

On compte 21 espèces d'Ammonites Britanniques qui ont été trouvées dans le Gault d'Angleterre, 6 seulement sont particulières au dépôt, et 10 sont communes à la série Chloritique sus-jacente.

Rapports entre les couches du Crétacé Supérieur et celles du Crétacé Inférieur. — Lits de Blackdown. — On appréciera mieux la lacune qui existe entre les formations du Crétacé Supérieur et celles du Crétacé Inférieur, quand on saura que bien que le Néocomien contienne 31 espèces d'Ammonites, et le Gault, ainsi que nous l'avons vu, 21, il n'y en a que 3 de communes aux deux divisions. Toutefois, on peut s'attendre à découvrir, en Angleterre, et à plus forte raison sur le continent, des lits intermédiaires de passage entre le Crétacé Supérieur et le Crétacé Inférieur. Déjà même quelques géologues ont rapporté au Groupe Supérieur, et d'autres, au Groupe Inférieur ou Néocomien, les couches de Blackdown, dans le Devonshire, qui reposent immédiatement sur les strates Triasiques et appartiennent évidemment à quelque partie de la série Crétacée. Ces couches ressemblent, sous le rapport minéralogique, aux lits de Folkestone de la dernière série, et 59 sur 156 de leurs mollusques fossiles sont communs aux deux formations. Elles ont aussi 16 espèces communes au Gault, et 20 à la série Chloritique sus-jacente; et, fait très-important, sur 7 Ammonites, 6 ont été trouvées aussi bien dans le Gault que dans la série Chloritique, une seule étant particulière aux couches de Blackdown.

Le Professeur Ramsay a fait remarquer qu'il y a là une lacune stratigraphique; en effet, dans les comtés de Kent, Surrey et Sussex, on observe, sur les points où les jonctions du Gault et du Néocomien sont visibles, que la surface de ce dernier dépôt a été considérablement érodée ou dénudée; à l'Ouest du grand escarpement de craie, la discordance des deux groupes est également frappante. A Blackdown, cette discordance est encore plus marquée, car bien que l'on ne se trouve qu'à 160 kilomètres du Kent et du Surrey, on ne voit aucune formation intervenir entre ces couches et le Trias, tous les

groupes intermédiaires, tels que le Néocomien Inférieur et l'Oolithe, n'ayant été ni déposés ni détruits par suite de la dénudation.

Flore du Crétacé Supérieur. — On rencontre fort rarement les plantes terrestres de cette période, comme on pouvait naturellement s'y attendre, dans les roches du Crétacé Supérieur d'Europe, qui sont, pour la plupart, d'origine purement marine et ont été formées dans la profondeur des eaux, ordinairement loin des rivages les plus rapprochés. Aix-la-Chapelle fournit cependant une exception importante à cette observation, car aux environs de cette ville, certains sables blancs et feuilletés, de 120 mètres d'épaisseur, contiennent des restes de plantes terrestres dans un magnifique état de conservation. Ces lits sont les équivalents de la craie blanche et de la marne crayeuse d'Angleterre, ou Sénonien de d'Orbigny, bien que les sables blancs siliceux des lits inférieurs et les grains verts de la portion supérieure de la formation constituent une différence, sous le rapport minéralogique, entre ces couches et notre craie blanche.

On rencontre dans cette localité des lits intercalés d'argile fine, avec des plantes fossiles, des veines de lignite, même de la houille parfaite, et du bois flotté contenant des coquilles perforantes, telles que les *Pholas* et les *Gastrochaena*. Quelques couches d'un calcaire brun-jau-nâtre s'y montrent également, avec des coquilles marines qui nous permettent d'affirmer que les lits à plantes inférieurs et les lits supérieurs appartiennent à un seul groupe. Parmi ces coquilles, on distingue le *Pecten quadricostatus*, et plusieurs autres espèces communes à la partie supérieure et à la partie inférieure de la série, ainsi qu'une coquille de la Craie blanche, la *Trigonia limbata* de d'Orbigny, à laquelle il faut ajouter une *Hamite*, forme si caractéristique de la formation Crétacée, que le Professeur Hughes reconnut, en 1873, dans la collection de M. Debey. En somme, les restes organiques et la position géologique des couches montrent distinctement qu'il existait, aux environs d'Aix-la-Chapelle, un golfe de l'ancienne mer Crétacée borné par un terrain formé de roches Devonniennes et Carbonifères. Ces roches consistaient en lits quartzeux et schisteux; les premiers

fournissaient du sable blanc et les seconds du limon argileux à la rivière qui se jetait là dans la mer, en charriant dans ses eaux bourbeuses des quantités de bois flotté et des feuilles de plantes. Parfois, quand la force du courant diminuait, des coquilles marines des genres *Trigonia*, *Turritella*, *Pecten*, *Hamites*, etc., s'établissaient sur ces mêmes points, et au fond du lit poussaient des plantes alliées aux *Zostères* et aux *Fucus*.

Les plantes fossiles de ce membre de la Craie Supérieure à Aix ont été recueillies avec soin et étudiées par le D^r Debey; elles méritent une attention particulière, car elles offrent le seul exemple connu d'une flore terrestre plus ancienne que celle de l'Eocène, et dans laquelle les grandes divisions du règne végétal sont représentées en proportions presque égales à celles qui composent la flore de nos jours. Le D^r Debey porte le total des espèces à plus de 400, dont 70 ou 80 du genre cryptogame, principalement du genre fougère; il a pu déterminer parfaitement 20 espèces qui étaient munies de leurs fruits, et des cicatrices de l'écorce font présumer qu'une ou deux étaient des fougères arborescentes. Sur treize genres, trois sont encore vivants, savoir: *Gleichenia*, habitant aujourd'hui le Cap de Bonne-Espérance et la Nouvelle-Hollande; *Lygodium*, abondant dans les régions tropicales, et dont quelques espèces vivent au Japon et dans l'Amérique du Nord; et *Asplenium*, forme vivante cosmopolite. Parmi les plantes phénogames, les conifères abondent; les plus communs appartiennent au genre appelé *Cycadopsis* par Debey, que l'on peut difficilement séparer du *Sequoia* ou *Wellingtonia*, et dont les cônes et les branches sont en bon état de conservation. Dans mon voyage à Aix, je trouvai quantité de bois silicifié de cette plante, au milieu des sables blancs des carrières situées aux environs de cette ville; dans un seul de ces troncs silicifiés, on put compter 200 anneaux de croissance annuelle. On y a rencontré des espèces d'*Araucaria* ressemblant à celles d'Australie, et parmi les *Monocotylédones* on remarque quelques types très-particuliers. On n'y a reconnu avec certitude aucune espèce de palmiers, mais on y a parfaitement distingué le genre *Pandanus* (*Screw Pine*). Les nombreux *Angiospermes* di-

cotylédones forment le caractère le plus saillant de cette flore si ancienne (1).

Parmi ces derniers, on remarque les formes connues des chênes (Cupuliferae), des myrtes de marais (Myricaceae), ainsi que plusieurs genres de Myrtacées. Mais l'ordre prédominant est celui des Proteacées, dont on compte de 60 à 70 espèces, de genres éteints pour la plupart, et dont quelques-unes se rapportent aux formes vivantes que voici : — Dryandra, Grevillea, Hakea, Bellendina, Banksia, Persoonia, — appartenant toutes à la flore actuelle d'Australie, et Leucospermum, espèce qui se présente au Cap sous forme de petit buisson.

L'épiderme des feuilles de la plupart de ces plantes d'Aix, spécialement des Proteacées, est si bien conservé dans une enveloppe mince d'argile fine, qu'on peut en apercevoir au microscope les stomates ou cellules polygonales, avec leur arrangement particulier, identique à celui que l'on sait caractériser certaines Proteacées vivantes (la Grevillea, par exemple). Quoique cette structure particulière des stomates se rencontre aussi dans des plantes appartenant à des ordres très-différents, on ne la remar-

(1) Dans ces remarques et les suivantes sur les plantes fossiles, j'emploierai souvent la terminologie du Dr Lindley, comme plus familière dans ce pays ; mais celle de M. A. Brongniart étant citée très-souvent, j'ai jugé utile, pour les géologues, de réunir dans un tableau les noms comparés des groupes qui reviennent si fréquemment en *Paléontologie*.

	BRONGNIART.		LINDLEY.	
Cryptogames . .	{	1. Amphigènes cryptogames ou cryptogames cellulaires . .	} Thallogènes . { Lichens, plantes marines, fungus.	
		2. Acrogènes cryptogames		} Acrogènes . . . { Mousses, equisetum, fougères, lycopodes, lepidodendron.
Phanérogames .	{	3. Gymnospermes Dicotylédones	} Gymnogènes . | Conifères et cycadées.	
		4. Angiospermes Dicotylédones		} Exogènes . . . { Composées, légumineuses, umbellifères, crucifères, bruyères, etc. Tous les grands arbres natifs d'Europe, excepté les conifères.
		5. Monocotylédones . .			} Endogènes . . { Palmiers, liliacées, aloès, joncs, graminées, etc.

que, en somme, que rarement, et l'observation qu'on en a faite dans ce cas pour caractériser le feuillage qu'on soupçonnait déjà être celui des Proteacées, ajoutée à la probabilité que cette preuve botanique a été justement interprétée.

A Aix-la-Chapelle, parfois un mélange de Fucoïdes et de Zostérites atteste, comme les coquilles, la présence de l'eau salée. Quant aux insectes, le D^r Debey en a obtenu 10 espèces des familles des Curculionides et des Carabides.

La ressemblance de la flore d'Aix avec les flores tertiaires et vivantes, relativement à la proportion des angiospermes dicotylédones comparée à celle des gymnogènes, soulève une question théorique d'un grand intérêt, car on ne peut affirmer que l'existence de ces plantes d'Aix ait précédé l'extinction de la faune des roches secondaires, si riche en reptiles. Les Ichthyosaurus, Pterodactylus et Mosasaurus étaient contemporains du chêne, et du myrte. On a souvent hasardé des hypothèses basées sur la rareté des Exogènes dans les roches anciennes correspondant avec un certain état de l'atmosphère; on a supposé qu'un air plus dense avait contrarié dans les premiers temps la croissance des plantes florifères d'un ordre supérieur et le développement des animaux à respiration fréquente, tels que les mammifères et les oiseaux, tandis que cette atmosphère aurait été favorable à une flore cryptogamique et gymnosperme, ainsi qu'à la prédominance de la vie reptile. Mais nous savons aujourd'hui que l'existence d'une végétation analogue à celle de notre globe actuel n'offre aucune incompatibilité avec les formes les plus remarquables de certains reptiles éteints de l'âge des gymnospermes.

Pour le moment, le passage de la flore du Néocomien ou Crétacé Inférieur à celle du Crétacé Supérieur pourra paraître un peu brusque, mais cette transition deviendra moins sensible à mesure qu'on aura des connaissances plus étendues sur la végétation fossile des lits inférieurs du Gault, et sur celle des lits supérieurs du Néocomien antérieur.

Calcaire à Hippurites. *Différence entre la craie du Nord de l'Europe et celle du Midi.* — A l'aide des trois

caractères qui servent à distinguer l'âge relatif, savoir : la superposition, le caractère minéralogique et les fossiles, le géologue a été mis à même de rapporter à la même période Crétacée certaines roches du Nord et du Midi de l'Europe qui diffèrent cependant entre elles, d'une manière notable, par leurs débris fossiles, leur composition minéralogique et leur structure.



Fig. 279.

Si nous essayons de suivre les dépôts Crétacés depuis l'Angleterre et la France jusqu'au littoral de la Méditerranée, nous verrons d'abord qu'ils forment aux environs de Londres et de Paris une grande masse continue, car le Pas-de-Calais, interruption insignifiante, n'est après tout qu'une vallée flanquée de falaises crayeuses sur ses deux côtés. Nous remarquerons ensuite que le massif principal de craie qui environne Paris s'étend de Tours aux environs de Poitiers (voir la carte ci-jointe fig. 279, dans laquelle les portions ombrées représentent la craie).

Entre Poitiers et La Rochelle, l'espace marqué A sur la carte sépare deux régions crayeuses. Il est occupé par l'Oolithe et certaines autres formations plus anciennes que la Craie et le Néocomien ; M. E. de Beaumont suppose qu'il formait une île dans la mer Crétacée. Au sud du même espace, on rencontre des roches que l'on reconnaît tout d'abord comme crétacées, en partie à leur gangue crayeuse, et en partie à leurs fossiles qui sont parfaitement semblables à ceux de la craie blanche du Nord, surtout certaines espèces des genres *Spatangus*, *Ananchytes*, *Cidaris*, *Nucula*, *Ostrea*, *Gryphea* (*Exogyra*), *Pecten*, *Lima*, *Trigonia*, ³*Catillus* (*Inoceramus*), et

Terebratula (1). Mais, comme le fait observer M. d'Archiac, les Ammonites, dont on rencontre de si nombreuses espèces dans la craie du Nord de la France, sont toujours très-rares dans la région du Sud; les genres *Hamite*, *Turrilite*, *Scaphite* et peut-être aussi *Belemnite*, y manquent totalement.

D'un autre côté, certaines formes communes dans la région méridionale de la France, sont rares ou manquent complètement dans la région septentrionale, particulièrement plusieurs *Hippurites*, *Sphærulites* et d'autres mem-



Fig. 280.

a. *Radiolites radiosa*, D'Orb. — b. Valve supérieure du même.
Craie blanche de France.

bres du grand ordre des mollusques, appelés *Rudistes* par Lamarck, auxquels on n'a rien trouvé d'analogue dans la création vivante, mais qui caractérisent tout-à-fait les roches de l'ère crétacée dans le midi de la France, en Espagne, en Sicile, en Grèce et dans d'autres contrées qui bordent la Méditerranée. L'espèce appelée *Hippurites organisans* (fig. 282) est plus abondante qu'aucune autre dans le sud de l'Europe; le géologue doit donc se familiariser avec la forme représentée par le moule intérieur *d*, qui est souvent la seule partie conservée dans divers marbres compactes de la période du Crétacé Supérieur. Les cannelures de l'intérieur de l'Hippurite qui sont représentées dans le moule par des côtes lisses, arrondies et longitudinales, sont tout à fait différentes de celles de l'extérieur de la coquille et atteignent, chez



Fig. 281. — *Radiolites foliaceus*, D'Orb. Syn. *Sphærulites agariciformis* Blainv. Craie blanche de France.

divers marbres compactes de la période du Crétacé Supérieur. Les cannelures de l'intérieur de l'Hippurite qui sont représentées dans le moule par des côtes lisses, arrondies et longitudinales, sont tout à fait différentes de celles de l'extérieur de la coquille et atteignent, chez

(1) D'Archiac, *Sur la forme crétacée du S.-O. de la France*, Mém. de la Soc. de géol. de France, t. II.

quelques individus, de grandes dimensions en longueur et en largeur.

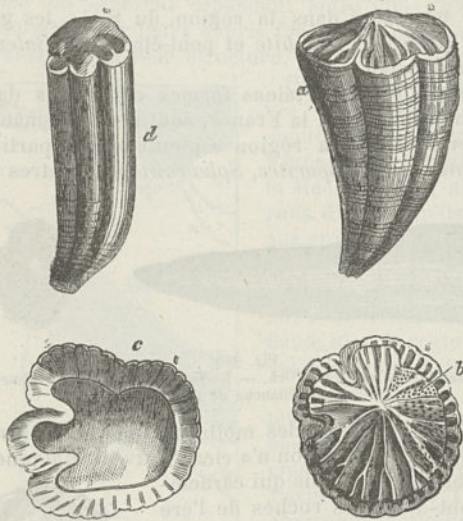


Fig. 282. — *Hippurites organisans*, Desmoulin.
Craie supérieure : — Marne crayeuse des Pyrénées (1).

- a.* Jeune individu; parfaitement développés, ces mollusques se rencontrent en groupes attachés latéralement les uns aux autres.
b. Côté supérieur de la valve supérieure, montrant une structure réticulée dans les parties *b*, où la croûte extérieure a disparu.
c. Extrémité supérieure ou ouverture de la valve inférieure et cylindrique.
d. Moule de l'intérieur de la valve inférieure conique.

Roches Crétacées aux États-Unis. — Si nous nous transportons sur le continent d'Amérique, nous trouverons dans l'Etat de New-Jersey une série de couches sableuses et argileuses qui diffèrent entièrement, sous le rapport minéralogique, de notre système Crétacé Supérieur, et que nous pourrions néanmoins, au point de vue paléontologique, classer dans la même division.

Le D^r Morton et M. Conrad, qui ont étudié les fossiles de ces couches en 1834, ont estimé qu'elles étaient, en gé-

(1) D'Orbigny, *Paléontologie française*, pl. 533.

néral, du même âge que la Craie et le Néocomien d'Europe. La formation consiste principalement en grès vert et en marne verte que recouvre un calcaire corallin jaunepâle; les fossiles se rapportent, dans leur ensemble, à ceux des séries supérieures d'Europe, depuis les lits de Maëstricht jusqu'à ceux du Gault inclusivement. J'ai recueilli moi-même, en 1841, soixante coquilles des dépôts de New-Jersey; cinq d'entre elles étaient identiques avec nos espèces d'Europe; c'étaient *Ostrea larva*, *O. vesicularis*, *Gryphœa costata*, *Pecten quinquecostatus*, *Belemnitella mucronata*. Comme quelques-unes de ces coquilles présentent en Europe leur plus grande distribution dans le sens vertical, il ne faut pas s'étonner de les voir reparaître plus souvent que les autres dans les régions du globe les plus éloignées. Même lorsque les espèces diffèrent entre elles, on reconnaît dans les formes génériques un caractère franchement crétacé, comme chez les Baculites, certaines sections d'Ammonites, l'*Inoceramus* (voir fig. 258, p. 372) et autres bivalves. Quinze des soixante espèces précitées ont été regardées par le professeur Forbes comme d'excellents représentants géographiques de fossiles crétacés bien connus d'Europe. On trouvera cette correspondance déjà passablement grande, si l'on considère que la région des États-Unis où la formation existe, est située à 5 ou 6000 kilomètres de la Craie de l'Europe centrale et septentrionale, et qu'il y a une différence de 10° de latitude entre les points que l'on compare, placés sur les bords opposés de l'Atlantique. Les poissons des genres *Lamna*, *Galeus* et *Carcharodon* sont communs à New-Jersey et aux roches crétacées d'Europe. Il en est de même pour le genre *Mosasaurus* parmi les reptiles. Le professeur O. C. Marsh a décrit cinq espèces d'oiseaux recueillis dans le Greensand (grès vert) de New-Jersey; il a découvert dans le schiste du Crétacé Supérieur du Kansas un oiseau adulte, remarquable, à peu près de la grosseur d'un pigeon et qui est probablement aquatique; il lui a donné le nom de *Ichthyornis dispar*. Cet oiseau se rapproche du type reptile par ses vertèbres qui sont biconcaves et par les dents bien développées dont sont munies ses deux mâchoires (1).

(1) *Amerian Journal of Science*, vol. V, févr. 1873.

Il paraîtrait, d'après les travaux du Dr Newberry et autres, que les couches Crétacées, situées dans les États-Unis, à l'est et à l'ouest des Appalaches, sont caractérisées par une flore tout-à-fait analogue à celle d'Aix-la-Chapelle, dont nous avons parlé ci-dessus, et ayant, par conséquent beaucoup de ressemblance avec la végétation des périodes Tertiaire et Récente.

CHAPITRE XVIII

FORMATION CRÉTACÉE INFÉRIEURE OU NÉOCOMIENNE.

Classification des couches marines et d'eau douce. — Néocomien supérieur. — Couches de Folkestone et de Hythe. — Argile d'Atherfield. — Sur la similitude des conditions qui occasionnent la réapparition des espèces après de courts intervalles. — Argile supérieure de Speeton. — Néocomien moyen. — Série de Tealby. — Argile moyenne de Speeton. — Néocomien inférieur. — Argile inférieure de Speeton. — Formation du Weald. — Caractère d'eau douce du Weald. — Argile du Weald. — Sable de Hastings. — Lits Punfield, du Purbeck, Dorsetshire. — Coquilles et poissons fossiles du Weald. — Étendue du Weald. — Flore du Weald.

Nous arrivons maintenant à la formation Crétacée Inférieure que l'on appelait autrefois Grès vert Inférieur et qu'il sera avantageux de désigner sous le nom de groupe *Néocomien* pour les raisons déjà expliquées (p. 355).

CRÉTACÉ INFÉRIEUR OU GROUPE NÉOCOMIEN

Couches marines.

1. Néocomien Supérieur. — Grès vert de Folkestone, Sandgate et Hythe, Argile d'Atherfield, Argile Supérieure de Speeton.
2. Néocomien Moyen. — Lit marin de Punfield, couches de Tealby, portion moyenne de l'Argile de Speeton.
3. Néocomien Inférieur. — Portion inférieure de l'Argile de Speeton.

Couches d'eau douce.

} Portion des couches Wealdiennes des comtés de Kent, Surrey, Sussex, Hants et Dorset.

Dans la partie occidentale de la France, dans les Alpes, les Carpathes, l'Italie septentrionale et les Apennins, on rencontre une série étendue de roches qui ont été décrites par les géologues du Continent sous le nom de ro-

ches *Tithoniennes*. Ces couches, auxquelles on ne connaît pas d'équivalent marin dans cette contrée, semblent être, pour ainsi dire, comme un pont jeté sur l'intervalle qui sépare le Néocomien de la série Oolithique. Suivant M. Judd, elles seraient peut-être du même âge qu'une partie de la série Wealdienne.

NÉCOMIEN SUPÉRIEUR.

Couches de Folkestone et de Hythe. — Les sables qui affleurent au-dessous du Gault dans le Wiltshire, Surrey et Sussex, sont d'un blanc pur dans leur partie

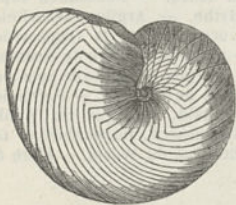


Fig. 283. — *Nautilus plicatus*.
Monographie de Fitton.

supérieure ; sur d'autres points, ils ont une couleur jaune, ferrugineuse, et présentent quelques strates renfermant beaucoup de matière verte. A Folkestone, ils renferment des couches de matière calcaire et de silex laiteux (chert), et aux environs de Hythe, ainsi qu'à Maidstone et autres parties du Kent, le calcaire appelé Kentish Rag s'y trouve

intercalé. Cette pierre calcaire et quelquefois argileuse forme des lits de 0^m60 d'épaisseur, qui alternent avec

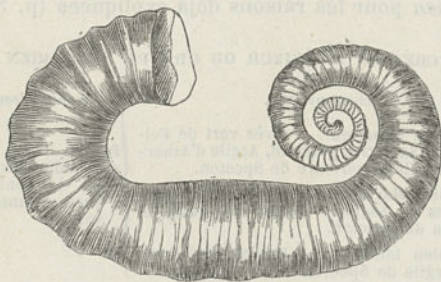


Fig. 284. — *Ancyloceras gigas*, D'Orb.

le sable quartzeux. Les lits de Folkestone, de Sandgate et de Hythe ont une épaisseur totale de moins de 90 mè-

tres; ceux de Hythe reposent immédiatement sur une argile grise, argile d'Atherfield, dont nous allons parler. Parmi les fossiles de Folkestone et de Hythe, on peut citer *Nautilus plicatus* (fig. 283), *Ancyloceras* (*Scaphites*) *gigas* (fig. 284), décrit à juste raison comme une Ammonite plus ou moins déroulée; *Trigonia caudata* (fig. 286), *Gervillia anceps* (fig. 285), genre bivalve voisin de l'*Avicula*, et la *Terebratula sella* (fig. 287). Les lits ferrugineux du même âge, dans le Wiltshire, ont fourni une coquille remarquable appelée *Diceras Lonsdalii* (fig. 288), qui abonde dans les Néocomiens Supérieur et Moyen de l'Europe méridionale. Ce genre est étroitement allié au Chama, et l'on a comparé le moule de son intérieur aux cornes d'un bouc.

Argile d'Atherfield. — Nous venons de dire que la série de Hythe repose sur une argile grise. Cette argile

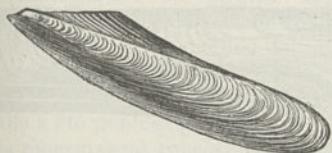


Fig. 285. — *Gervillia anceps*, Desh.
Néocomien supérieur, Surrey.



Fig. 286. — *Trigonia caudata*,
Agass. Néocomien supérieur.



Fig. 287. — *Terebratula sella*, Sow.
Néocomien supérieur,
Hythe.



Fig. 288. — *Diceras Lonsdalii*, Néocomien,
Wilts.
a. La coquille bivalve.
b. Moule de l'une des valves, grossie.

n'a qu'une faible épaisseur dans les comtés de Kent et de Surrey, mais elle acquiert une grande puissance à Atherfield, dans l'île de Wight. Certes, quand on compare,

au point de vue minéralogique et de l'épaisseur, la formation du Néocomien Supérieur des environs de Folkestone avec les lits correspondants qui se trouvent à 160 kilomètres de distance, au sud de l'île de Wight, la différence est vraiment remarquable. Dans cette dernière localité on ne rencontre pas de calcaire qui réponde au Kentish Rag, et l'épaisseur totale des couches, mesurée du fond de l'argile d'Atherfield au sommet du Néocomien, au lieu d'être de moins de 90 mètres comme dans le Kent, constitue, suivant feu le professeur Forbes, une masse de 253 mètres de puissance qui se divise en soixante-trois lits, formant trois groupes. Le premier, portion supérieure de la formation, se compose de sables ferrugineux, le second, de sables et d'argile, et le troisième, ou inférieur, d'argile brune, abondante en fossiles.

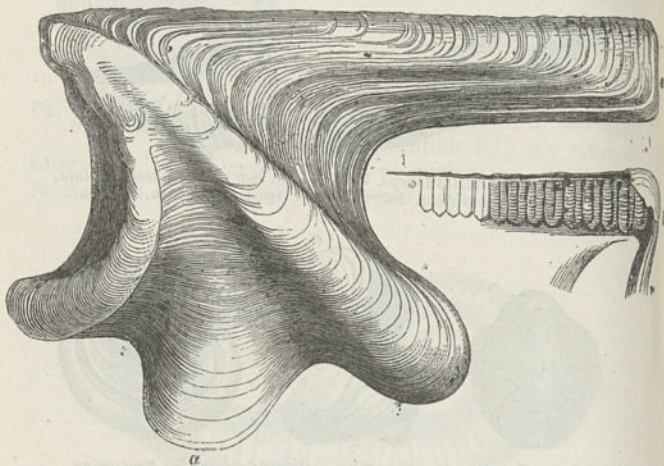


Fig. 289. — *Perna Mulleti*,
a. Extérieur. — *b.* Partie de la charnière de la valve supérieure, côté droit.

Des galets de grès quartzeux, de jaspe, de schiste siliceux, en même temps que des grains de chlorite et de mica indiquent suffisamment, avec les fossiles de l'Ooli-

the en fragments et usés par les eaux, la nature des roches préexistantes, dont la destruction dans le bas a donné lieu à la formation des couches Néocomiennes. Le terrain, composé de ces roches, fut, sans aucun doute, submergé avant l'origine de la Craie Blanche, et le dépôt dut s'effectuer dans une mer plus ouverte et probablement plus profonde, et dans des eaux plus limpides.

Parmi les coquilles de l'argile d'Atherfield, la plus volumineuse et la plus abondante est la grande *Perna Mulleti* dont nous donnons ici la figure (fig. 289).

Similitude des conditions qui occasionnent la réapparition des espèces. — Quelques espèces de mollusques et d'autres fossiles sont disséminées dans toute la série, tandis qu'il en est d'autres dont la distribution est limitée à des sous-divisions particulières; cette circonstance a conduit Forbes à établir une loi, reconnue depuis d'une application générale, pour estimer les rapports chronologiques de strates consécutives. Toutes les fois, dit-il, que des conditions semblables se reproduisent dans les couches, les mêmes espèces reparaisent, pourvu toutefois qu'il ne se soit pas écoulé un trop long intervalle de temps; mais si la durée de l'intervalle a été géologiquement considérable, les mêmes genres reparaisent représentés par des espèces différentes. Les changements dans la profondeur ou dans la nature minérale du fond de la mer, la présence ou l'absence de chaux ou de peroxyde de fer, l'existence d'un fond boueux, sablonneux ou graveleux, coïncident avec l'exclusion de certaines espèces et la prédominance de quelques autres. Mais ces différences de conditions étant, de leur nature, minérales, chimiques et locales, n'ont pas nécessairement de rapport avec l'extinction de certains animaux, ni de certaines plantes dans un périmètre étendu. Lorsque les formes propres à un sable meuble ou à une argile molle, à une eau parfaitement claire, à une mer basse ou de profondeur considérable, reviennent avec l'ensemble de toutes les mêmes espèces, on peut conclure que le temps qui s'est écoulé pendant l'accumulation a dû être, géologiquement parlant, très-court, quelque considérable que soit la masse accumulée. Mais si, les genres restant les mêmes, les espèces ont changé,

on est en droit de supposer qu'on est entré dans une nouvelle période ; et alors ni ressemblance de climat, ni similitude de conditions géologiques ou locales, ne peuvent plus rappeler les anciennes espèces qu'une longue série de causes destructives, agissant sur le monde animé ou inanimé, ont graduellement anéanties.

Argile de Speeton, division supérieure. — Sur la partie de la côte au-dessous de la Craie Blanche de Flamborough Head, dans le Yorkshire, affleure une formation argileuse appelée argile de Speeton, de plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, et dont les rapports paléontologiques ont été parfaitement établis par M. John W. Judd (1). Il a montré que la formation peut se séparer en trois divisions, dont la supérieure, de 45 mètres d'épaisseur et renfermant 87 espèces de mollusques, appartient décidément à l'argile d'Atherfield et aux couches associées de Hythe et de Folkestone que nous avons déjà décrites. Ce dépôt est caractérisé par la *Perna Mulleti* (fig. 289), *Terebratula sella* (fig. 287) et *Ammonites Des-*

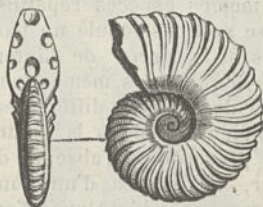


Fig. 290. — *Ammonites Deshayesii*,
Leym. Néocomien supérieur.

hayesii (fig. 290), fossile bien connu de Hythe et d'Atherfield. On a obtenu de cette argile de magnifiques squelettes de reptiles appartenant aux genres *Pliosaurus* et *Teleosaurus*. A la base de cette division Supérieure de l'argile de Speeton se trouve un lit de grands *Septaria*, que l'on exploitait autrefois

pour la fabrication du ciment. Cette couche fourmille de fossiles, spécialement d'Ammonites, dont une espèce de 0^m90 de diamètre a été observée par M. Judd.

NÉOCOMIEN MOYEN.

Série de Tealby. — A Tealby, village situé dans la plaine du Lincolnshire, affleurent, au-dessous de la Craie Blanche, des sables ferrugineux, non fossilifères, d'environ

(1) Judd, Argile de Speeton, *Quart. géol. Journ.*, vol. XXIV. 1868, p. 218.

6 mètres de puissance et qui recouvrent des lits d'argile et de calcaire de 15 mètres environ d'épaisseur. Ceux-ci renferment une série intéressante de fossiles parmi les-

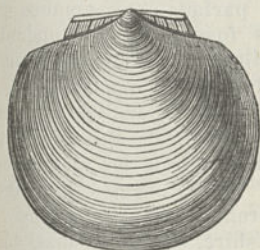


Fig. 291. — *Pecten cinctus*, Sow. (*P. crassilesta*, Rom.) Néocomien moyen, Angleterre. Néocomien moyen et inférieur, Allemagne. Un tiers de grandeur naturelle.



Fig. 292. — *Ancyloceras* (*Crioceras*) *Duvallii*, Léveillé. Néocomiens moyen et inférieur. Un tiers de grandeur naturelle.

quels on peut citer *Pecten cinctus* (fig. 291) de 22 à 30 centimètres de diamètre, *Ancyloceras Duvallii* (fig. 292) et une quarantaine d'autres coquilles, communes pour la plupart à l'argile Moyenne de Speeton dont nous allons parler. M. Judd fait remarquer que puisque l'*Ammonites clypeiformis* et la *Terebratula Hippopus* caractérisent le Néocomien Moyen du Continent, il faut rattacher à cette division la série de Tealby contenant les mêmes fossiles (1).

La division moyenne de l'argile de Speeton, que l'on rencontre dans cet endroit au-dessous du lit à ciment déjà mentionné, a 45 mètres de puissance et renferme environ 39 espèces de mollusques, qui sont pour la moitié communes à l'argile sus-jacente. Parmi les coquilles particulières, on remarque *Ancyloceras* (*Crioceras*) *Duvallii* (fig. 292) et *Pecten cinctus* (fig. 291).

NÉOCOMIEN INFÉRIEUR.

La division inférieure de l'argile de Speeton, de 60 mè-

(1) Judd, *Quart. géol. Journ.* 1867, vol. XXIII, p. 249.

tres d'épaisseur, a fourni 46 espèces de mollusques, et M. Judd y a distingué trois divisions dont chacune est caractérisée par son Ammonite particulière. La zone centrale est marquée par l'*Ammonites Noricus* (voir fig. 293).

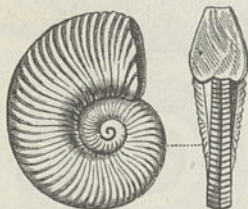


Fig. 293. — *Ammonites Noricus*, Schloth. Néocomien Inférieur, Speeton.

Sur le Continent, ces couches sont parfaitement connues par leurs fossiles correspondants, l'argile de Hils et le Conglomérat du Nord de l'Allemagne concordant avec les argiles Moyenne et Inférieure de Speeton; cette dernière, offrant les mêmes fossiles et les mêmes caractères minéralogiques que dans le Yorkshire, se trouve aussi dans la petite île d'Heligoland. Le calcaire jaune que j'ai observé moi-même près de Neuchâtel, en Suisse, représente le Néocomien Inférieur de Speeton.

FORMATION WEALDIENNE.

Au-dessous de l'argile d'Atherfield ou Néocomien Supérieur on observe, dans le sud-est de l'Angleterre, une formation d'eau douce qu'on nomme Weald. Bien que son étendue horizontale en Europe soit limitée, comparative-ment à la Craie Blanche et aux couches marines Néocomiennes, cette formation présente un grand intérêt géologique, car les restes organisés qu'elle contient jettent quelque lumière sur la nature de la faune et de la flore terrestres de l'époque Crétacée Inférieure. On a donné le nom de Wealdien à ce groupe, parce qu'il a été primitivement étudié dans certaines parties des comtés de Kent, de Surrey et de Sussex, appelées Weald. Le docteur Mantell montra, dès 1822, dans sa *Géologie du Sussex*, que le groupe entier était d'origine fluviale. S'appuyant sur l'absence totale des Ammonites, Bélemnites, Brachiopodes, Térébratules, Échinodermes, Coraux et autres fossiles marins qui caractérisent si bien les roches Crétacées situées au-dessus et les couches Oolithiques gisant au-dessous, ce savant fit ressortir, par contre, la présence dans

le Weald, des Paludines, Mélanies, Cyrènes et autres coquilles fluviatiles, ainsi que des ossements de reptiles terrestres, et des troncs et feuilles de plantes de même provenance.

Cette position si inattendue d'une masse épaisse d'origine d'eau douce au-dessous d'un dépôt formé dans une mer profonde constituait un phénomène avec lequel nous nous sommes familiarisés depuis, mais qui fut d'abord accueilli avec incrédulité. Cependant la situation relative des lits ne permettait pas l'équivoque; on voyait distinctement l'argile du Weald passer au-dessous de l'argile d'Atherfield en différents endroits des comtés de Surrey, de Kent et de Sussex, et reparaitre dans l'île de Wight à la base de la série Crétacée, s'étendant probablement bien au-dessous de la surface du pays, comme l'indiquent les lignes ponctuées du diagramme que nous reproduisons ici (fig. 294). On les retrouve aussi, occupant la même position relative au-dessous de la Craie, dans la péninsule de Purbeck, Dorsetshire, où ils reposent, comme on le verra plus tard, sur des couches que l'on peut rapporter à l'Oolithe Supérieure.

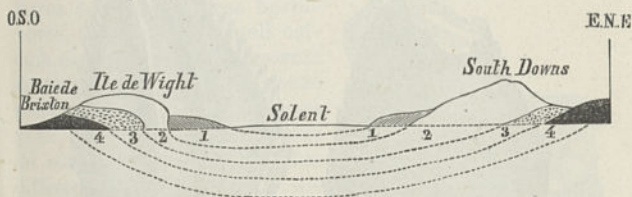


Fig. 294. — 1. Tertiaire. — 2. Craie et Gault. — 3. Néocomien Supérieur (ou Greensand Inférieur). — 4. Formation Wealdienne (Argile du Weald et sables d'Hastings).

Argile du Weald. — La division supérieure, ou Argile du Weald, est, en grande partie, d'origine d'eau douce, mais elle contient, dans sa portion la plus élevée, des lits d'huîtres et d'autres coquilles marines qui indiquent des conditions fluvio-marines. Non-seulement ses lits supérieurs concordent par leur stratification, suivant le Dr Fitton, avec les couches inférieures du Néocomien sus-jacent, mais encore ils sont d'une composition miné-

rale tout à fait semblable. Pour expliquer ce fait, on suppose que pendant que le delta d'une grande rivière était en voie d'abaissement assez tranquille pour permettre à la mer d'empiéter sur l'espace occupé primitivement par l'eau douce, la rivière continuait néanmoins de charrier les mêmes sédiments à la mer. Ce qui appuie cette supposition, c'est que des restes de l'*Iguanodon Mantelli*, reptile terrestre gigantesque, appartenant à l'ordre des Dinosauriens, et qui caractérise parfaitement le Weald, ont été découverts près de Maidstone dans le Rag de Kent, ou calcaire marin du Néocomien supérieur; quelques-uns des sauriens qui habitaient la contrée arrosée par la grande rivière auraient donc continué d'exister après qu'une partie du district eut été submergée par la mer. C'est ainsi que, de nos jours, des ossements d'énormes alligators sont souvent ensevelis dans les couches d'eau douce du delta du Gange. Mais qu'une

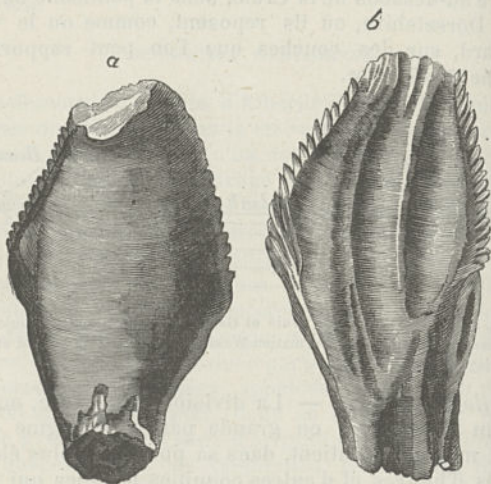


Fig. 295. — a, b, Dent d'*Iguanodon Mantelli*.

portion de ce delta, venant à s'abaisser, se trouve couverte par les eaux de la mer, des formations marines

s'accumuleront sur l'emplacement même où se déposaient des lits d'eau douce, pendant que le Gange continuera de déverser inférieurement ses eaux troubles dans la même direction et de porter vers la mer les squelettes des mêmes espèces d'alligators; ces débris se trouveront ainsi enfouis à la fois dans des couches d'eau salée et dans des couches d'eau douce sous-jacentes.

L'Iguanodon qui a été découvert par le D^r Mantell était herbivore; ses dents, quoiqu'elles offrent une grande analogie, par leur forme générale et leurs bords crénelés (fig. 295, *a* et *b*) avec celles des Iguanes qui fréquentent aujourd'hui les bois des Tropiques, dans l'Amérique et les Indes occidentales, présentent cependant des différences importantes. Souvent elles ont été usées par la mastication, tandis que les reptiles herbivores actuels coupent et rongent les végétaux dont ils se nourrissent, mais ne les mâchent pas; si leurs dents se trouvent souvent amincies, elles ne sont jamais surmontées, comme celles de l'Iguanodon fossile, d'une couronne plane qui servait à la trituration (fig. 296, *b*) et donnait à la dent

une ressemblance avec les molaires des mammifères herbivores. Le docteur Mantell calcule que les dents et ossements de cette espèce, qui ont passé pendant vingt ans sous ses yeux, ont dû appartenir à plus de soixante et onze individus différents d'âge et de taille, depuis celui qui sortait à peine de l'œuf jusqu'à l'animal dont le fémur mesurait environ 60 centimètres de circonférence. Cependant, bien que les dents se rencontrent plus abondamment

que tous les autres os du squelette, il est remarquable qu'on n'ait trouvé que fort tard un seul exemple de débris de mâchoire. Plus récemment on a découvert des restes de mâchoires supérieure et inférieure dans les couches de Hastings, forêt de Tilgate, près de Cuckfield. M. Beckles a trouvé, dans les mêmes sables de Hastings,

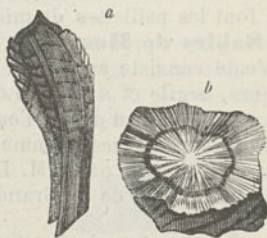


Fig. 296. — *a*. Dent, en partie usée, d'un jeune individu de la même espèce.

b. Couronne de la dent, l'âge adulte, usée en bas. (Mant.)

de grandes empreintes trydactiles qu'il suppose avoir été faites par le pied de derrière de cet animal, qui ne se composait que de trois doigts bien développés.

On rencontre accidentellement des bancs de calcaire (marbre de Sussex) dans la craie du Weald; ils sont presque entièrement composés d'une espèce de *Paludina* qui ressemble beaucoup à la *P. vivipara* communé des rivières d'Angleterre. Les coquilles de *Cypris*, genre



Fig. 297. — *Cypris spinigera*, Fitton.



Fig. 298. — Argile du Weald avec *Cypris*.

de crustacés déjà cité (p. 41) comme très-abondant dans les lacs et dans les étangs, sont aussi répandues à profusion dans l'argile du Weald; elles impriment quelquefois à la roche une structure finement lamellaire, comme le font les paillettes de mica (fig. 298).

Sables de Hastings. — Cette division inférieure du Weald consiste en sable, grès, grès grossier (*grit*) calcaire, argile et schiste. Les couches argileuses, malgré le nom donné au dépôt, l'emportent tant soit peu sur les couches arénacées, comme on le verra dans le tableau suivant, dressé par MM. Drew et Foster, ingénieurs du Gouvernement de la Grande-Bretagne.

	Noms des formations subordonnées.	Composition minérale des couches.	Épaisseur en mètres.
Sables de Hastings.	Sables de Tunbridge Wells	Grès et vase.	45
	Argile de Wadhurst. . .	Schiste bleu et brun, et argile avec un peu de grès calcaire	30
	Sable d'Ashdown. . . .	Sable durci avec des lits de grès calcaire.	48
	Couches d'Ashburnham.	Argile plastique, blanche et rouge, avec du grès . . .	100

La localité appelée *High Rocks* et autres, aux environs de Tunbridge Wells, empruntent leur pittoresque à l'escarpement naturel des falaises, provenant d'une couche dure

de sable blanc, que l'on rencontre dans la partie supérieure des sablières de Tunbridge. L'épaisseur de ce lit de sable rocheux (*rock sand*) varie de 7 à 14 mètres. Ces grandes masses, qui ne sont ni dures, ni exploitables comme pierres de construction, constituent néanmoins des roches saillantes à faces perpendiculaires et qui résistent à l'action destructrice de la rivière, parce qu'elles forment, dit M. Drew, une masse solide sans aucuns plans divisionnaires. Le grès calcaire et le grit de la Forêt de Tilgate, près de Cuckfield, où le D^r Mantell a découvert pour la première fois des débris de l'Iguanodon et de l'Hylæosaurus, constituent un membre supérieur des sablières de Tunbridge; le sable rocheux des falaises de Hastings, qui a 30 mètres d'épaisseur, est l'un des membres inférieurs de la même formation. Les reptiles y sont très-abondants; ils se rapportent en partie à des sauriens dont Mantell et Owen ont déjà fait huit genres, parmi lesquels on remarque, indépendamment de ceux dont il a été question, le Mégalosure et le Plésiosaure. Les mêmes couches fournissent le Ptérodactyle, reptile volant, et divers débris de Chéloniens des genres *Emys* et *Trionyx*, confinés de nos jours dans les régions tropicales.

La plupart des poissons du Weald se rapportent aux ordres des Ganoïdes et des Placoïdes. On y trouve en grand nombre des dents et des écailles du *Lepidotus* (fig. 299). Ces Ganoïdes étaient alliés au *Lepidosteus* ou Bro-

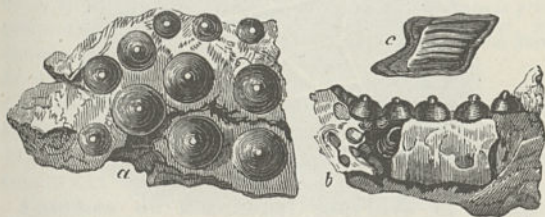


Fig. 299. — *Lepidotus Mantelli*, Agass. Weald.
a. Palais et dents. — b. Les dents, vues de côté. — c. Écaille.

chet-Gar des rivières d'Amérique. Leur corps était entièrement recouvert de larges écailles rhomboïdales très-épaisses et à surface émaillée. On pense que la plupart

des espèces de ce genre hantaient les rivières ou la mer à l'embouchure des baies.

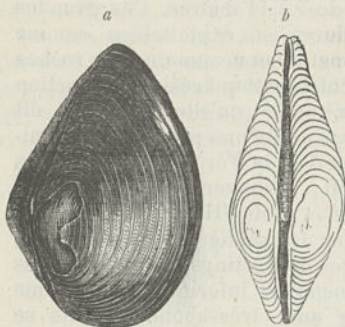


Fig. 300. — *Unio Valdensis*, Mant.
Ile de Wight et Dorsetshire: dans les lits inférieurs des Sables de Hastings.

A différents niveaux des Sables de Hastings, on observe çà et là des plaques de grès marquées de rides profondes, et séparées par des lits d'argile de plusieurs mètres d'épaisseur. En certains points, comme à Stammerham, près d'Horsham, on remarque que l'argile a séché et s'est fendillée avant que le lit suivant se soit déposé à sa surface. Dans

ces fissures, ont pu se former, comme dans des moules, des reliefs qui sont encore visibles sur la surface inférieure du grès (fig. 301).

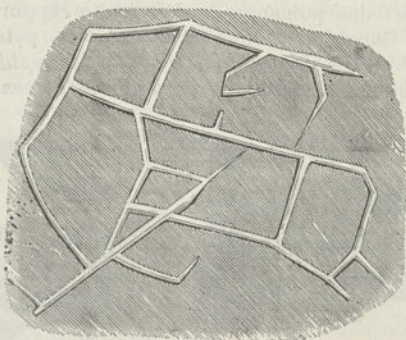


Fig. 301. — Face inférieure d'une plaque de grès, d'environ 0m,90 de diamètre. Stammerham. Sussex.

Non loin de la même localité se trouve un grès rougeâtre dans lequel on reconnaît les traces innombrables d'un fossile végétal, apparemment le *Sphenopteris*, dont

les tiges et les branches sont arrangées comme si les plantes conservaient encore leur position naturelle; le sable paraît les avoir entourées et couvertes en se déposant tranquillement. Des faits analogues ont été observés sur plusieurs autres points de la formation (1). Dans la même division du Weald, à Cuckfield, existe un lit de gravier ou conglomérat, composé de cailloux de quartz et de jaspe usés par les eaux, avec ossements roulés de reptiles. Ces produits ont dû être transportés par un courant, probablement dans une eau peu profonde.

On peut conclure de ces faits que, malgré la grande épaisseur de cette division du Weald, l'ensemble du dépôt a été formé dans une eau modérément profonde, et, dans la plupart des cas, extrêmement basse. L'idée paraîtra un peu hardie de prime abord; elle n'exprime cependant que la conséquence naturelle et continu d'une baie dans laquelle une grande rivière déchargerait ses eaux troubles. Pour chaque décimètre d'affaissement, la roche fondamentale baisserait d'un décimètre au-dessous de la surface des eaux, mais la baie ne s'approfondirait pas, si un nouveau dépôt de boue ou de sable élevait le fond d'un décimètre. Ces sortes de couches, au contraire, pourraient souvent être laissées à sec à marée basse et même se couvrir temporairement d'une végétation particulière aux marais.



Fig. 302. — *Sphenopteris gracilis*, Fitton. Sables de Hastings, près de Tumbridge Wells. — a. Portion grossie.

Couches de Punfield, marines et d'eau saumâtre. — Les coquilles du Weald appartiennent aux genres *Melanopsis*, *Melania*, *Paludina*, *Cyrena*, *Cyclas*, *Unio* (voir fig. 300) et autres, qui habitent les rivières ou les lacs; mais on a trouvé à Punfield, comté de Dorset, un banc qui indique des eaux saumâtres où vivaient les

(1) Mantell, *Geol. of S. E. of England*, p. 244.

genres *Corbula*, *Mytilus* et *Ostrea*. Dans quelques endroits, le lit prend un caractère complètement marin par ses fossiles Néocomiens bien connus, et parmi lesquels on peut citer *Ammonites Deshayesii* (fig. 290, p. 396) déjà men-

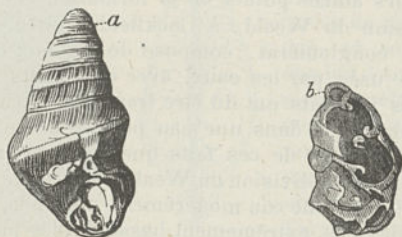


Fig. 303. — *Vicarya Lujani*, de Verneuil (1), Weald, Punfield.
 a. Coquille presque parfaite.
 b. Coupe verticale d'un échantillon plus petit, montrant des crêtes continues comme dans la *Nerinea*.

tionnée. D'autres coquilles, particulières à la Grande-Bretagne, sont cependant très-caractéristiques des Néocomiens Supérieur et Moyen du nord de l'Espagne; l'une d'elles, la *Vicarya Lujani* (fig. 303), alliée à la *Nerinea*, est très-remarquable; les lits du Néocomien Moyen dans lesquels elle abonde atteignent à Utrillas une épaisseur de 159 mètres et renferment dix couches de jais ou lignite houiller qui sont exploitées sur une grande échelle (2).

Si l'on se reporte au tableau p. 391, on verra que les lits du Weald sont donnés comme les équivalents d'eau douce du Néocomien Marin. Leur portion supérieure peut être regardée, en Angleterre, pour les raisons qu'on vient d'expliquer, comme appartenant au Néocomien Supérieur, tandis que certaines portions inférieures correspondraient en âge avec les divisions Moyenne et Inférieure de ce groupe. En faveur de cette dernière opinion, M. Marcou fait observer qu'un poisson appelé *Asteracanthus granulatus*, que l'on rencontre dans les lits de Tilgate, caractérise les lits inférieurs du Néocomien du Jura, et qu'il est bien connu que la *Corbula alata*,

(1) Foss de Utrillas.

(2) Judd, *Quart. geol. Journ.*, t. XXVII. 1871, p. 225.

commune dans les couches d'Ashburnham, se rencontre également à la base du Néocomien du Continent.

Étendue du Weald. — On ne saurait préciser l'étendue géologique du Weald, parce que des formations marines plus nouvelles en cachent une portion considérable. On lui assigne environ 512 kilomètres de l'ouest à l'est, de la côte du Dorsetshire jusqu'aux environs de Boulogne, en France, et à peu près 320 kilomètres du nord-ouest au sud-est, depuis les comtés de Surrey et de Hamps jusqu'à Vassy, en France. Si la formation est continue dans toute cette étendue, ce qui est très-douteux, il ne s'ensuit pas que tout dans l'ensemble soit de même âge; car, selon toute probabilité, la géographie physique du pays a éprouvé des modifications fréquentes pendant la durée de cette période, et l'estuaire a pu changer plusieurs fois de forme et même de place. Le docteur Dunker, de Cassel, et M. H. Von Meyer, ont démontré dans une excellente monographie des formations Wealdiennes du Hanovre et de la Westphalie, que les représentants de ce terrain dans les deux pays correspondent si exactement avec la série Anglaise par leurs fossiles et leurs caractères minéralogiques, qu'on ne saurait hésiter à rapporter le tout à un même grand delta. En admettant qu'il en soit ainsi, le développement du dépôt n'excéderait pas celui de plusieurs rivières modernes, du delta formé par le Quorra ou Niger en Afrique, par exemple, qui s'étend sur plus de 272 kilomètres à l'intérieur et occupe un espace de plus de 480 kilomètres le long de la côte, couvrant ainsi une surface de plus de 25,000 milles carrés anglais égale à la moitié de l'Angleterre (1). Nous ignorons, dans ces cas, jusqu'à quelle distance le sédiment fluviatile et les restes organiques des rivières et des terres peuvent être transportés de la côte et répandus sur le lit de la mer. J'ai montré, en parlant du Mississipi, qu'un delta plus ancien, renfermant des espèces de coquilles semblables à celles qui habitent aujourd'hui la Louisiane, s'était jadis rehaussé de manière à occuper une vaste étendue géographique, tandis qu'un delta plus nouveau était en voie de forma-

(1) Fitton, *Geol. of Hastings*, p. 58, où l'auteur cite les *Voyages* de Lander.

tion (1). Quand on recherche l'origine du Weald, il est important de tenir compte de la possibilité de tels mouvements et des effets qu'ils déterminent.

On peut se demander où était situé le continent dont les ruines ont formé les couches du Weald et dont les eaux alimentaient une grande rivière. Si le Weald s'était graduellement affaissé, dans le sens perpendiculaire, de 300 mètres et même davantage, une grande masse d'eau douce n'aurait pu continuer de se déverser dans la mer par le même bassin hydrographique, et si les terres adjacentes avaient participé à ce mouvement, elles n'auraient pu échapper à la submersion. Mais on peut supposer que cette terre a été stationnaire ou même qu'elle a subi à la même époque un exhaussement lent. Il a pu se produire un mouvement ascendant dans une région et un mouvement contraire dans une zone parallèle et contiguë de la contrée. Dans ce cas même, il est évident qu'une dépression des terres étendue eut lieu finalement dans cette partie de l'Europe où vint plus tard s'établir la mer profonde de la période Crétacée.

Épaisseur du Weald. — Dans le Weald même, entre les Downs du Nord et du Sud, on connaît, à la profondeur de 480 mètres, des couches d'eau douce dont on n'a pu atteindre la base. L'épaisseur de la série entière du Weald, dans la baie de Swanage, par exemple, ne saurait être évaluée à moins de 600 mètres.

Flore du Weald. — La flore du Weald est caractérisée par une grande abondance de Conifères, de Cycadées et de Fougères, et par l'absence de feuilles et de fruits d'angiospermes dicotylédones. La découverte, en 1855, de Gyrogonites ou vaisseaux à spores du Chara, dans les couches d'Hastings, île de Wight, est le premier exemple de ce genre de plantes, si commun dans les couches Tertiaires, que l'on ait trouvé dans les roches Secondaires ou Mésozoïques.

Flore arctique du Crétacé Inférieur. — Le Professeur Nordenskiöld est venu dernièrement opposer un exemple remarquable à cette flore du Néocomien Inférieur par la découverte qu'il a faite (1872), dans le Groënland

(1) Voyez ci-dessus, p. 103, et *Second Visit to the United States*, vol. II, ch. XXXIV.

par 71° latitude nord, et dans le Spitzberg, par 78° de la même latitude, d'espèces végétales qui ont été déterminées par le Professeur Heer. Les plantes du Groënland, parmi lesquelles on compte huit espèces de Cycadées et 45 espèces de Fougères, concordent parfaitement avec la flore de la Craie Inférieure d'Europe, et montrent un aspect décidément sous-tropical. Le professeur Heer mentionne 13 espèces de *Gleichenia*, la plupart avec leurs fruits; et ce genre est aujourd'hui presque exclusivement tropical, bien qu'il soit représenté par quelques rares espèces dans la Nouvelle-Zélande et en Tasmanie. Cette flore a fourni également d'autres espèces sous-tropicales, telles que l'*Oleander*. Parmi les plantes du Spitzberg, qui sont moins nombreuses, la *Sequoia Reichenbachii*, commune au Crétacé Inférieur du Groënland, est très-abondante; l'une des branches portait encore son fruit. Il n'est donc plus permis de douter que le climat chaud de la période Crétacée ne s'étendît jusqu'à la région située à 12° près du pôle, quoiqu'il nous soit impossible, dans l'état actuel de nos connaissances, d'imaginer une théorie satisfaisante pour expliquer les causes qui ont pu le produire.

CHAPITRE XIX

GRUPE JURASSIQUE. — COUCHES DU PURBECK ET DE L'OOLITHE.

Les couches du Purbeck constituent un membre du groupe Jurassique.
— Sous-divisions de ce groupe. — Géographie physique de l'Oolithe en Angleterre et en France. — Oolithe supérieure. — Couches du Purbeck. — Nouveaux genres de Mammifères fossiles dans le Purbeck moyen du Dorsetshire. — Lit de boue, ou sol ancien. — Fossiles des couches du Purbeck. — Pierre de Portland et ses fossiles. — Argile de Kimmeridge. — Pierre lithographique de Solenhofen. — Archæopteryx. — Oolithe Moyenne. — Coral Rag. — Calcaire à Nérinées. — Argile d'Oxford, Ammonites et Bélemnites. — Roche de Kelloway. — Oolithe Inférieure ou de Bath. — Grandes plantes de l'Oolithe. — Oolithe et Argile de Bradford. — Schiste de Stonesfield. — Mammifères fossiles. — Terre à foulon. — Oolithe Inférieure et ses fossiles. — Schistes du Comté de Northampton. — Bassin houiller Oolithique du Yorkshshire. — Charbon de Brora. — Relations paléontologiques de plusieurs sous-divisions du groupe Oolithique.

Classification de l'Oolithe. — Immédiatement au-dessous du groupe des Sables de Hastings, on trouve dans le Dorsetshire une autre formation remarquable d'eau douce qui a reçu le nom de *Purbeck*, parce que c'est dans les falaises de la péninsule de Purbeck qu'on en a fait la première étude. Les couches de cette formation sont, en grande partie, d'origine d'eau douce, mais des débris organiques, découverts tout récemment dans certains lits marins intercalés, ont montré que la série du Purbeck se rattache étroitement au groupe Oolithique, dont on peut la considérer comme le membre le plus nouveau ou le plus supérieur.

Généralement, en Angleterre, comme dans la plus grande partie de l'Europe, le Weald et le Purbeck manquent, et le groupe marin Crétacé est immédiatement suivi, dans

l'ordre descendant, par une autre série appelé Jurassique. Sous ce dernier terme on comprend les formations ordinairement désignées sous les noms de « Oolithe et Lias, » que l'on observe dans les montagnes du Jura. L'Oolithe a été ainsi nommée, parce que, dans les pays où elle fut observée pour la première fois, les calcaires qui la composent présentent la structure Oolithique (voy. p. 18). Ces roches occupent en Angleterre une zone d'environ 48 kilomètres de largeur, et s'étendent à travers l'île, depuis le Yorkshire dans le nord-est jusqu'au Dorsetshire dans le sud-ouest. Leurs caractères minéralogiques ne sont pas uniformes sur toute cette région, mais voici les noms des principales sous-divisions observées dans le centre et le sud-est de l'Angleterre :

OOLITHE.

Supérieure. . .	}	a. Lits du Purbeck.
		b. Oolithe de Portland (pierre) et sable.
		c. Argile de Kimmeridge.
Moyenne . . .	}	d. Coral Rag.
		e. Argile d'Oxford et roche de Kelloway.
Inférieure. . .	}	f. Cornbrash et Forest Marble.
		g. Grande Oolithe et schiste de Stonesfield.
		h. Terre à foulon.
		i. Oolithe Inférieure.

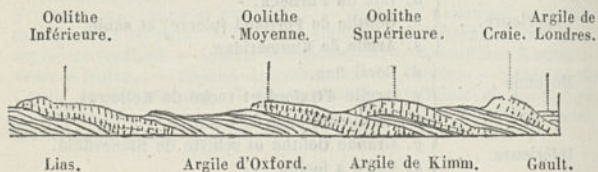
Le système Oolithique Supérieur de ce tableau a généralement pour base l'argile de Kimmeridge ; le système Oolithique Moyen se termine par l'argile d'Oxford. Le système Inférieur repose sur le Lias, formation argilo-calcaire que certains auteurs comprennent dans l'Oolithe Inférieure, mais dont nous parlerons séparément dans le chapitre suivant. Des débris organiques particuliers distinguent plusieurs de ces sous-divisions ; et, quoique celles-ci varient dans leur épaisseur, on peut quelquefois les suivre sur de longues distances, surtout si l'on compare la partie de l'Angleterre à laquelle le type en question se rapporte avec le nord-est de la France et les montagnes du Jura. Dans ces contrées, distantes de notre île de plus de 650 kilomètres, la série, malgré le peu d'épaisseur ou l'absence accidentelle des argiles, offre avec le type An-

glais ordinaire une analogie beaucoup plus frappante que celle qu'on rencontre dans le Yorkshire ou la Normandie.

Géographie physique. — Les alternances, sur une grande échelle, de formations distinctes d'argile et de calcaire, ont imprimé, en Angleterre et en France, une physionomie particulière à l'aspect physique des séries oolithique et liasique. Il existe à travers de longues étendues de pays des vallées profondes où affleurent les couches argileuses ; entre ces vallées, les calcaires constituent des rangées de collines ou de montagnes qui se terminent sous forme abrupte vers les points où les argiles s'élèvent de dessous les couches calcaires.

La coupe suivante donnera une idée de la configuration du terrain en question, telle qu'on peut l'observer de Londres à Cheltenham, ou sur d'autres lignes parallèles, de l'est à l'ouest, dans le sud de l'Angleterre. Dans cette

Fig. 304.



coupe, j'ai exagéré de beaucoup l'inclinaison des lits et la hauteur de plusieurs des formations, comparativement à leur étendue horizontale. On remarquera que les lignes d'escarpement font face à l'ouest, dans les hautes éminences calcaires formées par la Craie et par les Oolithes Supérieure, Moyenne et Inférieure, vers la base desquelles on trouve respectivement le Gault, l'Argile de Kimmeridge, celle d'Oxford, ainsi que le Lias. Ce dernier constitue généralement une longue vallée au pied de l'Oolithe Inférieure ; mais, sur les points où il acquiert une épaisseur considérable et renferme des couches solides de marne, il occupe la partie inférieure de l'escarpement.

La configuration extérieure du pays que le géologue observe de Paris à Metz est exactement semblable ; elle est due à une même succession de roches, interposées entre les couches tertiaires et le Lias, avec cette différence, ce-

pendant, que les escarpements de la Craie et des Oolithes Supérieure, Moyenne et Inférieure regardent à l'est et non à l'ouest. Il est donc évident que les causes de dénudation (voir p. 108) ont agi d'une manière uniforme sur une surface de plusieurs centaines de kilomètres, attaquant les argiles tendres beaucoup plus largement que les calcaires, et imprimant à ces dernières roches la forme d'escarpements abrupts, sur les différents points où elles avaient pour base une argile plus facile à détruire.

OOLITHE SUPÉRIEURE

Couches du Purbeck. — Ces couches, que nous classons comme le membre le plus élevé de l'Oolithe, occupent en Europe une étendue géographique très-limitée, mais elles acquièrent de l'importance en ce qu'elles offrent une succession de trois groupes fossilifères distincts. De pareils changements répétés dans la vie organique ont exigé une longue suite de siècles. Les couches du Purbeck sont magnifiquement représentées dans la baie de Durdlestone près de Swanage, Dorsetshire, et à Lulworth Cove, ainsi que dans les baies environnantes, entre Weymouth et Swanage. Dans la baie de Meup, en particulier, le Professeur E. Forbes a étudié minutieusement, en 1850, les restes fossiles de ce groupe à travers une section continue de falaises; il a constaté que les Purbeck Supérieur, Moyen et Inférieur sont caractérisés par des espèces particulières de débris organiques, et que ces espèces diffèrent, autant du moins que l'on a pu établir une comparaison, de celles des sables de Hastings qui gisent au-dessus, et de celles de l'Argile Wealdienne.

Purbeck Supérieur. — La plus élevée des trois divisions est simplement une formation d'eau douce; ses couches, qui ont environ 15 mètres d'épaisseur, renferment des coquilles des genres *Paludina*, *Physa*, *Lymnœa*, *Planorbis*, *Valvata*, *Cyclas* et *Unio*, avec des *Cypris* et des poissons. Toutes les espèces semblent particulières; parmi elles les *Cypris* sont en abondance et caractérisent le dépôt (fig. 305, a, b, c).

La pierre nommée Marbre de Purbeck, dont on a fait un grand usage autrefois dans l'architecture ornementale

des vieilles cathédrales, dans les comtés méridionaux d'Angleterre, appartient exclusivement à cette division.

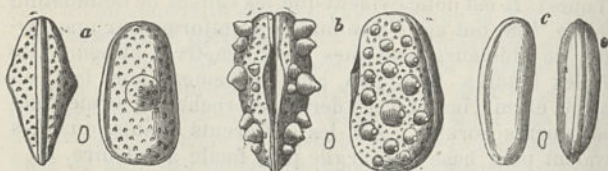


Fig. 305. — Cypris du Purbeck Supérieur.
a. Cypris gibbosa, E. Forbes. — *b. Cypris tuberculata*, E. Forbes.
c. Cypris leguminella, E. Forbes.

Purbeck Moyen. — Cette division qui suit immédiatement mesure environ 9 mètres d'épaisseur ; sa partie supérieure est un calcaire d'eau douce contenant des cypris, des tortues, et des poissons tout à fait différents de ceux des lits précédents. Au-dessous du calcaire sont des formations d'eau saumâtre, remplies de *Cyrenæ*, et alternant avec des bancs qui abondent en *Corbula* et *Melania*. Celles-ci reposent sur un dépôt purement marin avec *Pecten*, *Modiola*, *Avicula* et *Thracia*. On rencontre ensuite, toujours dans l'ordre descendant, des calcaires et des schistes, originaires en partie de l'eau saumâtre et en partie de l'eau douce, et qui contiennent une grande quantité de poissons, surtout des espèces *Lepidotus* et *Micro-*



Fig. 306. — *Ostræa distorta*.
 Cinder Bed, Purbek Moyen.

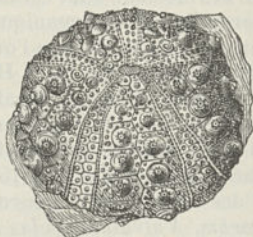


Fig. 307. — *Hemicidaris Purbeckensis*
 E. Forbes, Purbeck Moyen.

don radiatus, ainsi qu'un crocodilien auquel on a donné le nom de *Macrorhynchus*. Parmi les Mollusques, on

cite une remarquable *Melania* à côtes, du sous-genre *Chilina*.

Immédiatement au-dessous est la grande et belle couche, de 3 mètres d'épaisseur, depuis longtemps connue

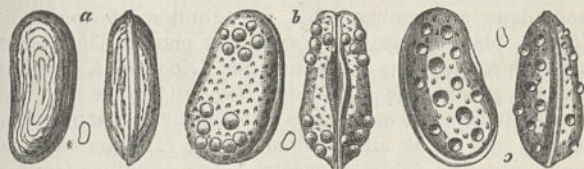


Fig. 308. — Cypris du Purbeck Moyen.

a. *Cypris striato-punctata*, E. Forbes. — b. *Cypris fasciculata*, E. Forbes.
— c. *Cypris granulata*, Sow.

des géologues sous le nom local de « *Cinder Bed* » (lit de cendre); elle est formée d'une énorme agglomération de coquilles d'*Ostroæa distorta* (fig. 306). Dans la partie tout à fait supérieure de ce lit, Forbes a découvert le premier échinoderme (fig. 307) que l'on eût vu dans la série du Purbeck : c'est une espèce d'*Hemicidaris*, genre caractéristique de la période Oolithique, que l'on a de la peine à distinguer, si toutefois on la distingue d'une autre espèce Oolithique déjà connue. Cet échinoderme était accompagné d'une *Perna*. Au-dessous du *Cinder Bed* on revoit de nouveaux lits d'eau douce, remplis en plusieurs endroits de diverses espèces de *Cypris* (fig. 308, a, b, c),

de *Valvata*, *Paludina*, *Planorbis*, *Limnæa*, *Physa* (fig. 309) et *Cyclas*, toutes différentes de celles que l'on rencontre plus haut dans la série. La *Cypris fasciculata* (fig. 308 b) n'a des tubercules qu'aux extrémités de chaque valve; c'est un caractère qui permet de la reconnaître immédiatement. En résumé, ces petits crustacés, aussi abondants dans quelques argiles schisteuses que les lamelles de mica dans les grès micacés, permettent d'identifier le Purbeck Moyen, même dans les localités éloignées du comté de Dorset, par exemple dans le vallon de Wardour,

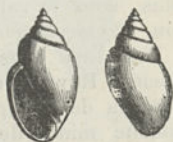


Fig. 309. — *Physa Bristovii*, E. Forbes.
Purbeck Moyen.

Wiltshire. On observe aussi dans le Purbeck Moyen des lits épais de chert, remplis de Mollusques et de Cypris appartenant aux genres précédemment énumérés, et qui sont dans le plus bel état de conservation; ces lits sont souvent convertis en calcédoine. Forbes a recueilli également dans ces couches des gyrogonites (sporangies de *Chara*), plantes que l'on n'avait pas encore découvertes dans les roches plus anciennes que l'Éocène. A 6 mètres environ au-dessous du *Cinder Bed*, on trouve dans une couche de 50 à 70 centimètres d'épaisseur des mammifères fossiles que nous allons mentionner; et, plus bas, une bande mince de schiste verdâtre, avec coquilles marines et empreintes de feuilles semblables à celles d'un grand *Zostera*; elle forme la base du Purbeck Moyen.

Mammifères fossiles du Purbeck Moyen. — Dans la quatrième édition de mes *Eléments de géologie* (1852), après avoir parlé de la découverte de nombreux insectes et de mollusques terrestres dans le Purbeck, je disais : « Quoique l'on n'ait encore rencontré jusqu'à ce moment aucun mammifère dans la formation, il est encore trop tôt pour conclure définitivement, d'après des caractères purement négatifs, qu'il n'en existait pas. » Seulement deux ans après l'impression de cette remarque, M. W. R. Brodie trouva dans le Purbeck moyen, à 6 mètres environ au-dessous du *Cinder Bed*, dans la baie de Durdlestone, des fragments de petites mâchoires munies de dents, que le Professeur Owen reconnut appartenir à un petit mammifère de la classe des insectivores, se rapprochant bien plus, sous le rapport de la dentition, de l'*Amphiterium* (ou *Thylacotherium*) que d'aucun autre type actuel.

Deux ans plus tard (1856), M. S. H. Beckles, de la Société Royale, exhuma les restes de plusieurs autres espèces de quadrupèdes à sang chaud de cette même couche mince de marne, près de la base du Purbeck Moyen. Ce dépôt produisit de nombreux reptiles, plusieurs insectes, et quelques coquilles d'eau douce des genres *Paludina*, *Planorbis* et *Cyclas*.

M. Beckles explora alors entièrement la couche mince de sédiment calcaire qui avait déjà fourni, aux environs de Swanage, les ossements du *Spalacotherium*. Il obtint d'une surface ne dépassant pas 12 mètres de long sur 3 mè-

tres de large, et d'une couche épaisse seulement de 12 centimètres, les débris de squelettes de six espèces nouvelles de mammifères, décrits et déterminés par le docteur Falconer qui les examina le premier. Ces intéressantes recherches n'étaient pas encore terminées, que les travaux réunis du Professeur Owen et du Docteur Falconer avaient démontré que douze espèces de mammifères, ou même un plus grand nombre, caractérisaient cette partie du Purbeck Moyen, et que la plupart de ces animaux, insectivores ou carnassiers, avaient des grandeurs variant depuis celle de la taupe jusqu'à celle du putois commun, *Mustela putorius*; le Professeur Owen porta, dans la suite, à vingt-cinq le nombre des espèces pouvant être rapportées à dix genres (1). Parmi tous ces genres qui ont, en majorité, le caractère des marsupiaux insectivores, le Docteur Falconer reconnut un type différent absolument des autres, et présentant, par certains caractères, une grande ressemblance avec le Kangaroo-Rat actuel, ou *Hypsiprymnus*. On ne compte pas moins de dix espèces de ce dernier, qui habitent aujourd'hui les prairies et les jungles d'Australie, où ils vivent de plantes et de racines qu'ils découvrent en grattant le sol. Leur dentition présente une particularité frappante, qui les distingue de tous les autres quadrupèdes : l'animal ne possède qu'une grosse prémolaire dont l'émail est creusé de sillons verticaux, ordinairement au nombre de sept.



Fig. 310. — Prémolaire de l'*Hypsiprymnus Gaimardi*, récent, d'Australie, montrant trois sillons à angle droit par rapport à la longueur de la mâchoire; grossie trois fois et demie.



Fig. 311 — Troisième prémolaire, la plus grande (mâchoire inférieure), du *Plajiaulax Becklesti*, grossie cinq fois et demie, montrant sept sillons en diagonale.

La plus grosse prémolaire (voir fig. 311), dans le genre

(1) *Monographie*. Société Paléontologique, 1871.

fossile, montre de même 7 sillons parallèles qui produisent, par leur terminaison, un bord semblablement dentelé à la couronne; mais leur direction est diagonale, — caractère distinctif qui, selon Falconer, doit être considéré comme secondaire (*trivial*), et non comme entraînant une différence de type (*typical*). Cette obliquité des sillons constituant donc un caractère si tranché dans la majorité des dents, le docteur Falconer a proposé, pour les fossiles en question, le nom générique de *Plagiaulax*. La forme et les dimensions relatives de l'incisive, *a*, fig. 312,

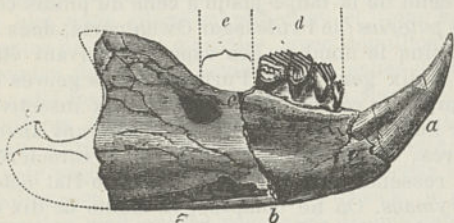


Fig. 312. — *Plagiaulax Becklesii*, Falconer, Purbeck Moyen.

Branche droite de la mâchoire inférieure, grossie deux fois.

a. Incisive. — *b*, *c*. Ligne de fracture verticale derrière les prémolaires. — *d*. Trois prémolaires, la troisième et la dernière (beaucoup plus grandes que les deux autres prises ensemble), séparées par une fissure. — *e*. Alvéoles de deux molaires manquantes.

montrent une similitude non moins frappante avec l'*Hypsiprymnus*. Néanmoins, la courbure de cette incisive vers le haut, qui est plus brusque, aussi bien que les autres caractères de la mâchoire, constituent de grandes différences entre le *Plagiaulax* et les Kangaroo-Rats actuels.

Nous ne connaissons pour le moment que deux spécimens fossiles de mâchoires inférieures de ce genre, appartenant évidemment à deux espèces distinctes, de taille très-inégale, et différant, du reste, par d'autres caractères. Le *Plagiaulax Becklesii* (fig. 312) avait environ la grosseur de l'écureuil d'Angleterre ou du Phalanger volant d'Australie (*Petaurus Australis*, Waterhouse). Le fossile plus petit, qui n'a fourni que la moitié des dimensions linéaires de l'autre, n'avait probablement qu'un douzième de sa grosseur. Pour le géologue, toutefois, il offre un intérêt tout particulier, parce que les deux arrière-mo-

lares, comme l'a montré Falconer, présentent une ressemblance incontestable avec celles du *Microlestes* Triasique (fig. 396, p. 472), le plus ancien des mammifères connus, et dont nous parlerons dans le chapitre XXI.

Jusqu'à l'année 1857, tous les ossements fossiles de mammifères, découverts dans les roches secondaires, consistaient exclusivement en branches de mâchoires inférieures; mais, dans cette même année, M. Beckles obtint d'un seul bloc la portion supérieure d'un crâne et la mâchoire inférieure d'un autre quadrupède, avec huit molaires, une grosse canine et une incisive large et épaisse. On donna à cet animal le nom de *Triconodon* d'après la forme tricuspide de ses dents, et on le supposa avoir été un petit insectivore de l'ordre des marsupiaux, environ de la grosseur du hérisson commun. Plusieurs autres mâchoires ont été recueillies depuis, qui constatent l'existence d'une plus grande espèce du même genre.

Le Professeur Owen a donné le nom de *Triconodon major* au plus grand de ces mammifères, qui devait avoir de plus fortes dimensions que le putois (*Mustela putorius*). Il suppose que ce mammifère était de l'ordre des marsupiaux, que c'était une bête de proie, et qu'il avait probablement la taille du *Dasyurus maugei*, d'Australie (1).

C'est un fait surprenant que quarante à cinquante pièces ou portions latérales de mâchoires inférieures, munies de leurs dents, aient été découvertes au sein des couches oolithiques du Purbeck, qu'avec ces pièces on n'ait rencontré que cinq maxillaires supérieurs et une portion de crâne isolé, à Stonesfield, et qu'on ne connaisse pas encore d'exemple dans le Purbeck d'un squelette complet, ou d'un grand nombre d'os en juxtaposition. Les débris sont disséminés en divers points de la roche; souvent ils sont dans un état très-avancé de décomposition, et quelquefois en fragments qui paraissent se rapporter à des mammifères; mais si tous étaient employés à reconstituer des squelettes, ils suffiraient à peine pour compléter les cinq individus auxquels ont appartenu les cinq maxillaires supérieurs dont il a été question. Comme

(1) Owen, *Mammifères Fossiles du Purbeck*. Palæont. Soc. 1871.

le nombre moyen des pièces constituant le squelette de chaque mammifère est d'environ 250, dans le cas actuel il doit manquer plusieurs milliers d'ossements : pour expliquer leur absence, nous serions presque tenté d'adopter l'idée que me suggéra un jour le docteur Buckland, à propos du problème analogue de Stonesfield : « Les cadavres, disait-il, des animaux noyés, lorsqu'ils flottent sur les rivières, gonflés comme ils le sont par les gaz résultant de la putréfaction, ont souvent la mâchoire inférieure pendante, et quelquefois même celle-ci est complètement détachée : le reste du corps flotte à la dérive vers un autre point, où, peut-être, il deviendra la proie d'un reptile ou d'un poisson vorace, tels qu'Ichthiosaure ou Requin. »

Comme tous ces marsupiaux du Purbeck ci-dessus mentionnés comme appartenant à dix genres et à vingt-cinq espèces, insectivores, carnassiers et herbivores, proviennent d'une surface qui ne dépasse pas 500 mètres carrés, et d'une seule couche qui ne mesure que quelques centimètres d'épaisseur, nous pouvons en toute sûreté conclure que tous vécurent ensemble dans la même région ; et, suivant toute probabilité, ce n'est là qu'une fraction des mammifères qui habitèrent des terres baignées par une rivière et ses tributaires. Ils fournissent la première preuve positive, connue jusqu'à ce moment, de la coexistence d'une faune variée de la classe la plus élevée des vertébrés, avec ce large développement de la vie reptile qui a laissé des traces à travers toutes les périodes, depuis le Trias jusqu'au Crétacé Inférieur inclusivement, — de la coexistence aussi de cette faune avec une flore gymnosperme, c'est-à-dire de cet état du règne végétal où les cycadées et les conifères prédominaient sur toutes les autres espèces de plantes, moins les fougères ; ces conclusions reposent sur quelques probabilités, autant du moins que nous pouvons en juger dans l'état imparfait de nos connaissances actuelles sur la botanique fossile.

Par le tableau suivant le lecteur verra d'un seul coup d'œil le remarquable développement que présentent actuellement, sous le rapport numérique, les espèces Mammifères du Purbeck Moyen, comparées à celles des autres formations plus anciennes que le gypse de Paris ; en même

temps, il appréciera l'énorme hiatus qui s'offre aujourd'hui dans l'histoire des Mammifères fossiles, entre les périodes du Purbeck et de l'Éocène, entre celui-ci et l'Oolithe de Stonesfield, et enfin entre cette dernière formation et celle du Trias.

Nombre et distribution de toutes les espèces connues de mammifères Fossiles des Couches plus anciennes que le Gypse de Paris, ou que la Série de Bembridge de l'île de Wight.

TERTIAIRE.	Série de Headon, et couches comprises entre le Gypse de Paris et le Grès de Beauchamp.	14	{	10 Anglais.	
				4 Français.	
	Argile de Barton et Sables de Beauchamp	0			
	Couches de Bagshot, Calcaire Grossier, et Soissonnais Supérieur de Cuisse-la-Motte	20	{	16 Français.	
				1 Anglais.	
	Argile de Londres, y compris les sables de Kyson	7	{	3 Etats-Unis (1).	
				7 Anglais.	
	Argile Plastique et Lignite	9	{	7 Français.	
	Sables de Bracheux	1	{	2 Anglais.	
	Sables de Thanet, et Landénien Inférieur de Belgique.	0		Français.	
Craie de Maestricht.	0				
Craie Blanche.	0				
Craie Marneuse.	0				
Série chloritique (Grès vert Supérieur) Gault.	0				
Néocomien (Grès Vert Inférieur).	0				
Weald	0				
Oolithe du Purbeck Supérieur	0				
Oolithe du Purbeck Moyenn	25		Swanage.		
Oolithe du Purbeck Inférieur	0				
Oolithe de Portland.	0				
SECONDAIRE.	Kimmeridge-Clay.	0			
	Coral-Rag.	0			
	Oxford-Clay. (Argile d'Oxford)	0			
	Grande Oolithe.	4		Stonesfield.	
	Oolithe Inférieure.	0			
	Lias	0			
	Trias Supérieur.	4	{	Wurtemberg.	
			{	Somersetshire.	
			{	Caroline du Nord.	
	Trias Moyen	0			
Trias Inférieur.	0				
PRIMAIRE.	Permien	0			
	Carbonifère.	0			
	Devonien.	0			
	Silurien.	0			
	Cambrien.	0			
Laurentien.	0				

(1) Plusieurs Zeuglodonns trouvés dans l'Alabama, et que des zoologistes ont rapportés à 3 espèces.

Les sables de Bracheux, classés dans la division Tertiaire du tableau, supposés par M. Prestwich un peu plus nouveaux que les sables de Thanet, et à peu près de la même époque par M. Hébert, ont fourni, à La Fère, l'*Arctocyon (Palæocyon) primævus*, le plus ancien Mammifère Tertiaire connu.

Il est important de remarquer qu'à travers les sables de Hastings sont répandus de petits lits d'argile et de grès au sein desquels M. Beckles a découvert de nombreuses empreintes de pas de quadrupèdes, qu'il avait également remarquées dans un groupe semblable de roches, dans le Sussex et dans l'île de Wight. Ces empreintes paraissent appartenir à trois ou quatre espèces de reptiles, mais aucune d'elles ne se rapporte aux quadrupèdes à sang chaud. Le fait de leur présence doit, par conséquent, être pour nous un avertissement utile ; lorsqu'il nous arrivera de ne pas découvrir d'empreintes de pas de Mammifères au sein de roches plus anciennes que les précédentes (dans le Nouveau Grès Rouge, par exemples), nous ne devons pas pour cela nous hâter de conclure que tous les quadrupèdes, autres que des reptiles, ont fait défaut à la création de ce temps-là ou à une création antérieure.

Mais les couches du Purbeck nous fournissent encore un autre enseignement ; toutes ces couches, à l'exception de quelques petits lits d'eau saumâtre ou d'eau salée qui les accompagnent, sont d'origine d'eau douce ; leur puissance totale est de 48 mètres ; elles ont été fouillées par d'habiles collectionneurs, par feu Edouard Forbes en particulier, et étudiées pendant plusieurs mois consécutifs ; on les a comptées, et le contenu de chacune d'elles a été soigneusement noté par les officiers du *Geological Survey* de la Grande-Bretagne. Forbes a divisé ces couches en trois groupes distincts, tous trois caractérisés par les mêmes genres de mollusques pulmonés et de Cypris, mais représentés dans chaque groupe par des espèces différentes ; elles recèlent des insectes de divers ordres et des fruits de plusieurs plantes ; enfin, elles contiennent à différents niveaux, des *lits de boue (dirt beds)*, ou anciennes surfaces de terres et sols végétaux, dans la plupart desquels on remarque, en position verticale, des

troncs et des souches de cycadées et de conifères avec leurs racines encore en place. Cependant lorsque le géologue interroge cette merveilleuse série, et se demande si jamais à aucune de ces trois périodes ne vécurent des animaux terrestres d'un rang plus élevé en organisation que les reptiles, les roches sont silencieuses ! Sur un point seulement, un simple petit lit de quelques centimètres d'épaisseur répond à la question, et la page unique qu'il nous fournit sur l'histoire de la terre a suffi néanmoins pour révéler en quelques semaines le souvenir d'espèces de Mammifères fossiles en nombre tel, qu'il dépasse déjà celui de plusieurs des sous-divisions de la série Tertiaire, et de beaucoup celui de toutes les autres roches secondaires prises ensemble !

Purbeck Inférieur. — Au-dessous de la mince bande de formation marine mentionnée p. 416, comme formant la base du Purbeck Moyen,

on trouve des marnes d'eau douce qui renferment des espèces de *Cypris* (fig. 313, a, b), des *Valvata* et des *Limnæa*, différentes de celles du Purbeck Moyen. Là, commence la division inférieure qui mesure 24 mètres d'épaisseur. Après ces marnes, à la

baie de Meup, on voit des lits d'eau saumâtre, épais de plus de 9 mètres, et qui abondent en une espèce de *Serpula*, alliée, sinon identique, à la *Serpula coacervites* des lits du même âge dans le Hanovre. On rencontre également dans ces couches marines, avec des *Cypris*, des coquilles du genre *Rissoa* (sous-genre *Hydrobia*) et un petit *Cardium* (sous-genre *Protocardium*). A l'extrémité ouest de l'île de Purbeck, quelques-uns des schistes à *Cypris* sont fortement contournés et brisés. Le grand lit de boue (*dirt bed*) qu'il me reste à décrire, ancien sol végétal où gisent des racines et des débris de Cycadées, est au-dessous de ces marnes, et repose sur le calcaire d'eau douce inférieur ; ce calcaire, qui a 2 mètres environ d'épaisseur, renferme des *Cyclas*, *Valvata* et *Limnæa* des mêmes espèces que celles de la partie supérieure du Pur-

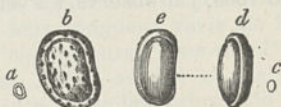


Fig. 313. — *Cypris* du Purbeck Inférieur.

a. *Cypris Purbeckensis*, E. Forbes.

b. La même grossie.

c. *Cypris punctata*, E. Forbes.

d, e. Deux vues de la même grossie.

beck Inférieur qui recouvre le lit de boue. A son tour, le calcaire d'eau douce surmonte les lits supérieurs de la *Pierre de Portland*, laquelle, malgré la nature exclusivement marine de ses fossiles, possède souvent des caractères minéralogiques tout à fait semblables à ceux du calcaire du Purbeck Inférieur.

Lit de boue ou sol ancien. — De toutes les séries de couches précédentes, la plus remarquable est celle que les carriers appellent *la boue* (*the dirt*) ou *boue noire* (*black dirt*); évidemment, elle a été jadis un sol végétal. Son épaisseur est de 30 à 45 centimètres; sa couleur est d'un brun noirâtre, ou plutôt noire; elle contient une forte proportion de lignite terreux. A travers la masse, sont disséminés des fragments de pierre arrondis et sous-anguleux, de 75 à 225 millimètres de diamètre, et en assez grand nombre pour constituer une espèce de gravier. En 1866, j'ai observé, à Portland, un très-petit lit de boue

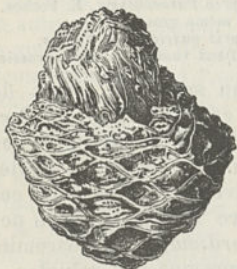


Fig. 314. — *Mantellia nidiformis*, Brong. La partie supérieure montre la tige ligneuse, et la partie inférieure la base des feuilles.



Fig. 315. — *Cycas circinalis*. Vivant dans les Indes orientales.

situé à 1^m80 au-dessous du lit principal; il avait 15 centimètres d'épaisseur et consistait en une terre brune

ayant des Cycadées debout, *Mantellia nidiformis* (fig. 314), pareilles à celles que l'on trouve dans le lit supérieur; il n'y avait pas de conifères. Le poids des couches supérieures pesant sur le lit de boue compressible a forcé les Cycadées à prendre la forme qui leur a fait donner par les carriers le nom de *lits pétrifiés d'oiseaux*, et par Brongniart celui de *nidiformes*. Je dois à l'obligeance de M. Carruthers le dessin de l'un de ces échantillons du Purbeck, dans lequel la forme cylindrique originelle a été moins contournée que de coutume par la pression. J'ajoute ici une figure du *Cycas* vivant pour donner à l'étudiant une idée de cette forme qui prédomine tant dans la végétation Mésozoïque.

Dans la couche, on trouve enfouis des troncs silicifiés de Conifères et des débris de plantes alliés aux *Zamia* et aux *Cycas*. Ces plantes ont dû être fossilisées sur l'emplacement même où elles ont végété : les troncs d'arbres sont en position verticale; leur longueur varie de 30 à 90 centimètres. Un d'entre eux mesurait plus de 1^m 80. Ces arbres ont leurs racines fixées au sol et ils sont aussi espacés les uns des autres que les arbres de nos forêts. La matière charbonneuse abonde immédiatement autour des troncs et enveloppe les restes des *Cycadées* fossiles.

Outre ces troncs en position verticale, le lit de boue contient des branches d'arbres silicifiés, en partie enfoncées dans la terre noire, et en partie enveloppées d'un schiste calcaire qui recouvre le lit de boue. Ces tronçons couchés ont rarement plus de 90 centimètres à 1 mètre 20 centimètres de longueur; mais, en réunissant plusieurs d'entre eux, on a pu restaurer quelques individus qui ont présenté, de la racine aux branches, une longueur de 7 mètres environ, avec tiges qui ne se ramifiaient qu'à une hauteur de 5 à 6 mètres. Le diamètre de ces tiges est ordinairement, près des racines, d'environ 30 centimètres. Mais, en 1866, j'en ai mesuré qui avaient plus d'un mètre de diamètre, et qui, au dire des carriers, étaient d'une grosseur inaccoutumée. M. Henslow a observé des cavités présentant la forme de racines et descendant du fond du lit de boue dans la pierre d'eau douce qui se trouve au-dessous; cette pierre, devenue

solide aujourd'hui, pouvait être molle et facile à pénétrer à l'époque où les arbres croissaient. Les lits minces de schiste calcaire (fig. 316) indiquent évidemment un dépôt tranquille, et ils eussent été horizontaux sans les saillies produites par les troncs d'arbres dont ils ont entouré les sommets de concrétions hémisphériques.

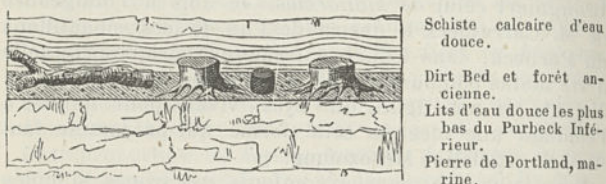


Fig. 316. — Coupe dans l'île de Portland, Dorset. (Buckland et De La Bèche.)

Le lit de boue n'est point limité à l'île de Portland, où il a été le plus soigneusement étudié; on le retrouve dans la même position relative le long des falaises est de Lulworth Cove, Dorsetshire; les couches ont été dérangées au point de subir une inclinaison de 45 degrés, et les troncs d'arbres se trouvent inclinés sous le même angle dans une direction transversale: c'est un bel exemple d'un changement de position de couches primitivement horizontales (fig. 317).

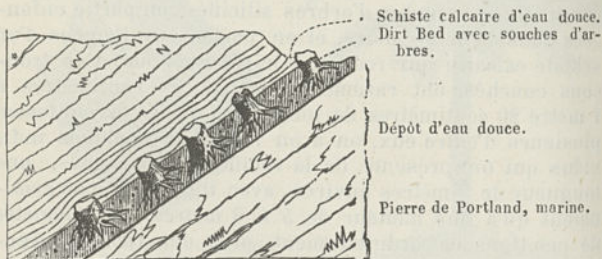


Fig. 317. — Coupe d'un rocher à l'est de Lulworth Cove (Buckland et De La Bèche.)

Des faits qui précèdent on peut déduire d'abord que les lits de l'Oolithe Supérieure, appelés le *Portland*, et qui sont remplis [de coquilles marines, furent dans le

principe recouverts de boue fluviatile; que cette boue, plus tard mise à sec, se couvrit de forêts dans toute l'étendue de l'espace qui constitue aujourd'hui le sud de l'Angleterre, et cela, à une époque où le climat permettait le développement des *Zamia* et des *Cycas*; qu'ensuite, le sol vint à baisser et fut submergé avec ses forêts par une masse d'eau douce où se déposa un sédiment avec coquilles fluviatiles. Enfin, la conservation régulière et uniforme de cette couche mince de terre noire, sur une étendue de plusieurs kilomètres, montre que la conversion du sol émergé en lac d'eau douce ou en estuaire ne fut accompagnée d'aucune dénudation violente ni d'aucune irruption des eaux, car la terre noire meuble, ainsi que les arbres qui gisent à sa surface, eussent été inévitablement entraînés, s'il fût survenu quelque catastrophe violente.

La forêt du lit de boue, ainsi qu'il a été dit déjà, n'a pas été partout la première végétation qui se soit développée dans cette région. Outre le lit inférieur contenant des Cycadées en position verticale, un autre lit se rencontre quelquefois au-dessus, ce qui implique de nombreuses oscillations dans le niveau de ce même terrain qui aurait été plusieurs fois occupé, puis abandonné par les eaux.

Sous-divisions du Purbeck. — Il est bon d'observer que la division du Purbeck en parties Supérieure, Moyenne et Inférieure, a été établie par le Professeur Forbes d'après le principe rigoureux de la distinction complète des espèces organiques qu'elles renferment. Les lignes de démarcation ne sont point des lignes de dislocation; elles ne sont pas non plus indiquées par aucuns changements frappants dans les caractères physique ou minéralogique. Les traits qui caractérisent les divisions du Purbeck, tels que les lits de boue, les couches disloquées de Lulworth et le lit de cendre (*Cinder Bed*), n'impliquent aucune interruption dans la distribution des êtres organisés. On doit chercher, dit ce naturaliste, les causes qui ont par trois fois opéré un changement complet de la vie pendant le dépôt des couches d'eau douce et d'eau saumâtre, non-seulement dans les transformations rapides ou instantanées du sol, alternativement submergé et exondé, mais encore dans le laps de temps

considérable qui s'est écoulé entre les époques de dépôt pendant certaines périodes de leur formation.

Chaque lit de boue peut rappeler, sans doute, bien des milliers d'années ou de siècles, car c'est à peine si les plus anciennes forêts des Tropiques laissent sur le sol qui les a portées soixante ou quatre-vingt-dix centimètres de terre végétale comme monument de leur existence. Toutefois, même en admettant que les sols fossiles du Purbeck Inférieur représentent une série de siècles aussi considérable, il ne faut pas s'attendre à les voir constituer des lignes de séparation entre des couches caractérisées par des types zoologiques différents. La conservation d'un lambeau de sol végétal, pendant que la submersion est en voie de se produire, doit être considérée comme une rare exception à la règle générale. Une couche d'une nature aussi peu consistante ne saurait manquer d'être enlevée par les vagues, les courants marins ou même les eaux de rivières; et, indépendamment des lits de boue qui subsistent encore, il s'en est probablement formé bien d'autres qui ont successivement disparu.

Les plantes trouvées jusqu'à présent dans les couches du Purbeck sont principalement des Fougères, des Conifères et des Cycadées (voir fig. 315). Il ne s'y rencontre pas d'Angiospermes; c'est une végétation plutôt Oolithique que Crétacée. Les animaux vertébrés et invertébrés y montrent plus d'affinités avec la période de l'Oolithe qu'avec celle de la Craie. M. Brodie a découvert dans le dépôt des restes de Coléoptères et de plusieurs insectes Homoptères et Neuroptères, dont quelques-uns vivent aujourd'hui sur les plantes et d'autres sont constitués de manière à voltiger à la surface de nos rivières.

Oolithe et sable de Portland (*b*, Tab. p. 411). — Nous avons déjà dit que l'Oolithe de Portland formait, dans le Dorsetshire, la base du calcaire d'eau douce du Purbeck Inférieur (voir p. 423). C'est cette division qui a fourni les pierres de Saint-Paul et des principaux édifices de Londres. Cette formation renferme environ cinquante espèces de mollusques, parmi lesquels se trouvent des Ammonites de grandes dimensions. On y rencontre souvent, mais rarement avec la coquille, le moule d'une uni-

valve spirale que les carriers appellent *Portland screw* (*vis de Portland*), (*a*, fig. 318). On y remarque aussi

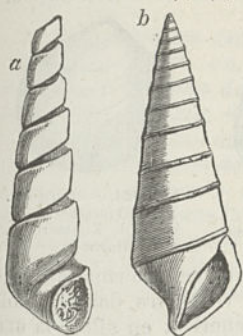


Fig. 318. — *Cerithium Portlandicum* (= *Terebra*), Sow.

a. Moule de la coquille connue sous le nom de *vis de Portland*.

b. La coquille elle-même.



Fig. 319. — *Isastræa oblonga*, M. Edw. et J. Haimé.

Convertie de sable de Portland en chert, Tisbury.

Trigonia Gibbosa (fig. 320) et *Cardium dissimile* (fig. 321). Ce membre supérieur repose sur une couche épaisse de



Fig. 320. — *Trigonia gibbosa*.

Demi-grandeur naturelle.

a. Charnière.

Pierre de Portland, Tisbury.



Fig. 321. — *Cardium dissimile*.

Un quart de grandeur naturelle.

Pierre de Portland.

sable, nommé *Sable de Portland*, qui renferme des fossiles marins semblables et surmonte l'argile de Kimmeridge. Ces formations Oolithiques Supérieures ne se rencontrent en Angleterre que dans les contrées du Sud; cependant on en trouve des lambeaux sur la côte du Yorkshire, au-dessous du Néocomien ou argile de Spee-

ton ; ils renferment plus de fossiles communs au Portlandien du Continent que n'en a la même formation du Dor-

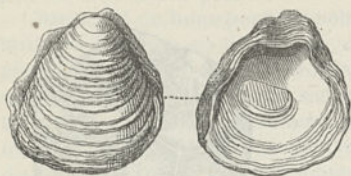


Fig. 322. — *Ostrea expansa*. Sable de Portland.



Fig. 323. — *Cardium striatulum*.
Argile de Kimmeridge,
Hartwell.

setshire. Les coraux sont rares dans cette formation, bien qu'une espèce abonde à Tisbury, Wiltshire, dans le sable de Portland, qui a été changé en chert et en silex, la matière calcaire primitive ayant été remplacée par de la silice (fig. 319).



Fig. 324. — *Ostrea deltoidea*.
Argile de Kimmeridge.
Un quart de grandeur naturelle.



Fig. 325. — *Gryphæa*
(*Exogyra*) *virgula*.
Argile de Kimmeridge.



Fig. 326.
Trigonellites latus,
Park. Argile
de Kimmeridge.

Argile de Kimmeridge.— Cette argile est en grande partie composée de schistes bitumineux qui fournissent parfois une houille impure ; son épaisseur est de plusieurs dizaines de mètres. En certains endroits du Wiltshire, elle ressemble à la tourbe ; la matière bitumineuse doit alors provenir, en partie du moins, de la décomposition de végétaux. Mais comme les empreintes de plantes sont rares dans ces schistes qui contiennent des Ammonites, des huîtres et autres coquilles marines, ainsi que des squelettes de poissons et de sauriens, le bitume peut bien avoir une origine animale. Dans le Dorsetshire, quelques

sauriens (*Pliosaurus*) comptent parmi les plus gigantesques de leur espèce.

Parmi les fossiles caractéristiques dont le nombre s'élève à près de 100, on peut citer le *Cardium striatulum* (fig. 323) et l'*Ostræa deltoidea* (fig. 324); ce dernier est répandu dans l'argile de Kimmeridge sur toute l'Angleterre et dans le Nord de la France, ainsi qu'en Écosse, où on le rencontre près de Brora. La *Gryphæa virgula* (fig. 325) se trouve dans la même argile près d'Oxford; elle est si abondante dans l'Oolithe Supérieure de France, que l'on a donné aux dépôts qu'elle forme le nom de *Marnes à Gryphées virgules*. Près de Clermont, en Argonne, à quelques kilomètres de Sainte-Menehould, ces marnes endurcies affleurent de dessous le Gault. J'ai vu les sillons creusés par la charrue littéralement couverts de ces huîtres fossiles. Le *Trigonellites latus* (*Aptychus* de quelques auteurs) (fig. 326) existe aussi dans cette argile en très-grande abondance. La véritable nature de ce corps en forme de coquille, dont on compte plusieurs espèces dans les roches oolithiques, n'est pas encore bien connue. Quelques géologues pensent que les deux valves constituent le gésier d'un céphalopode, et d'autres qu'elles forment un opercule bivalve du même animal.

Pierre de Solenhofen. —

La célèbre pierre lithographique de Solenhofen, en Bavière, appartient à l'une des divisions supérieures de l'Oolithe, et fournit un remarquable exemple de la variété des fossiles qui peuvent se conserver dans des circonstances favorables. Elle paraît être d'âge intermédiaire entre l'argile de Kimmeridge et le Coral Rag que nous allons décrire. On ne saurait imaginer avec quelle délicatesse sont rendues les empreintes des parties les plus tendres et les plus fragiles des animaux et des plantes, quand le sédiment qui les contient est d'une



Fig. 327. — Squelette de *Pterodactylus crassirostris*. Oolithe de Pappenheim, près Solenhofen.

L'os *a* composé de quatre articulations fait partie du cinquième doigt, prolongé pour supporter une aile.

grande finesse. Quoique le nombre des testacés et des plantes soit peu considérable dans ce schiste aux fossiles entièrement marins, le Comte Münster en avait déjà déterminé 237 espèces lorsque je vis sa collection en 1833 : j'y remarquai 7 espèces du Ptérodactyle ou lézard volant (fig. 327), 6 sauriens, 3 tortues, 60 espèces de poissons, 46 de crustacés et 26 d'insectes. Ces derniers, parmi lesquels est une Libellule, doivent avoir été emportés à la mer par le vent et provenaient probablement du même sol que les lézards volants et autres reptiles contemporains à respiration aérienne.

Le même schiste de Solenhofen a fourni en 1862 le magnifique exemple d'un squelette d'oiseau presque entier; ses plumes en étaient si bien conservées qu'on y voyait encore les barbes et le tuyau. On supposa d'abord que la tête manquait, mais M. Evans découvrit sur la plaque une empreinte qui paraissait être celle du crâne et du bec; celui-ci ressemblait beaucoup, par la forme et la grandeur, au bec du geai ou du coq de bruyère. Ce remarquable échantillon fait aujourd'hui partie du British Muséum, et a été dénommé par le professeur Owen, *Archæopteryx macrura*. Quoique les anatomistes s'accordent à prendre cet individu pour un véritable oiseau, ils trouvent cependant que, par la longueur de sa queue et par d'autres petits détails de structure, il approche bien plus des reptiles que d'aucun oiseau actuellement connu. Dans tous les représentants vivants de la classe des oiseaux, les plumes de la queue sont attachées à un os coccygien, formé de plusieurs vertèbres unies entre elles, tandis que dans l'*Archæopteryx* la queue se compose de vingt vertèbres, qui supportent chacune une paire de plumes à tuyau. Les cinq premières vertèbres seulement ont des apophyses transversales; les quinze autres, graduellement plus longues, vont ensuite en se raccourcissant. Les plumes divergent extérieurement de ces vertèbres suivant un angle de 45°.

Le Professeur Huxley, dans son dernier mémoire sur l'ordre des reptiles appelés Dinosauriens, qui sont largement représentés dans toutes les formations, depuis le Néocomien jusqu'au Trias inclusivement, a démontré que ces animaux présentent dans leur structure de nombreu-

ses affinités avec les oiseaux. Mais un reptile, d'environ 0^m 60 de long, appelé *Compsognathus*, que l'on a trouvé récemment dans le schiste de Stonesfield, se rapproche beaucoup plus de la classe des oiseaux qu'aucun Dinosauré; il forme, par conséquent, une liaison plus étroite entre la classe des oiseaux et des reptiles que ne le fait l'*Archæopteryx*.

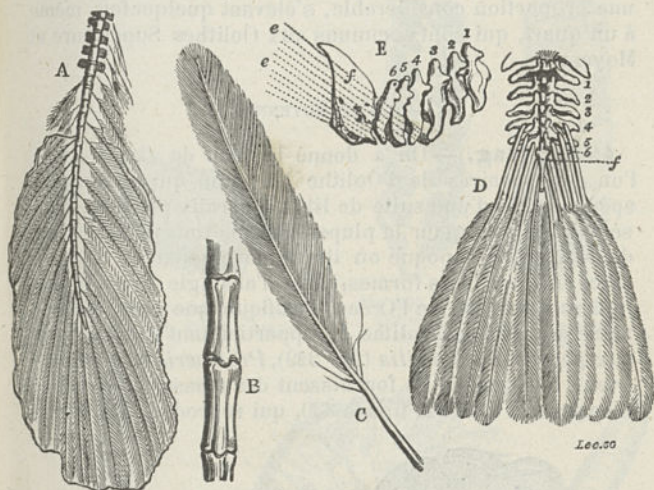


Fig. 328. — Queue et plume de l'*Archæopteryx*, de Solenhofen, et queue d'un oiseau vivant pour comparaison.

A Vertèbres caudales de l'*Archæopteryx macrura*, Owen; avec empreinte des plumes de la queue. Un quart de grandeur naturelle.

B Deux vertèbres caudales, grand. nat.

C Plume unique, trouvée, en 1861, à Solenhofen, par Von Meyer, et appelée *Archæopteryx lithographica*. Grandeur naturelle.

D Queue de vautour récent (*Gyps Bengalensis*) montrant les points d'attache des plumes de la queue dans les oiseaux vivants. Un quart de grandeur naturelle.

E Profil des vertèbres caudales du même animal. Un tiers de grandeur naturelle. *e, e* Direction des plumes de la queue, vues de profil; *f* l'os en soc de charrie ou large articulation terminale (représenté aussi en *f, D*)

Il paraît douteux qu'aucun fossile britannique appartenant à la classe des vertébrés, ou à celle des invertébrés, soit commun à l'Oolithe et à la Craie. Mais ce

grand hiatus que l'on observe dans la série des formations quand on les étudie dans l'ordre ascendant, ne se présente pas lorsqu'on procède dans l'ordre descendant et que l'on passe successivement d'un membre à un autre, en étudiant plusieurs divisions principales du groupe Jurassique, des Oolithes Supérieure, Moyenne, Inférieure et du Lias; car on trouve souvent des mollusques, dans une proportion considérable, s'élevant quelquefois même à un quart, qui sont communs aux Oolithes Supérieure et Moyenne.

OOLITHE MOYENNE.

Coral Rag. — On a donné le nom de *Coral Rag* à l'un des calcaires de l'Oolithe Moyenne qui se compose spécialement d'une suite de lits de coraux pétrifiés, conservant encore, pour la plupart, la position qu'ils avaient dans la mer à l'époque où ils se développaient. Ces coraux ont, par leurs formes, plus d'analogie avec les polypiers des récifs de l'Océan Pacifique que ceux d'aucun autre membre de l'Oolithe. Ils appartiennent généralement aux genres *Thecosmilia* (fig. 329), *Protoseris* et *Thamnastrea*; quelquefois ils fournissent des masses de 5 mètres d'épaisseur. Dans la figure 330, qui reproduit une *Tham-*

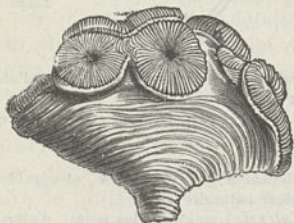


Fig. 329. — *Thecosmilia annularis*,
Milne Edw. et J. Haime.
Coral Rag, Steeple Ashton.



Fig. 330. — *Thamnastrea*.
Coral Rag, Steeple Ashton.

nastræa de cette formation, on remarque que les cavités en forme de coupe sont plus profondes sur le côté droit et le deviennent de moins en moins à mesure que l'on avance vers le côté gauche, où elles sont presque nulles. De ce côté, le développement paraît achevé, tandis que

de l'autre, il est encore incomplet. Ces couches de coraux s'étendent à travers les collines calcaires du N.-O. du Berkshire et au N. de Wilts, pour se montrer de nouveau dans le Yorkshire près de Scarborough. L'*Ostrea gregarea* (fig. 331) caractérise parfaitement cette formation en Angleterre et sur le Continent.



Fig. 331. — *Ostrea gregarea*.
Coral. Rag, Steeple Ashton.

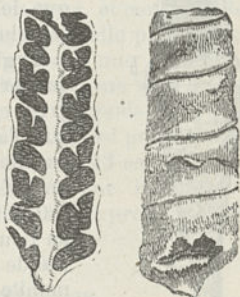


Fig. 332. — *Nerinea Goodhallii*,
Fitton, Coral Rag, Weymouth.
Demi grandeur naturelle.



Fig. 333.
Belemnites astatus
Oxford Clay.

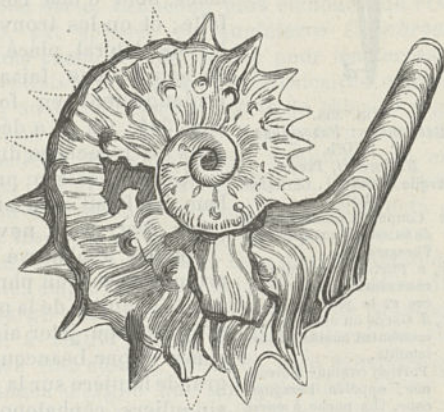


Fig. 334. — *Ammonites Jason*, Reinecke. (Syn., *A. Elizabethæ*, Pratt). Argile d'Oxford, Christian Malford. Wiltshire.

Un des calcaires du Jura, contemporain du Coral Rag

d'Angleterre, a été nommé par M. Thirria *Calcaire à Nérinées*. Les *Nérinées* constituent un genre éteint de coquilles univalves ressemblant beaucoup extérieurement au *Cerithium*. La coupe (fig. 332) montre la forme curieuse de la partie creuse de chaque tour de spire ainsi que le canal qui occupe le milieu de la columelle.

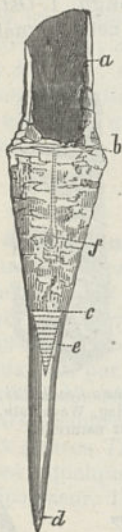


Fig. 335.

Belemnites Puzosianus,
d'Orb.

B. Owenii, Pierce.
Argile d'Oxford, Christian
Malford.

a Coupe du prolongement
de la coquille partant du
Phragmacone.

b, c Portion extérieure re-
couvrant la poche à en-
cre et le phragmacone.

c, d Garde ou osselet, com-
munément nommée le bé-
lemnite.

e Portion conique cloison-
née, appelée Phragma-
cone. (La poche à encre
est placée derrière la
surface extérieure de la
coquille.)

Argile d'Oxford. — Au-dessous du Coral Rag et des sables, appelés *grits calcaires*, de l'Oolithe Moyenne qui l'accompagne, on rencontre une couche épaisse d'argile nommée *Argile d'Oxford*, et qui atteint parfois 180 mètres d'épaisseur. Elle présente, au lieu de coraux, une grande quantité de céphalopodes des genres *Ammonite* et *Bélemnite* (fig. 333 et 334). Quand l'argile est très-fine, les *Ammonites*, quoique légèrement comprimées, sont d'une conservation parfaite; et on les trouve souvent avec le lobe latéral, placé de chaque côté de leur bouche, faisant une sorte de prolongement en forme de corne (fig. 334). On en a découvert en 1841 dans les tranchées du chemin de fer du Great Western, près de Chippenham. M. Pratt en a fait la description (*Ann. Nat. Hist.*, novembre 1841).

Mantell a observé de semblables prolongements du phragmacone dans des bélemnites de la même argile (fig. 335); il a pu jeter ainsi, par ce spécimen et par beaucoup d'autres, une grande lumière sur la structure de ces singuliers céphalopodes éteints (1).

Roche de Kelloway. — Le calcaire arénacé connu sous ce nom

(1) *Philos. Trans.*, 1850, p. 393. Voir Huxley, *Memoirs of Geol. Survey*, 1864; Phillips, *Paleont. Soc.*

est généralement considéré comme un membre de l'argile d'Oxford, dans laquelle il forme, au sud-ouest de l'Angleterre, des masses lenticulaires, d'une épaisseur de 2 à 3 mètres; elles contiennent à Kelloway, dans le Wiltshire, de nombreux moules d'ammonites et d'autres coquilles. Dans le Yorkshire, cette formation calcareo-arénacée atteint une épaisseur d'environ 9 mètres, et constitue la partie inférieure de l'Oolithe Moyenne; elle part de Scarborough dans l'intérieur du pays et suit une direction méridionale. Les mollusques qu'elle renferme sont au nombre de 143, suivant M. Etheridge, sur lesquels 34 ou 23 1/2 p. 100 sont communs à l'Argile d'Oxford proprement dite. Sur les 52 Céphalopodes, 15 (savoir, 13 espèces d'ammonite, l'*Ancyloceras Calloviense* et une Bélemnite) sont communs à l'Argile d'Oxford, dans une proportion de près de 30 p. 100.

OOLITHE INFÉRIEURE.

Cornbrash et Forest Marble. — La division supérieure de cette série, beaucoup plus étendue que l'Oolithe Moyenne, est appelée en Angleterre *Cornbrash*, comme étant une roche friable, bonne pour les terres à froment. Elle consiste en argile et grès calcaires, et passe inférieurement au Forest Marble, sorte de calcaire argileux, abondant en fossiles marins. Sur quelques points, comme à Bradford, ce calcaire est remplacé par une masse d'argile. Les grès du Forest Marble, dans le Wiltshire, sont souvent ondulés et remplis de fragments de coquilles et de tronçons de bois apportés par les eaux, ce qui indique une origine littorale. Ces plaques ondulées d'oolithe fossile, employées pour la toiture des bâtiments, couvrent une large zone du pays qui s'étend de Bradford, dans le Wilts, à Tetbury, dans le Gloucestershire. Ces pierres à tuiles (tile stones) calcaires sont séparées par de minces bandes d'argile qui ont pris leur forme et conservent une empreinte si parfaite des saillies et dépressions ondulatoires du sable, que l'on peut y distinguer encore la trace des pieds de petits animaux, probablement de crustacés. On y observe également des pinces de crabes, des fragments d'oursins, et d'autres ves-

tiges qui attestent le voisinage d'une plage ancienne (1).

Grande Oolithe (ou de Bath). — Quoique le nom de Coral Rag ait été réservé au membre le plus élevé de l'Oolithe Moyenne déjà décrite, quelques portions de l'Oolithe Inférieure méritent également, en plusieurs endroits, le nom de calcaires corallins. La Grande Oolithe, par exemple, près de Bath, qui renferme différents co-

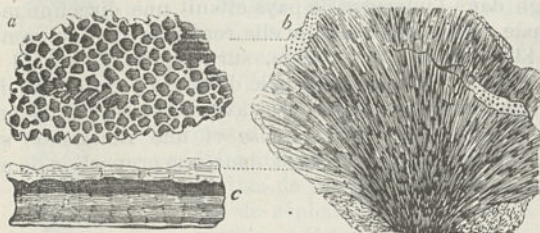


Fig. 336. — *Eunomia radiata*, Lamouroux (*Calamophyllia*, Milne Edw.).
a Coupe en travers des tubes. — *b* Coupe verticale, montrant le rayonnement des tubes. — *c* Portion de l'intérieur des tubes grossis, montrant une surface striée.

raux, parmi lesquels l'espèce remarquable, *Eunomia radiata* (fig. 336), forme des masses de plusieurs mètres de circonférence; ce développement a sans doute nécessité, comme pour les *Méandrines* actuelles des tropiques, une longue suite de siècles.

Différentes espèces de *Crinoïdes* sont aussi très-communes dans ces mêmes roches, et comme les coraux qui les accompagnent, elles ont dû croître sur un fond solide, sans être dérangées pendant bien des années (*e*, fig. 337). Ces fossiles sont presque toujours limités aux calcaires; on observe, cependant, une exception à Bradford, près de Bath, où ils sont enfouis dans de l'argile, épaisse quelquefois de 18 mètres. En cet endroit, la surface solide supérieure de la Grande Oolithe paraît avoir été couverte pendant un certain temps d'une épaisse forêt sous-marine, composée de ces magnifiques crinoïdes, et cet

(1) P. Scrope, *Geol. Proceed. Soc.*, mars 1831.

tat dura jusqu'au moment où l'eau limpide et tranquille fut envahie par un courant chargé de boue qui renversa les lits de pierre (crinoïdes) et brisa leurs tiges juste à fleur du sol. Les souches sont encore dans leur position

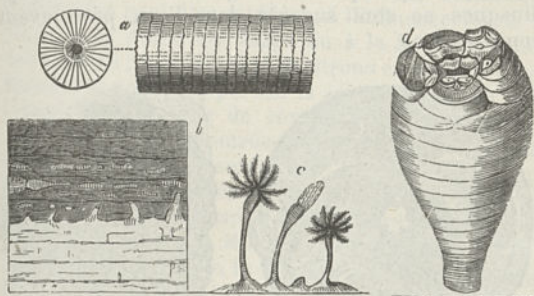


Fig. 337. — *Apiocrinites rotundus*, ou Encrinurite-poire; Miller. Fossile à Bradford, Wilts.

a Tige d'*Apiocrinites*, et l'une de ses articulations; grand. nat. — *b* Coupe, à Bradford, de la Grande Oolithe, et de l'argile qui la surmonte, avec encrinurites fossiles. — *c* Trois individus complets d'*Apiocrinites* représentés dans leur mode de croissance sur la surface de la Grande Oolithe. — *d* Corps d'*Apiocrinites rotundus*. Demi grandeur naturelle.

originelle, mais les nombreuses articulations qui formaient autrefois la tige, les rameaux et le corps de l'encrinurite, ont été disséminées au hasard dans le dépôt argileux. Cette disposition est figurée dans la coupe *b* (voy. la figure 337), où les teintes plus foncées représentent l'argile de Bradford, formation d'un développement si considérable qu'on ne peut aisément la séparer des argiles du Forest-Marble sus-jacent et de la terre à foulon sous-jacente. La surface supérieure du calcaire est complètement incrustée d'une sorte de réseau continu, formé par les racines pierreuses ou attaches des Crinoïdes; mais, outre cette preuve du séjour prolongé des zoophytes sur le sol calcaire, on trouve un grand nombre d'articulations ou plaques circulaires de la tige et du corps de l'Encrinurite, recouvertes de *Serpules*. Ces dernières n'ont pu commencer à se développer qu'après la mort de quelques Crinoïdes, dont les squelettes ont été disséminés sur

le lit de l'Océan, avant l'irruption de la boue argileuse. Quelquefois, on observe que les *Serpules* parasites, après leur entier développement, ont été recouvertes à leur tour par un polyzoaire nommé *Diastopora diluviana* (voir *b*, fig. 338), et que plusieurs générations de ces petits mollusques se sont succédé dans l'eau pure avant de devenir fossiles.

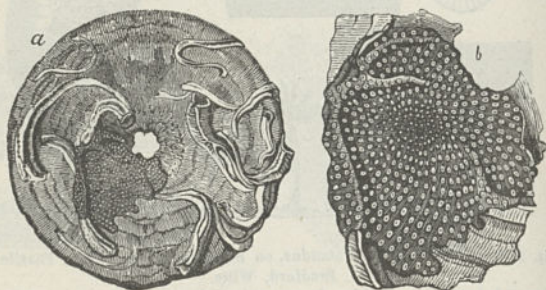


Fig. 338. — *a* Plaque détachée d'un *Apiocrinus*, à laquelle se sont fixées des *Serpules* et des *Polyzoaires*; grandeur naturelle. Argile de Bradford. — *b*. Portion de la même, grossie pour montrer le polyzoaire, *Diastopora diluviana* qui couvre l'une des *Serpules*.

De même que les pins et cycadées de l'ancien *lit de boue*, ou forêt fossile du Purbeck Supérieur, furent détruits par une submersion d'eau douce et bientôt ensevelis sous des sédiments boueux, de même on peut supposer avec raison qu'une invasion de la matière argileuse arrêta subitement la croissance des Encrinites de Bradford, et contribua à leur conservation dans des couches marines.

Les zoologistes expliqueraient ces différences entre les fossiles des dépôts calcaires et ceux des dépôts argileux par des différences correspondantes dans *les stations* des espèces; mais les variations qui existent entre les fossiles des séries supérieure, moyenne et inférieure de l'Oolithe doivent être attribuées à cette grande loi des changements dans la vie organique, suivant laquelle des ensembles distincts d'espèces ont été, pendant la succession des époques géologiques, appropriés aux conditions variées de la surface habitable du sol. Il serait difficile de décider,

par l'examen d'un seul district, jusqu'à quel point la limitation des espèces à de certaines formations plus restreintes peut être attribuée à l'influence locale des *stations*, à la durée du temps ou à la loi de création et de destruction ; mais nous admettons ce dernier genre d'influence si nous comparons la série Oolithique entière de l'Angleterre à celle de certaines parties du Jura, des Alpes et d'autres contrées éloignées, qui n'offrent guère entre elles de ressemblance lithologique ; et pourtant quelques-uns des mêmes fossiles restent respectivement particuliers, dans chacun de ces pays, aux formations de l'Oolithe Supérieure, Moyenne et Inférieure. M. Thurmann a remarqué combien le fait est vrai dans le Jura Bernois, bien que les divisions argileuses, si remarquables en Angleterre, y soient faiblement représentées, et que quelques-unes même y fassent absolument défaut.

La portion calcaire de la Grande Oolithe consiste en diverses roches coquillières, dont l'une surtout, l'Oolithe de Bath, est célèbre comme pierre de construction. « Dans quelques cantons du Gloucestershire, et particulièrement près de Minchinhampton, la Grande Oolithe, dit M. Lycett, doit s'être déposée dans une mer peu profonde où existaient de forts courants, car le caractère minéral du dépôt change souvent, et certaines couches montrent une fausse stratification. Sur d'autres points, on voit, parmi des amas de coquilles brisées, des galets étrangers aux roches du voisinage, avec fragments usés de madrépores, de bois dicotylédonés, et de pinces de crabes. Les couches coquillières ont aussi parfois subi une dénudation, et l'argile a remplacé les portions détachées. » Dans ces couches d'eau basse, on rencontre habituellement des coquilles des genres *Patella*, *Nerita*, *Rimula* et *Cylindrites* (fig. 341 à 344), tandis que les céphalopodes y sont rares, et qu'au lieu d'ammonites et de bélemnites, on y voit de nombreuses variétés de trachélipodes carnivores. Sur deux cent vingt-quatre espèces d'univalves qu'il a recueillies à Minchinhampton, M. Lycett en a compté jusqu'à cinquante qui sont carnivores. Elles appartiennent principalement aux genres *Buccinum*, *Pleurotoma*, *Rostellaria*, *Murex*, *Purpuroidea* (fig. 340) et *Fusus* ; c'est un ensemble de mollusques zoophages qui ne diffère pas beaucoup de

celui qu'on observe dans les mers de la période Récente. Ces résultats zoologiques sont d'autant plus curieux et imprévus que, jusqu'à présent, on croyait à l'absence complète de trachélipodes carnivores dans des roches

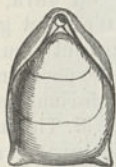


Fig. 339. — *Terebratula digona*, grandeur naturelle. Argile de Bradford.



Fig. 340. — *Purpuroïdea nodulata*; un quart de grandeur naturelle. — Grande Oolithe, Minchinhampton.



Fig. 341. — *Cylindrites acutus*, Sow. Syn., *Actæon acutus*. — Grande Oolithe, Minchinhampton.

aussi anciennes que la Grande Oolithe. On admettait que ces mollusques n'avaient commencé à paraître en grand nombre qu'à l'époque des formations Eocènes, après l'extinction des deux grandes familles de céphalopodes, les Ammonites et les Bélemnites, et après celle d'un grand nombre d'autres représentants de la même classe de coquilles cloisonnées.

Schiste de Stonesfield : mammifères. — M. Lons-



Fig. 342. — *Patella rugosa*, Sow. Grande Oolithe.

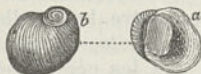


Fig. 343. — *Nerita costulata*, Desh. Grande Oolithe.



Fig. 344. — *Rimula (Emarginula) clathrata*, Sow. Grande Oolithe.

dale a démontré que le schiste de Stonesfield appartient à la base de la Grande Oolithe (1). C'est un calcaire co-

(1) *Proceed. Geol. Soc.*, vol. 1, p. 414.

quillier légèrement oolithique, qui forme de grandes masses lenticulaires, disséminées dans le sable sur 1 mètre 80 centimètres seulement de puissance, mais très-riches en débris organiques. Il contient des cailloux roulés provenant d'une roche de même nature que la formation; peut-être ces galets sont-ils tout simplement des parties du même dépôt qui seront venues se briser sur le rivage aux basses eaux où pendant les orages, et qui se seront ensuite stratifiées de nouveau. On rencontre dans ce schiste des bélemnites, des trigonies et autres coquilles marines, ainsi que des fragments de bois et des empreintes de fougères, de cycadées et d'autres plantes. Divers débris d'insectes y sont parfaitement conservés, des élytres de coléoptères, par exemple (fig. 345), dont quelques-uns sont très-voisins du genre *Buprestis*. On a découvert dans le même calcaire plusieurs sortes de reptiles, tels que *Plésiosaure*, *Crocodile* et *Ptérodactyle*.

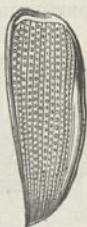


Fig. 345. — Élytre de *Buprestis*? Stonesfield.

Les fossiles remarquables qui donnent surtout de la célébrité au schiste de Stonesfield se rapportent à la classe des mammifères. Le lecteur se rappellera qu'avant la découverte du *Spalacotherium* des lits du Purbeck, en 1854, on n'avait pas encore trouvé d'ossements de quadrupèdes terrestres ou de cétacés dans aucune des roches aussi anciennes que l'Eocène. D'un autre côté, nous avons vu que les plantes terrestres n'étaient pas rares dans la formation Crétacée Supérieure (voir p. 382); et que dans le Weald, il existait évidemment sur une grande échelle un sédiment d'eau douce, renfermant différentes plantes et même d'anciens sols à végétaux. On rencontre aussi dans le Weald un grand nombre de reptiles terrestres et d'insectes ailés, ce qui y rend plus frappante encore l'absence de tout quadrupède terrestre. Une autre circonstance non moins remarquable, c'est l'absence totale d'ossements de baleines, de veaux marins, de dauphins et d'autres mammifères aquatiques dans la craie ou dans les Oolithes Supérieure et Moyenne.

Ces observations sont de nature à mieux faire compren-

dre au lecteur tout l'intérêt qui s'attache à la découverte, dans le schiste de Stonesfield (voir le tableau p. 421), de dix échantillons au moins de mâchoires inférieures de quadrupèdes mammifères, appartenant à quatre espèces et à trois genres distincts, nommés *Amphytherium*, *Phascolotherium* et *Stereognathus*.

Il est généralement admis aujourd'hui que ces débris appartiennent réellement à des mammifères (quoiqu'on ait d'abord supposé qu'ils pouvaient bien appartenir à des reptiles), et il ne reste qu'à décider si le mammifère



Fig. 346. — *Tupaia Tana*.
Branche droite de la mâchoire inférieure. Grandeur naturelle.
Mammifère placentaire, insectivore, récent, de Sumatra.

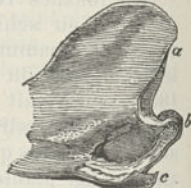
fossile trouvé dans l'Oolithe Inférieure de l'Oxfordshire doit être rapporté aux quadrupèdes marsupiaux ou bien à la série des placentaires ordinaires. Cuvier avait depuis longtemps fait remarquer dans la forme de l'apophyse angulaire (*c*, fig. 349 et 350) de la mâchoire inférieure,



Fig. 347. — L'extrémité vue de derrière, montrant la très-légère courbure de l'angle *c*.
Fig. 348. — La même vue de côté.



Fig. 349. — L'extrémité vue de derrière, montrant la courbure de l'angle de la mâchoire *c, d*.
Fig. 350. — La même vue de côté.



une particularité qui caractérise le genre *Didelphys*; le Professeur Owen a établi depuis que ce caractère s'appliquait à la série entière des marsupiaux. Chez tous ces quadrupèdes à poches, cette apophyse est dirigée en de-

dans, comme en *c*, *d*, figure 349, qui représente un opossum du Brésil, tandis que, dans la série placentaire, comme en *c* (figs. 347 et 348), cette inflexion est à peine marquée. La *Tupaia Tana* de Sumatra a été choisie comme exemple par M. Waterhouse, parce que les mâchoires de ce petit quadrupède insectivore offrent une grande ressemblance avec celles de l'*Amphytherium* de Stonesfield. En dégageant de sa gangue l'échantillon d'*Amphytherium*

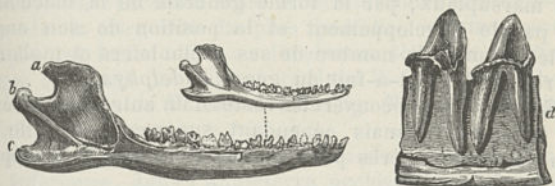


Fig. 351. — *Amphytherium Prevostii*, Cuv. Schiste de Stonesfield.
Syn. *Thylacotherium Prevostii*, Valenc.

a Apophyse coronoïde. — *b* Condyle. — *c* Angle de la mâchoire.
— *d* Molaires à doubles racines.

Prevostii, représenté ici (fig. 351), le Professeur Owen s'est assuré que l'apophyse angulaire (*c*) se courbait moins en dedans que chez aucun des marsupiaux connus; en somme, l'inflexion n'est pas plus prononcée que chez une taupe ou chez un hérisson. Cette circonstance rapprocherait l'*Amphytherium* des placentaires insectivo-



Fig. 352. — *Amphytherium Broderipii*, Owen.
Grandeur naturelle.
Schiste de Stonesfield.

Fig. 353. — *Phascototherium Bucklandi*, Broderip.
a Grandeur naturelle.
b Molaire du même grossie.

res, quoiqu'il offre, dans son squelette, quelques points d'analogie avec les marsupiaux, spécialement avec le *Myrmecobius*, petit quadrupède insectivore de l'Australie, qui a de chaque côté de la mâchoire inférieure neuf mo-

lares, une canine et trois incisives (1). Une autre espèce d'*Amphytherium* a été trouvée à Stonesfield (fig. 352); elle est surtout différente de la première en ce qu'elle est plus grande (fig. 351).

Le second genre de mammifères découvert dans les mêmes schistes a été nommé d'abord par M. Broderip *Didelphys Bucklandi* (voir fig. 353), puis par Owen *Phascototherium*. Il offre une ressemblance frappante avec les marsupiaux, par la forme générale de la mâchoire, et par le développement et la position de son angle infléchi; mais le nombre de ses prémolaires et molaires le rapproche tout-à-fait du genre *Didelphys* (2).

En 1854, on a découvert les restes d'un autre mammifère, de taille petite, mais cependant supérieure à celle de tous les mammifères précédemment connus de ce dépôt.



Fig. 354. — Portion d'un fruit fossile de *Podocarya Bucklandi*, Ung., grossi (Buckland, Bridgew. Treatise, pl. 63). Oolithe inférieure, Charmouth, Dorset.

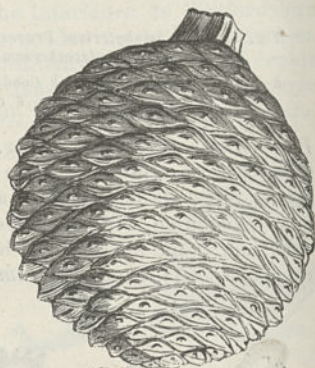


Fig. 355. — Cône fossile d'*Araucaria Spherocharpa*. Carr. Oolithe inférieure. Bruton, Somersetshire. Un tiers de diamètre de l'original qui fait partie de la collection du British Museum.

Ce spécimen de fossile, auquel on donna le nom générique de *Stereognathus*, consistait, comme c'est ordinairement le cas dans ces roches anciennes (voir ci-dessus,

(1) On peut voir une figure de ce *Myrmecobius* récent dans mes *Principes de géologie*, ch. ix.

(2) Owen, *Brit. Mus. Monographs*, n. 02.

p. 419) en une portion de mâchoire inférieure, dans laquelle étaient implantées trois dents à double racine, différant par leur structure de celles de tous les autres mammifères connus, d'espèce récente ou éteinte.

Plantes de l'Oolithe. — Les pins *Araucaria*, aujourd'hui si nombreux dans l'Australie et les îles voisines, ont été trouvés accompagner également les marsupiaux, en Europe, pendant la période Oolithique (voir fig. 355). On rencontre dans la même roche des endogènes de la structure la plus parfaite, comme, par exemple, les fruits alliés au *Pandanus*, tels que *Kaidacarpum ooliticum* de Carruthers dans la Grande Oolithe et le *Podocarya* de Buckland (voir fig. 354) dans l'Oolithe Inférieure.

Terre à foulon. — Entre la Grande Oolithe et l'Oolithe Inférieure, dans l'Angleterre occidentale, on trouve un dépôt argileux appelé *terre à foulon*, et qui manque absolument dans le nord de l'Angleterre; il abonde en petites huitres dont l'une est représentée figure 356. Le nombre des mollusques connus dans ce dépôt est d'environ 70, savoir : 50 Bivalves Lamellibranches, 10 Brachiopodes, 3 Gasteropodes, et 7 à 8 Céphalopodes.



Fig. 356.
Ostrea acuminata.
Terre à foulon.

Oolithe Inférieure. — Cette formation consiste en une pierre de taille calcaire, habituellement peu épaisse, mais qui atteint, en certains endroits, à Cheltenham et dans les Cotswolds de l'ouest, où son étendue peut être prise pour type, une épaisseur de 75 mètres. Elle repose quelquefois sur des sables jaunes, autrefois classés comme sables de l'Oolithe Inférieure, mais qui sont aujourd'hui regardés comme étant un membre du Lias Supérieur. Ces sables reposent à leur tour sur les argiles du Lias Supérieur, dans le sud et l'ouest de l'Angleterre. Le schiste de Collyweston, compris autrefois dans la classe de la Grande Oolithe, et que l'on supposait représenter, dans le Northamptonshire, le schiste de Stonesfield, est reconnu maintenant appartenir à l'Oolithe Inférieure, tant par la communauté des espèces que par sa position dans la série. En un mot, les couches de Collyweston offrent un caractère bien plus marin que

le schiste de Stonesfield. Néanmoins, l'une des plantes fossiles, l'*Aroides Stutterdi*, Carr., remarquable, de même que l'espèce Pandanacée déjà mentionnée (fig. 354), comme représentant la classe des monocotylédonés, est commune aux couches de Stonesfield dans l'Oxfordshire.



Fig. 357. — *Hemitelites Brownii*, Goepf. Syn. *Phlebopteris contigua*, Lind. et Hutt. Couches charbonneuses inférieures, schistes de l'Oolithe Inférieure, Gristhorpe, Yorkshire.

L'Oolithe Inférieure du Yorkshire consiste surtout en schiste et grès, qui offrent beaucoup l'aspect d'un vrai terrain houiller, car on y exploite, depuis plus d'un siècle, des couches minces de houille. Une riche moisson de fougères fossiles a été obtenue de cette formation, à Gristhorpe, près de Scarborough (fig. 357). Elle renferme aussi des Cycadées dont un magnifique échantillon a été décrit par M. Williamson sous le nom de *Zamia Gigas*; ainsi qu'un fossile appelé *Equisetum Columnare* (voir fig. 364, p. 450), qui se trouve en position verticale dans les couches de grès, sur une vaste étendue. Des coquilles d'*Estheria* et d'*Unio*, extraites de ces lits houillers par M. Bean, assignent au dépôt une origine d'estuaire ou fluviale.

A Brora, Comté de Sutherland, une formation charbonneuse, probablement contemporaine de la précédente, ou appartenant, du moins, à la Roche Kelloway, lit marin inférieur de la période Oolithique, a été largement exploitée comme mine pendant plus d'un siècle. C'est la couche de matière végétale la plus pure que l'on ait encore rencontrée dans une roche secondaire de l'Angleterre; on en a déjà extrait plus de 80,000 tonnes. Une

veine de charbon de bonne qualité s'y présente sur un mètre d'épaisseur, et il reste encore au-dessus du point exploité plusieurs mètres de houille pyriteuse. Le plancher de la houille est littéralement composé de coquilles marines telles que *Pholadomya*, *Trigonia*, *Goniomya*, *Pteroperna*, *Cerithium*, etc.



Fig. 358.
Terebratula fimbria,
Sow. Marne de l'Oolithe
Inférieure. Cotswold
Hills.



Fig. 359.
Rhynchonella spinosa,
Schloth.
Oolithe Inférieure.

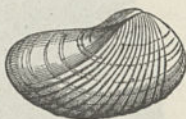


Fig. 360.
Pholadomya fidicula, Sow.
Un tiers de grandeur
naturelle.
Oolithe Inférieure.

Parmi les coquilles caractéristiques de l'Oolithe Inférieure, je citerai les *Terebratula fimbria* (fig. 358), *Rhynchonella spinosa* (fig. 359), et *Pholadomya fidicula* (fig. 360). Le genre éteint des *Pleurotomaria* est aussi une forme commune dans cette division comme dans tout le système

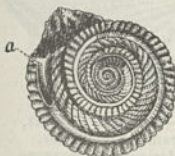


Fig. 361. *Pleurotomaria*
granulata, Sow.
Oolithe ferrugineuse. Nor-
mandie. Oolithe Inférieure,
Angleterre. Vue de des-
sous.



Fig. 362. *Pleurotomaria*
ornata, Es. Sow.
Oolithe Inférieure.
Un tiers de grandeur
naturelle.

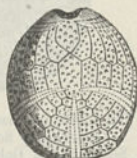


Fig. 363. *Collirytes*]
(*Disaster*) *ringens*,
Agass.
Oolithe Inférieure.
Un tiers de grandeur
naturelle.

Oolithique en général. Par sa forme, ce genre ressemble au *Trochus*, mais il porte sur un côté de la bouche une fente profonde (a, figs. 361, 362). Le *Collirytes* (*Disaster*) *ringens* (fig. 363) est un Echinoderme commun à l'Oolithe Inférieure d'Angleterre et de France, de même que les

deux Ammonites dont nous donnons ici les figures (figs. 364, 365).

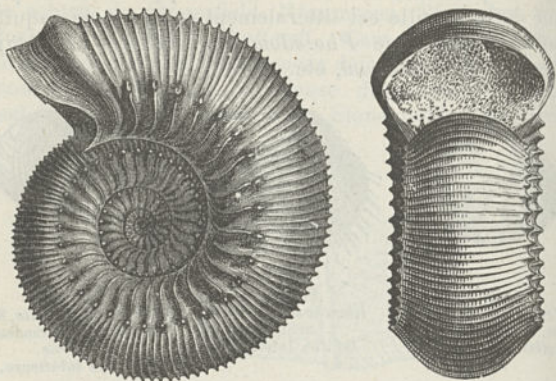


Fig. 364. — *Ammonites Humphresianus*, Sow, Oolithe Inférieure.



Fig. 365. — *Ammonites Bratkenridgii*, Sow. Oolithe, Scarborough, Oolithe Inférieure. Dundry, Calvados, etc.

Fig. 366. — *Ostrea Marshii*.
Demi grandeur naturelle.
Oolithes Inférieure et Moyenne.

Rapports paléontologiques des couches Oolithiques. — On a déjà fait des observations, p. 434, sur les caractères qui distinguent les restes organiques des couches Oolithiques de ceux des couches Crétacées, et sur la proportion des espèces communes aux différents membres de l'Oolithe. Il existe une lacune un peu plus grande entre l'Oolithe Inférieure et le Lias, car sur 256 mollusques du Lias Supérieur, 37 espèces seulement passent au-dessus dans l'Oolithe Inférieure.

Concernant les coquilles occupant une grande place dans le sens vertical, on constatera que l'on connaît en Angleterre quelques espèces seulement qui montent de l'Oolithe Inférieure à l'Oolithe Supérieure; ce sont : *Rhynchonella obsoleta*, *Lithodomus inclusus*, *Pholadomya ovalis*, et *Trigonia costata*.

Entre toutes les Ammonites Jurassiques de la Grande Bretagne, la *A. Macrocephalus* (fig. 367), commune à la grande Oolithe et à l'Argile d'Oxford, est celle qui est le plus répandue.

Nous avons toute raison de conclure que les hiatus qui se présentent, soit dans les plus grandes, soit dans les plus petites divisions des Oolithes Anglaises, impliquent des intervalles de temps, représentés ailleurs par des couches fossilifères, quoiqu'il n'existe en Angleterre aucun dépôt de ce genre. Cette conclusion se trouve confirmée, même dans ce dernier pays, par l'étendue limitée de la plupart des divisions les plus petites et les plus grandes de ces Oolithes.



Fig. 367. — *Ammonites macrocephalus*.
Schloth. Un tiers de
grandeur naturelle.
Grande Oolithe
et Argile d'Oxford.

CHAPITRE XX

GRUPE JURASSIQUE (*suite*). — LIAS.

Caractère minéralogique du Lias. — Nombreuses zones successives dans le Lias, marquées par des fossiles distincts, sans discordance dans la stratification ou sans modification dans le caractère minéralogique des dépôts. — Calcaire à Gryphées. — Coquilles du Lias. — Poissons du Lias. — Reptiles du Lias. — Ichthyosaure et Plésiosaure. — Reptile marin des îles Galapagos. — Destruction et enfouissement subits des animaux fossiles dans le Lias. — Couches fluvio-marines dans le Gloucestershire, et calcaire à insectes. — Plantes fossiles. — Origine de l'Oolithe et du Lias, ainsi que des formations alternantes calcaires et argileuses.

Lias. — Le nom de Lias, usité dans certaines provinces d'Angleterre, a été généralement adopté pour désigner une formation de calcaire argileux, de marne et d'argile, qui constitue la base de l'Oolithe et que plusieurs géologues ont comprise dans ce groupe. L'un des traits les plus caractéristiques du Lias en Angleterre, en France et en Allemagne, c'est une alternance de petites bandes argileuses et minces d'un calcaire bleu ou gris dont la surface, exposée à l'air, se colore légèrement en brun, ce qui donne de loin aux carrières exploitées dans cette roche une apparence rubannée.

En Angleterre, le Lias a été divisé en trois groupes, Supérieur, Moyen et Inférieur. Le Lias Supérieur consiste, par places, premièrement en sables qui furent d'abord regardés comme la base de l'Oolithe, mais qui, suivant le docteur Wright, à en juger par leurs fossiles, sont plus convenablement rapportés au Lias; secondement, en schiste argileux et en lits minces de calcaire. Le Lias Moyen, ou série de marne dure, a été divisé en trois zones; et le Lias Inférieur, d'après les travaux des Quenstedt, Oppel, Stric-

kland, Wright et autres, en sept zones, qui se distinguent les unes des autres par leurs fossiles particuliers. Ce Lias Inférieur mesure une épaisseur de 180 à 270 mètres.

Le Professeur Ramsay fait observer que toutes ces divisions se présentent d'une manière constante depuis le Comté de Devon jusqu'à celui d'York ; et nous ne pouvons pas affirmer qu'il existe actuellement, de la base au sommet de ces formations, aucune discordance entre deux divisions quelconques, de la plus grande ou de la plus petite dimension.

L'ensemble du Lias Anglais a fourni jusqu'à ce jour environ 1,000 espèces de mollusques, sur lesquelles 267 appartiennent à la classe des Céphalopodes, et dont plus des deux tiers sont des Ammonites, des Nautilus et des Bélemnites. Toute la série a été divisée en zones caractérisées par des Ammonites particulières, et tandis que d'autres familles de coquilles passent d'une division à une autre en nombres variant de 20 à 50 pour cent environ, ces céphalopodes sont presque toujours limités à des zones uniques, ainsi que l'ont démontré Quenstedt et Opper pour l'Allemagne, et le Docteur Wright pour l'Angleterre.

Comme on ne connaît pour le moment aucune discordance de la base du Lias Inférieur au sommet du Lias Supérieur, et qu'il paraît exister dans ces formations une uniformité générale dans le caractère minéralogique de presque toutes les couches, il est un peu difficile d'expliquer les lacunes, même partielles, que nous avons signalées dans la succession des espèces, si l'on n'admet pas que les espèces anciennes ont été détruites chaque fois, à la fin du dépôt de certaines roches qui les contiennent, et remplacées par des formes nouvelles créés au commencement de la formation suivante. D'accord avec le Professeur Ramsay, je n'accepte pas cette dernière hypothèse. Sans doute, quelques espèces anciennes ont accidentellement disparu, sans laisser de représentants en Europe ou ailleurs ; d'autres ont été localement détruites par les espèces qui envahissaient leur ancien domaine et contre lesquelles elles ont dû lutter pour conserver leur existence, ou par des variétés mieux conformées pour un nouvel état de choses ; mais il est aussi probable qu'il y a eu de longues suspensions dans le dépôt des couches, — sus-

pensions qui ont donné le temps à la vie organique, lentement remaniée par les changements et par l'extinction de quelques formes originelles, de se modifier sur de vastes étendues.

Fossiles du Lias. — On a quelquefois donné au Lias Inférieur le nom de *calcaire à Gryphées* à cause du grand nombre de coquilles du genre *Gryphæa*, qu'il renferme (fig. 369). Une grosse coquille, l'*Hippopodium* (fig. 372), voisine de la *Cypricardia*, caractérise également

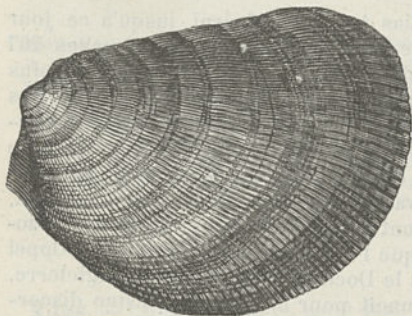


Fig. 368. — *Plagiostoma (Lima) gigantea*, Sow.
Oolithe inférieure et Lias.



Fig. 369. — *Gryphæa incurva*, Sow.
(*G. arcuata*, Lam.). Lias.



Fig. 370. — *Avicula inaequalis*, Sow.
Oolithe inférieure et Lias.

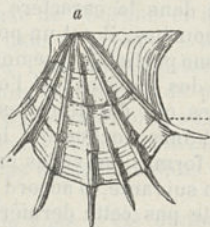


Fig. 371. — *Avicula cygnipes*, Phil. Lias.
Comtés de Gloucester et d'York.
a Valve inférieure — b. Valve supérieure.



la portion supérieure du Lias Inférieur. On rencontre aussi dans cette formation les *Aviculas* (figs. 370 et 371). Le Lias Supérieur est aussi remarquable en ce qu'il constitue la plus nouvelle des roches secondaires où l'on

trouve les deux genres, de brachiopodes *Spirifer* et *Leptaena* (figs. 373 et 374), quoique les premiers présentent une structure assez modifiée pour constituer le sous-

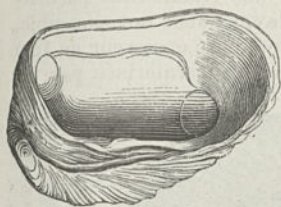


Fig. 372. — *Hippopodium ponderosum*, Sow. 1/4 de diamètre. Lias, Cheltenham.



Fig. 373. — *Spiriferina (spirifera) Walcotii*, Sow. Lias inférieur.

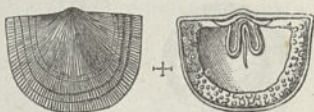


Fig. 374. — *Leptæna Moorei*, Sow. Lias Supérieur, Ilminster.

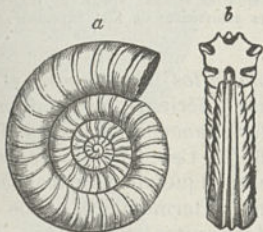


Fig. 375. — *Ammonites Bucklandi*, Sow. » *bisulcatus*, Brug. Un-huitième du diamètre de l'original.

a Vue de côté — *b* Vue de face, montrant la bouche et la carène bisulquée. Coquille caractéristique de la portion inférieure du Lias d'Angleterre et du Continent.



Fig. 376. — *A Planorbis*, Sow. Moitié du diamètre de l'original. Coquille de la base du Lias Inférieur d'Angleterre et du Continent.

genre *Spiriferina* de Davidson, et que les *Leptæna* soient réduits à n'avoir qu'une coquille plus petite qu'un pois.

M. Davidson a compté dans cette formation du Lias jusqu'à huit ou neuf espèces de Spiriferina.

Nous avons déjà fait allusion, p. 453, à de nombreuses zones du Lias caractérisées par des Ammonites particulières à chacune d'elles. Deux de ces zones ont ensemble, près de la base du Lias Inférieur, une épaisseur de 12 à 24 mètres. La zone Supérieure est caractérisée par les



Fig. 377.
Nautilus truncatus,
Sow. Lias. Un sixième
de grandeur naturelle.

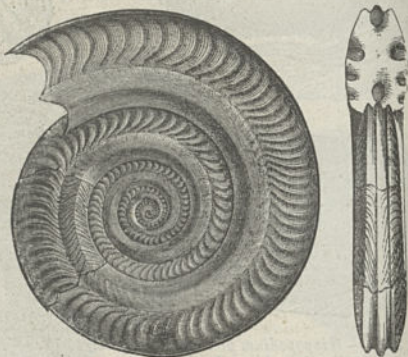


Fig. 378. — *Ammonites bifrons*, Brug. A. Walcott,
Sow. Argiles schisteuses du Lias Supérieur.



Fig. 379. — *Ammonites margaritatus*,
Montf. Syn. : *A. Stokesii*, Sow.
A. Clevelandicus. Y. et B. Lias
Moyen.



Ammonites Bucklandi, et la zone inférieure par l'*Ammonites Planorbis* (voir figs. 375, 376) (1). Cependant on rencontre quelquefois une troisième zone intermédiaire, celle de l'*Ammonites Angulatus*, qui équivaut à la zone appelée Infra-Lias sur le Continent, et dont les espèces sont pour la plus grande partie communes au groupe supérieur caractérisée par *A. Bucklandi*.

Parmi les crinoïdes ou lis de pierre (stone-lilies) du

(1) *Quart. Journ.*, vol. XVI, p. 376.

Lias, les *Pentacrinus* sont remarquables (voir fig. 380). Dans les couches du Lias Moyen du Dorsetshire et du Yorkshire, on a découvert de magnifiques échantillons du *Palæocoma* (*Ophioderma*) *tenuibrachiata* (fig. 381), que l'on peut rapporter aux *Ophiaridæ* de Muller.

L'*Extracrinus Briareus* (que le Major Austin a séparé des *Pentacrinus*, d'après des différences génériques) forme dans le Lias Inférieur des Comtés de Dorset, de Gloucester et d'York, des masses entremêlées, quelquefois attachées à des bois flottants, ou constituant des lits minces d'une étendue considérable. Ces débris fossiles sont souvent fortement chargés de pyrites. L'*Extracrinus*, avec ses énormes bras tentaculaires, paraît s'être fréquemment fixé aux bois de transport de la mer Liasique, de la même manière que les Balanes flottantes de nos jours. Il existe



Fig. 380. — *Extracrinus* (*Pentacrinus*) *Briareus*, Miller. Demi grandeur naturelle (corps, bras et partie de la tige). Lias Inférieur, Lyme Regis.

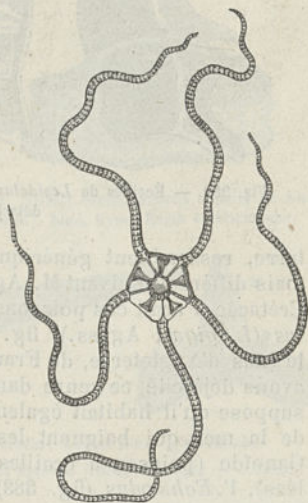


Fig. 381. — *Palæocoma* (*Ophioderma*) *tenuibrachiata*, E. Forbes. Lias Moyen, Seatown, Dorset.

dans le Lias une autre espèce d'*Extracrinus* et plusieurs espèces de *Pentacrinus*; ce dernier genre se ren-

contre dans presque toutes les formations, depuis le Lias jusqu'à l'Argile de Londres inclusivement. Il est représenté dans les mers actuelles par le rare et délicat *Pentacrinus caput Medusæ* des Antilles ; et celui-ci est peut-être, avec la Comatula, l'un des quelques survivants peu nombreux de l'ancienne famille des Crinoïdes, qui est si largement représentée par un grand nombre de genres éteints dans les formations anciennes. En 1870, M. Gwyn Jeffreys a retiré par la drague une nouvelle espèce de *Pentacrinus* d'une profondeur de 1,971 mètres, en vue des côtes du Portugal ; il lui a donné le nom de *P. Wyville-Thomsoni* (1).

Poissons du Lias. — Les poissons fossiles du Lias, dont on ne connaît pas moins de 120 espèces en Angle-

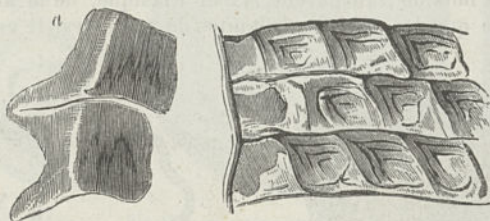


Fig. 382. — Écailles du *Lepidotus gigas*, Agass. — a Deux écailles détachées.

terre, ressemblent génériquement à ceux de l'Oolithe, mais différent, suivant M. Agassiz, de ceux de la période Crétacée. Parmi ces poissons est une espèce de *Lepidotus* (*L. gigas*, Agass.), fig. 382, que l'on trouve dans le Lias d'Angleterre, de France et d'Allemagne (2). Nous avons déjà cité ce genre dans le Weald (p. 403) et l'on suppose qu'il habitait également les rivières et les eaux de la mer qui baignent les côtes. Un autre genre de Ganoïde (poisson à écailles dures, brillantes et émailées), l'*Æchmodus* (fig. 383) est presque exclusivement Liasique. Les dents d'une espèce d'*Acrodus* abondent aussi dans le Lias Inférieur (fig. 384).

Mais les débris de poissons qui ont le plus vivement

(1) Wyville Thomson, *Profondeurs de la mer*, p. 442.

(2) Agassiz, *Poissons fossiles*, vol. II, tab. 28, 29.

excité l'attention, sont de grosses épines osseuses appelées *Ichthyodorulites* (a, fig. 385), que certains natura-

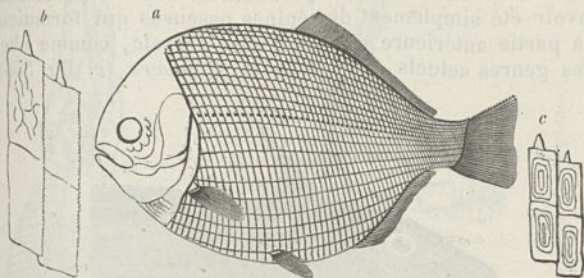


Fig. 383. — a *Echmodus*. Contour du corps restauré. — b Écailles de l'*Echmodus Leachii*. — c Écailles du *Dapedius monilifer*.



Fig. 384. — *Acrodus nobilis*, Agass. (Dent); communément appelé, en Angleterre, *fossil leech* (sangue fossile). Lias, Lyme Regis et Allemagne.

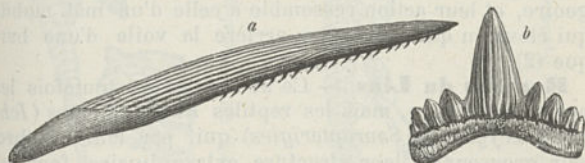


Fig. 385. — *Hybodus reticulatus*, Agass. Lias, Lyme Regis.
a Portion de nageoire, communément appelée *ichthyodorulite* — b Dent.

listes ont regardées comme appartenant à des mâchoires et d'autres comme une sorte d'arme analogue à celle du *Balistes* et du *Silurus* actuels; mais M. Agassiz a démontré l'erreur des deux opinions. En effet, dans ces deux derniers genres, les épines auxquelles on voulait

assimiler ces débris s'articulent avec la colonne vertébrale, tandis qu'il n'existe aucune trace d'articulation semblable dans les Ichthyorodulites. Ceux-ci paraissent avoir été simplement des épines osseuses qui formaient la partie antérieure de la nageoire dorsale, comme chez les genres actuels *Cestracion* et *Chimæra* (a, fig. 386).

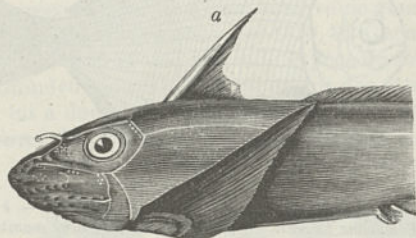


Fig. 386. — *Chimæra monstrosa* (1). — a Épine qui formait la partie antérieure de la nageoire dorsale.

Dans ces deux derniers genres, de même que dans l'*Hybodus* fossile (fig. 385), poisson placé de la famille des Requins, trouvé à Lyme Regis, la face concave, postérieure, est armée de petites épines simplement engagées dans les chairs et attachées à des muscles très-forts. « Elles servent, dit le docteur Buckland, comme chez la *Chimère* (fig. 386), à lever et à baisser la nageoire, et leur action ressemble à celle d'un mât mobile qui élève ou qui abaisse en arrière la voile d'une barque (2). »

Reptiles du Lias. — Ce ne sont point toutefois les poissons fossiles, mais les reptiles *Enaliosauriens* (*Ichthyopterygies* et *Sauropterigies*) qui, par leur nombre, leur grosseur et leur structure extraordinaire, fournissent le trait le plus saillant des débris organiques du Lias. Parmi les plus singuliers de ces animaux, on observe plusieurs espèces d'*Ichthyosauri* et de *Plesiosauri* (figs. 387, 388, p. 459). Ces genres ne sont pas limités à cette formation; on les a rencontrés jusque dans les couches

(1) Agassiz, *Poissons fossiles*, vol. III, tab. C, fig. 1.

(2) *Bridgewater Treatise*, p. 290.



Fig. 387. — Squelette d'*Ichthyosaurus communis*, restauré par Conybeare et Cuvier.
a Vertèbres costales.

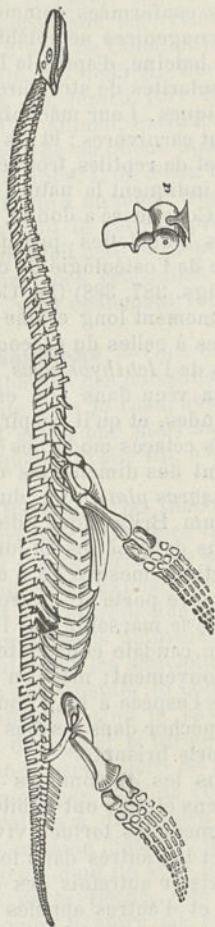


Fig. 388. — Squelette de *Plesiosaurus dolichodirus*, restauré par W.-D. Conybeare.
a Vertèbres cervicales.

de la Craie Blanche d'Angleterre et dans le Trias d'Allemagne, formation qui succède immédiatement au Lias

dans l'ordre descendant. Il est évident, d'après leurs vertèbres conformées comme celles des poissons, d'après leurs nageoires semblables à celles d'un marsouin ou d'une baleine, d'après la longueur de la queue et d'autres particularités de structure, que les Ichthyosaures étaient aquatiques. Leur mâchoire et leurs dents montrent qu'ils étaient carnivores; et les restes à moitié digérés de poissons et de reptiles, trouvés dans l'intérieur de leur squelette, indiquent la nature précise de leur alimentation.

M. Conybeare a donné, en 1824, après examen de plusieurs squelettes presque complets, une restauration idéale de l'ostéologie de ce genre et de celle du *Plesiosaurus* (figs. 387, 388) (1). Ce dernier animal avait un cou extrêmement long et une tête très-petite, des dents semblables à celles du crocodile, et des rames analogues à celles de l'*Ichthyosaurus*, mais plus grandes. On suppose qu'il a vécu dans des estuaires ou dans des mers peu profondes, et qu'il respirait à l'air comme l'Ichthyosaure et nos cétacés modernes (2). Quelques-uns de ces reptiles avaient des dimensions colossales. Un squelette d'*Ichthyosaurus platyodon*, du Lias de Lyme, aujourd'hui au Muséum Britannique, doit avoir appartenu à un animal de plus de 7 mètres de long; un *Plesiosaurus*, de la même collection, mesure de 5 à 6 mètres. La forme de l'Ichthyosaure porte à croire que l'animal fendait les flots comme le marsouin, car il avait, outre ses rames, une nageoire caudale construite pour être un organe puissant de mouvement; mais on suppose que le Plésiosaure, du moins l'espèce à long cou (fig. 388), était conformé plutôt pour pêcher dans les bas fonds et dans les baies, à l'abri des forts brisants.

Tous les anatomistes admettent aujourd'hui que ces sauriens éteints ont habité la mer, et que, de même qu'actuellement les tortues vivent les unes dans les eaux douces, et les autres dans les eaux de la mer, de même il a dû exister autrefois des sauriens propres aux eaux salées, et d'autres appelés à vivre dans l'eau douce. On sait que le crocodile commun du Gange fréquente indif-

(1) *Geol. soc. Transact.*, 2^e série, vol. I, p. 49.

(2) Conybeare et de la Bèche, *Geol. Trans.*, 1^{re} série, vol. V., p. 559; et Buckland, *Bridgew. Treat.*, p. 203.

fèrement cette rivière ou les eaux saumâtres et salées qui avoisinent son embouchure. Il paraît aussi que des crocodiles vivent en grand nombre dans les rivières de l'Isla de Pinos (île des Pins), au sud de Cuba, et dans la mer ouverte, autour de cette île. En 1835 M. Darwin a découvert, aux îles Galapagos, un lézard fort curieux (*Amblyrynchus cristatus*) (1). Cet animal, exclusivement marin, nage facilement au moyen de sa queue aplatie, et se nourrit surtout de plantes marines. L'un d'eux fut jeté dans la mer après avoir été attaché à un poids très-lourd qui le retint au fond, et lorsqu'on le retira après une heure d'immersion, il était tout à fait actif et dispos.

Les familles des Dinosauriens, des crocodiles et des Ptérosauriens ou reptiles ailés, sont également représentées dans le Lias.

Destruction subite des Sauriens. — On a observé, et avec raison, qu'un grand nombre des poissons et des sauriens, trouvés à l'état fossile dans le Lias, avaient dû être ensevelis immédiatement après une mort subite, et que l'œuvre de destruction, quelle qu'elle fût, s'était répétée plusieurs fois.

« Rarement, dit le docteur Buckland, on rencontre un seul os et une seule écaille, dérangés de la place qu'ils occupaient du vivant de l'animal; il n'en serait pas de même si les corps de ces êtres étaient restés exposés seulement pendant quelques heures, soit à la putréfaction, soit à la voracité des poissons ou d'autres petits animaux, dans le fond de la mer (2). » Non-seulement les squelettes d'ichthyosaures sont entiers, mais quelquefois le contenu de leur estomac subsiste intégralement dans la cavité thoracique, si bien que l'on peut distinguer la forme des excréments et reconnaître l'espèce particulière de poissons dont ils se nourrissaient. Il n'est pas rare de rencontrer des lits entiers de ces coprolites à différentes profondeurs dans le Lias, et, à une certaine distance, des squelettes entiers des lézards marins dont ils sont provenus. « On supposerait, dit Sir H. de la Bèche, que le fond boueux de la mer a reçu de temps à autre de petits apports subits de matières qui auront couvert les copro-

(1) Darwin, *Voyage d'un Naturaliste*, p. 385; Murray.

(2) Bridgew. *Treat.*, p. 135.

lites et autres débris accumulés durant chaque intervalle (1). » Nous verrons, plus loin, qu'à Lyme Regis, la surface seule des lits de coprolites déposés au fond de la mer a subi par l'action de l'eau une décomposition partielle, avant que ceux-ci fussent recouverts et protégés par le sédiment boueux qui les a plus tard enveloppés pour toujours.

On a aussi rencontré dans le Lias Inférieur de Lyme de nombreux échantillons de Calmar ou Encornet (*Geoteuthis Bollensis*), ainsi que des poches à encre encore gonflées et contenant de la matière noire desséchée : cette matière se compose principalement de carbone, et se trouve légèrement imprégnée de carbonate de chaux. Ces céphalopodes dibranches ont donc été, comme les sauriens, enfouis subitement dans les sédiments ; car, s'ils fussent restés longtemps exposés aux agents extérieurs après leur mort, la membrane qui renferme l'encre se serait bientôt altérée (2).

Nous savons que les poissons de rivière sont quelquefois suffoqués, même dans leur propre élément, par l'eau boueuse des inondations ; et l'on ne saurait douter que la décharge périodique de grandes masses d'eau douce trouble dans la mer ne soit encore plus fatale aux tribus marines. J'ai fait voir dans les *Principes de Géologie* que de grandes quantités de boue et d'animaux noyés avaient été entraînées à la mer pendant des tremblements de terre, comme à Java en 1699 ; j'ai raconté aussi que des multitudes de poissons morts étaient venues flotter à la surface, après le dégagement des vapeurs pernicieuses produites par ces convulsions. Mais, durant les intervalles qui se sont écoulés entre les catastrophes de ce genre, des couches ont pu s'accumuler lentement dans la mer du Lias, et quelques-unes de ces couches ont pu être formées principalement de coquilles appartenant à une seule espèce d'ammonite ou de gryphite.

Dépôts d'eau douce. — Lits à insectes. — On peut conclure de ce qui précède que le Lias est en grande partie un dépôt marin. Toutefois, quelques membres de la série présentent un caractère d'estuaire, et doivent

(1) *Geological Researches*, p. 334.

(2) Buckland, *Bridgew. Treat.*, p. 397.

s'être formés sous l'influence de rivières. A chacune des bases du Lias Inférieur et du Lias Supérieur, on rencontre presque partout des lits à insectes, dans les districts de l'intérieur et du sud-ouest de l'Angleterre. Ces lits sont remplis de débris d'insectes, de petits poissons et de crustacés mêlés, en plusieurs endroits, à des coquilles marines. Dans le Gloucestershire, un des lits dont l'épaisseur dépasse rarement 30 centimètres, a reçu le nom de *Calcaire à insectes*. Ce lit, suivant le Rév. P. B. Brodie (1), passe, vers sa partie supérieure, à un schiste qui contient des *Cypris* et des *Estheria*, et se trouve rempli d'élytres de plusieurs genres de coléoptères, et de quelques scarabées presque entiers, dont les yeux sont dans un bon état de conservation. Les nervures d'ailes d'insectes névroptères (fig. 389) sont aussi merveilleusement conservées dans cette couche. Des fougères, des cycadées, des feuilles de plantes monocotylédonées, et quelques coquilles paraissant d'eau saumâtre ou d'eau douce, accompagnent sur plusieurs points les insectes : mais, en d'autres endroits, les coquilles marines prédominent ; les fossiles semblent varier, suivant qu'on examine les couches plus près ou plus loin de l'ancien continent ou de la source d'où provenait



Grandeur naturelle.

Fig. 389. — Aile d'insecte névroptère, du Lias Inférieur, Comté de Gloucester. (P.-B. Brodie.)

l'eau douce. Il résulte de l'examen fait par M. Westwood de plus de trois cents échantillons de ces insectes du Lias, que les coléoptères comprennent des genres à la fois xylophages et herbivores, tels que *Elater*, *Carabus* (Linné), etc., et de plus, des sauterelles (*Gryllus*) ainsi que des ailes détachées de libellules et de mouches de mai, ou d'insectes se rapportant aux genres *Libellula*, *Ephemera*, *Hemerobius* et *Panorpa* dont l'ensemble n'indique pas moins de vingt-quatre familles. Les espèces en sont ordinairement de petite taille, et ce seul fait impliquerait un climat tempéré ; mais plusieurs des débris organiques des autres classes, qui leur sont associés, conduisent à

(1) *A History of Fossil Insects*, etc., 1846. Londres.

une conclusion différente. A Schambelen, canton d'Argovie, en Suisse, on a mis en lumière une riche faune Liasique d'insectes qui concorde, par son caractère général, avec les lits à insectes d'Angleterre, mais qui comprend près de trois fois plus d'espèces en parfait état de conservation (1).

Plantes fossiles. — Parmi les débris végétaux du Lias, on cite plusieurs espèces de *Zamia* trouvées à Lyme Regis, ainsi que des débris de plantes conifères recueillis à Whitby. M. Ad. Brongniart compte quarante-sept acrogènes liasiques, dont la plupart sont des fougères, et cinquante gymnospermes, dont trente-neuf cycas et onze conifères. Parmi les cycas dominent les *Zamites*; comme fougères, on mentionne des genres nombreux à feuilles présentant des nervures réticulées (fig. 357, p. 448), et qui paraissent être caractéristiques de cette époque (2). L'absence jusqu'à présent de toute indication d'angiospermes dicotylédones dans le Lias et l'Oolithe est à remarquer. Les feuilles de ces plantes sont fréquentes au sein des couches tertiaires, et on les rencontre aussi dans les couches Crétacées, quoique moins abondamment (voyez ci-dessus p. 384). Les angiospermes paraissent toutefois avoir été comparativement rares dans ces périodes secondaires plus anciennes, tandis que les cycas et les conifères y déployaient une plus grande richesse.

Origine de l'Oolithe et du Lias. — Le groupe entier de l'Oolithe et du Lias consiste en alternances répétées d'argile, de grès et de calcaire, revenant toujours dans le même ordre. Ainsi, les argiles du Lias sont surmontées par les sables que l'on considère aujourd'hui comme appartenant à la formation même et que l'on rapportait autrefois à l'Oolithe Inférieure; ceux-ci le sont, à leur tour, par les lits coquilliers et Pisolitiques du Lias Inférieur, qui sont suivis par le calcaire appelé Grande Oolithe ou Oolithe de Bath, etc. De même, dans l'Oolithe Moyenne, à l'argile d'Oxford, font suite le grit calcaire et le coral rag; en dernier lieu, dans l'Oolithe Supérieure,

(1) Pour les causes qui ont produit la fossilisation des insectes, voir p. 270.

(2) *Tableau des Végétaux Fossiles*, 1849, p. 105.

après l'argile de Kimmeridge, viennent le sable et le calcaire de Portland (1) (voir fig. 304, p. 412). Toutefois, comme l'observe Sir H. de la Bèche, les couches d'argile s'étendent sur de plus larges surfaces que les sables et les grès (2). Il faut aussi se rappeler que, si, dans le Yorkshire, le système Oolithique devient arénacé et ressemble au terrain houiller, il revêt dans les Alpes une forme presque entièrement calcaire et qu'on n'y rencontre ni sables ni argiles. Néanmoins, dans quelques districts, quelques-unes des argiles et certains calcaires interposés conservent un caractère remarquablement uniforme sur des longueurs de 600 à 900 kilomètres de l'est à l'ouest et du nord au sud.

Pour expliquer cette succession de faits on peut supposer d'abord que le lit de l'Océan a été pendant des siècles le réceptacle de sédiments fins, argileux, portés par des courants océaniques qui communiquaient avec les rivières, ou avec les eaux salées voisines d'une côte en voie de dégradation. Ce limon aura cessé à la longue d'être transporté sur le même point, soit que la côte même, préalablement dénudée, ait été abaissée et submergée, soit que le courant ait modifié sa direction, par suite d'un changement dans la configuration du lit de l'océan ou du continent voisin. Les eaux devinrent alors plus claires et plus propres au développement des zoophytes pierreux. Un sable calcaire se forma par la trituration des coquilles et des coraux, ou bien, dans certains cas, la matière arénacée remplaça l'argile; car il arrive communément que le sédiment le plus fin, d'abord transporté au plus loin des côtes, se recouvre ensuite d'un sable plus grossier, si les eaux de la mer viennent à baisser, ou si la terre ferme, augmentant en étendue par son propre exhaussement ou par l'accumulation des sédiments sur certains points du littoral, approche davantage des endroits occupés d'abord par le limon fin.

L'épaisseur croissante des calcaires dans ces régions, telles que les Alpes et le Jura, où les argiles sont comparativement minces, provient de ce que la matière calcaire est fournie par des espèces de coraux et autres êtres

(1) Conybeare et Phillips, *Esquisses*, etc., p. 165.

(2) *Geological Researches*, p. 337.

organisés qui vivent dans des eaux claires, et loin des côtes près desquelles leur développement serait contrarié par des apports de limon. Il est donc probable que des portions de ces argiles et calcaires ont été formées à une même époque et sur une plus grande étendue qu'on ne peut le prouver d'une manière générale, et la distinction spécifique des êtres organisés serait due à la différence des conditions dans lesquelles se trouvaient les surfaces où ils vivaient, et qui pouvaient être plus ou moins littorales, ou varier suivant les profondeurs et la nature du fond de la mer. Indépendamment de ces mouvements d'élévation et d'abaissement qui ont donné lieu à la superposition des calcaires et des argiles, tout en modifiant, dans le cours des âges, la position de la terre et de la mer, le géologue a la tâche difficile d'expliquer comment les dépôts organiques et inorganiques successifs de la même époque ont pu, simultanément, s'accumuler sur une faible épaisseur dans une direction et sur une épaisseur très-forte dans une autre.

CHAPITRE XXI

TRIAS OU GROUPE DU NOUVEAU GRÈS ROUGE.

Lits de transition entre le Lias et le Trias, couches Rhétiques. — Mammifères Triasiques. — Triple division du Trias. — Kenper ou Trias Supérieur d'Angleterre. — Reptiles du Trias Supérieur. — Empreintes de pieds dans la formation du Bunter d'Angleterre. — Conglomérat dolomitique de Bristol. — Origine du Grès rouge et du Sel gemme. — Théorie de la précipitation du sel des lacs à l'intérieur des terres et des lagunes. — Trias d'Allemagne. — Keuper. — Lits de Saint-Cassian et de Hallstadt. — Leur faune particulière. — Muschelkalk et ses fossiles. — Trias des États-Unis. — Empreintes fossiles de pas d'oiseaux et de reptiles dans la vallée du Connecticut. — Mammifères Triasiques de la Caroline du Nord. — Terrain houiller Triasique de Richmond, dans la Virginie. — Anciens mammifères dont le degré inférieur est favorable à la théorie du développement progressif.

Lits de transition entre le Lias et le Trias. — Couches Rhétiques. — Nous avons mentionné dans le dernier chapitre (p. 456) que la base du Lias Inférieur est caractérisée, tant en Angleterre qu'en Allemagne, par des lits renfermant des espèces distinctes d'Ammonites, et que la sous-division la plus basse de cette série avait été appelée zone de l'*Ammonites Planorbis*. Audessous de cette zone, sur la ligne de démarcation entre le Lias et les couches connues sous le nom de *Trias*, dont nous allons parler, on rencontre certains calcaires couleur café au lait, que l'on trouve ordinairement dans l'ouest et le sud de l'Angleterre. M. William Smith a donné à ces strates blanchâtres le nom de Lias blanc, et M. Charles Moore a démontré qu'elles se rapportent à une formation qui se trouve dans les Alpes Rhétiennes de Bavière, et à laquelle M. Gumbel a donné le nom de Rhétique. Ces lits sont aussi connus depuis longtemps en

Allemagne, sous la dénomination de lits de Kœssen, et peuvent être considérés comme des dépôts transitoires entre le Lias et le Trias. Ils ont été aussi appelés par les Ingénieurs du Gouvernement de la Grande-Bretagne, Lits de Penarth, de la localité de Penarth, près de Cardiff, dans le Glamorganshire, où ils atteignent quelquefois une épaisseur de 15 mètres.



Fig. 390. — *Cardium rheticum*, Merriam. Grandeur naturelle. Lits Rhétiques.

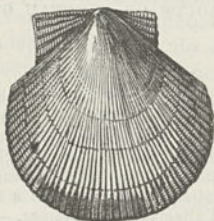


Fig. 391. — *Pecten Valoniensis*, Dfr. Demi-grandeur naturelle. Portrush, Irlande, etc. Lits Rhétiques.



Fig. 392. — *Avicula contorta*, Portlock. Portrush, Irlande, etc. Grand. nat. Lits Rhétiques.

Le membre principal de ce groupe a reçu du D^r Wright le nom de lit à *Avicula contorta* (1), cette coquille, largement répandue en Europe, se trouvant en abondance dans ce dépôt. Le général Portlock a décrit le premier cette formation, telle qu'on la rencontre à Stradneagh, près de Portrush, dans le comté d'Antrim, où l'*Avicula contorta* (fig. 392) est accompagnée du *Pecten Valoniensis* (fig. 391), comme en Allemagne.

Le membre le mieux connu du groupe est une bande mince ou *brèche à ossements*, que l'on remarque dans les lits de schistes noirâtres, aux environs d'Axmouf, Devonshire, dans les falaises de Westbury-sur-Severn, dans la localité d'Aust et en plusieurs endroits situés sur les bords du canal de Bristol. Cette brèche abonde en débris de sauriens et de poissons, et on l'avait d'abord considérée comme un membre tout à fait inférieur du Lias, mais Sir P. Egerton a prouvé, en 1841, qu'elle

(1) D^r Wright, sur le Lias et le lit à ossements, *Quart. geol. Journ.* 1800, vol. XVI.

devait être rapportée au Nouveau Grès Rouge Supérieur, parce qu'elle contient un assemblage de poissons fossiles, les uns particuliers à la formation, les autres à des espèces bien connues dans le Muschelkalk d'Allemagne. Ces poissons appartiennent aux genres *Acrodus*, *Hybodus*, *Gyrolepis* et *Saurichthys*.

Parmi les espèces communes au lit à ossements d'Angleterre et au Muschelkalk d'Allemagne, nous citerons les *Hybodus plicatilis* (fig. 393), *Saurichthys apicalis* (fig. 394), *Gyrolepis tenuistriatus* (fig. 395), et *G. Albertii*. On trouve aussi dans le lit à ossements des restes de Sauriens, entre autres du *Plesiosaurus*, et des plaques d'une espèce d'*Enerinus*. On peut se demander si quelques-



Fig. 393. — *Hybodus plicatilis*, Agass. Dents. Lit à ossements. Aust et Axmouth.
 Fig. 394. — *Saurichthys apicalis*, Agass. Dent. Grandeur naturelle et grossie. Axmouth.
 Fig. 395. — *Gyrolepis tenuistriatus*, Agass. Écaille; grandeur naturelle et grossie. Axmouth.

uns de ces fossiles qui ont le caractère Triasique au plus haut degré ne proviendraient pas de la destruction de couches plus anciennes, alors que dans les lits à ossements, en général, la plupart des restes organiques sont incontestablement dérivés d'autres formations.

Mammifères Triasiques. — Dans le nord-ouest de l'Allemagne, de même qu'en Angleterre, se trouve au-dessous du Lias une brèche à ossements fort remarquable. Elle est remplie de débris de poissons et de reptiles, de genres et même d'espèces qui concordent presque généralement avec les fossiles du Trias sous-jacent. Le Professeur Quenstedt et d'autres géologues Allemands de grande autorité se sont accordés à considérer cette brèche comme étant la portion la plus récente ou

tout à fait Supérieure du Trias. En 1847, le Professeur Plieninger a trouvé dans ce dépôt, à Diegerloch, à 3 kilomètres $1/2$ environ au sud-est de Stuttgart, la molaire d'un petit mammifère Triasique, qu'il appela *Microlestes antiquus*. Il conclut, de la double racine de cette dent, de

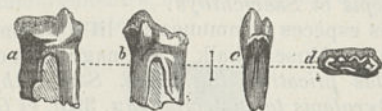


Fig. 396. — *Microlestes antiquus*, Plieninger. Molaire grossie. Trias Supérieur. Diegerloch, près Stuttgart, Wurtemberg.

- a. Vue du côté intérieur. b. La même, côté extérieur.
c. Vue de profil. d. Couronne de la même.

la forme et du nombre des protubérances ou croissants qui en garnissent la couronne plate, que ce devait être la molaire d'un animal de proie, probablement insectivore, et il lui donna le nom de *Microlestes*, de μικρος, petit, et de ληστης, bête de proie. Quelque temps après, il découvrit une seconde dent dans cette même localité.

Aucun anatomiste n'avait pu donner une conjecture acceptable sur les affinités de ce petit quadrupède, lorsqu'en 1857, le docteur Falconer reconnut une ressemblance incontestable entre les dents de cet animal et les deux arrièremolaires de son nouveau genre *Plagiaulax* (fig. 312, p. 418) des couches du Purbeck. Cette considération nous conduirait à conclure que le *Microlestes* appartenait aux marsupiaux et était herbivore.

Dans le Wurtemberg, on distingue deux lits à ossements : l'un, contenant le *Microlestes* que nous venons de décrire, constitue, comme nous l'avons dit, le membre supérieur du Trias ; l'autre, bien plus étendu, et plus riche en débris de poissons et de reptiles, est d'une date plus ancienne et sépare le Muschelkalk du Keuper.

Les genres *Saurichthys*, *Hybodus* et *Gyrolepis* se trouvent dans ces deux brèches, et l'une des espèces, le *Saurichthys Mongeoti*, est commune aux deux couches à ossements ; il en est de même du remarquable reptile appelé *Nothosaurus mirabilis*. Le Saurien de la famille des Thécodontes, que H. Von Meyer a nommé *Belodon*, est une

autre forme Triasique qui, à Diegerloch, se trouve associée au *Microlestes*.

TRIAS D'ANGLETERRE.

Au-dessous du Lias, se présente dans les comtés du centre et de l'ouest, en Angleterre, une longue série de limons rouges, de schistes, de grès et de conglomérats, à laquelle on a donné d'abord le nom de *formation du Nouveau Grès Rouge*, pour la distinguer d'autres schistes et d'autres grès appelés *Vieux Grès Rouge*, qui souvent montrent un caractère minéralogique identique, mais qui diffèrent beaucoup par l'âge, car ils sont de date plus ancienne que les formations Permienne et Carbonifères. C'est mal à propos qu'on a donné le nom de *Marne Rouge* aux argiles rouges de cette formation, ainsi qu'on l'a expliqué (p. 19), car elles sont tout à fait dépourvues de matière calcaire. De plus, l'absence de carbonate de chaux, la rareté des débris organiques ainsi que la couleur rouge vif dans la plupart des roches de ce groupe, le font contraster d'une manière frappante avec les formations Jurassiques que nous avons décrites précédemment.

Le groupe en question est bien plus développé en Allemagne qu'en France et en Angleterre. Les auteurs Allemands lui ont donné le nom de Trias ou Groupe Triple, parce qu'il se divise en trois formations distinctes que l'on appelle *Keuper*, *Muschelkalk* et *Bunter Sandstein*. La division moyenne de ce groupe, ou le *Muschelkalk*, manque complètement en Angleterre, et les membres supérieur (*Keuper*) et inférieur (*Bunter*) de la série ne sont pas riches en fossiles.

Trias Supérieur ou Keuper. — Dans certaines marnes grises et dures, sous-jacentes au lit à ossements, M. Boyd Dawkins a trouvé, à Watchet, sur la côte du Somersetshire, une molaire de *Microlestes*, qui lui a permis de rapporter au Trias des couches que l'on classait autrefois dans le Lias. M. Charles Moore avait découvert auparavant près de Frome, Somersetshire, plusieurs dents du même mammifère, dans les matériaux remplissant une veine ou fissure verticale qui traversait une masse de calcaire carbonifère. Le sommet de cette fissure a dû com-

muniquer avec le lit de la mer Triasique, et probablement en un point peu éloigné de l'ancien rivage sur lequel abondaient les petits marsupiaux de cette époque.

Cette division supérieure du Trias que l'on nomme Keuper, atteint dans les comtés du centre de l'Angleterre une grande épaisseur qui, suivant l'estimation de M. Hull, s'élève jusqu'à 1035 mètres dans le Cheshire; elle couvre une vaste étendue de pays entre le Lancashire et le Devonshire.

Dans le Worcestershire et le Warwickshire, on a recueilli dans la partie tout à fait supérieure du Keuper le crustacé bivalve, *Estheria minuta*. Le membre du *nouveau Grès Rouge* d'Angleterre (1) qui contient cette coquille,



Fig. 397.
*Estheria
minuta*. Bronn.

dans ces parties de la Grande-Bretagne, présente, suivant Sir Roderick Murchison et M. Strickland, une épaisseur de 180 mètres; il consiste principalement en marne rouge ou schiste, avec une bande de grès. Les mêmes géologues ont observé dans ces couches des Ichthyodorulites ou épines d'*Hybodus*, des dents de poissons et des empreintes de pas de reptiles.

On a découvert dans le Trias Supérieur ou Keuper les restes de quatre Sauriens : le premier, appelé *Rhynchosaurus* et recueilli à Grinsell près de Shrewsbury, est caractérisé par un petit crâne comparable à celui d'un oiseau et par des mâchoires sans dents. Les trois autres, *Stagonolepis*, *Telerpeton* et *Hyperodapedon*, ont été signalés pour la première fois, près d'Elgin, dans des couches rangées aujourd'hui dans le Trias Supérieur et que l'on supposait d'abord appartenir au vieux Grès Rouge; on a trouvé plus tard l'*Hyperodapedon*, dans des lits à peu près du même âge, aux environs de Warwick, ainsi que dans le Devon méridional. On a retiré des restes génériquement identiques, tant dans l'Inde Centrale que dans l'Afrique Méridionale, de roches que l'on croit appartenir à l'époque Triasique. Le Professeur Huxley a montré que l'*Hyperodapedon* est un reptile muni d'un grand nombre de dents palatines, et allié de très-

(1) Voyez Judd, *Quart. geol. Journ.*, vol. XXIX, p. 142. 1873.

près au *Sphenodon* vivant dans la Nouvelle-Zélande.
La découverte récemment faite dans la Nouvelle-Zélande

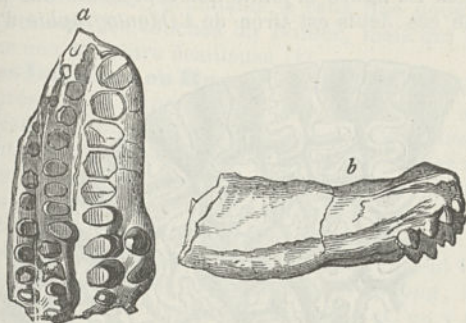


Fig. 398. — *Hyperodapedon Gordoni*. Portion gauche du palais maxillaire (montrant les deux rangées de dents palatines sur les côtés opposés de la mâchoire).

a. Surface de dessus. — b. Côté droit extérieur.

d'un saurien vivant, étroitement allié à cette division des Lacertilia que l'on supposait éteinte, semble venir à l'appui du principe émis par Darwin, que des ordres dont les congénères ont disparu sur les continents où ils avaient été exposés à la concurrence envahissante d'une faune plus largement développée, ont survécu dans les régions insulaires, après un grand nombre de changements survenus dans la géographie physique du globe.

En 1842, le professeur Owen examina au microscope des dents de *Labyrinthodon* (fig. 399), provenant du Keuper dans le Warwickshire, et découvrit que leur structure était excessivement compliquée (1). La paroi dentale se trouve disposée en un grand nombre de plis verticaux, et chaque pli alternatif est plusieurs fois contourné transversalement. La section transversale d'une de ces dents montre une série de circonvolutions qui ressemblent à celles de la surface du cerveau; et, d'après ce caractère, le Professeur



Fig. 399. — Dent de *Labyrinthodon*; Grandeur naturelle. Grès de Warwick.

(1) *Trans. Geol. Soc.*, 2^e série, vol. VI pl. 2.

Owen a proposé pour ce nouveau genre le nom de *Labyrinthodon*. La figure ci-jointe qui représente une portion d'une de ces dents est tirée de l'*Odontographie* d'Owen,

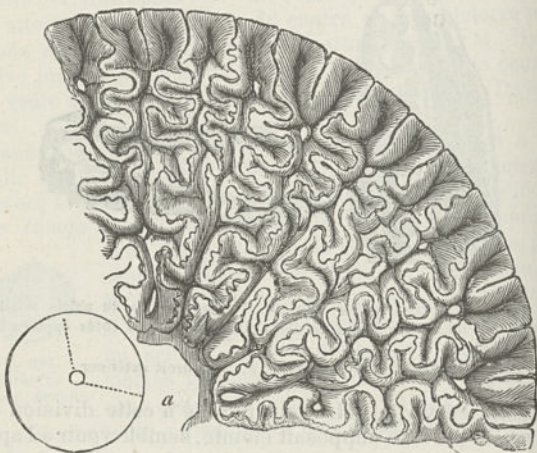


Fig. 400. — Coupe transversale de la partie supérieure d'une dent de *Labyrinthodon Jaegeri*, Owen (*Mastodonsaurus Jaegeri*, Meyer). Grandeur naturelle, et segment grossi.

a. Cavité d'où partent la pulpe et les éléments dentaires radiés.

planche 64, A. La longueur totale de l'organe osseux pouvait être d'environ 9 centimètres, et sa largeur à la base, de 4 centimètres.

Cette structure remarquable est prouvée, par comparaison, caractériser non-seulement le genre *Labyrinthodon*, mais encore le genre allié *Mastodonsaurus* du Keuper allemand, que nous allons décrire p. 483. Les Labyrinthodons constituent maintenant un ordre assez étendu d'Amphibies aux dimensions gigantesques, comparativement à tous les représentants de la classe actuellement vivants.

Les couches fondamentales du Keuper reposent avec une légère discordance sur une surface érodée du *Bunter*, formation que nous allons décrire. Dans ces lits le Professeur W.-C. Williamson a décrit les empreintes de pas

d'un *Cheirotherium*, semblable à ceux que nous allons rencontrer dans les couches du Bunter, mais qui en diffère par une structure écailleuse (1).

Trias Inférieur ou Bunter. — La division inférieure qui représente le *Bunter* en Angleterre atteint, suivant le Professeur Ramsay, une épaisseur de 450 mètres dans les Comtés mentionnés ci-dessus. Outre les schistes rouges et verts et les grès rouges, elle comprend en quantité certains grès quartzeux, blancs et friables, dans lesquels, à Allesley Hill, près de Coventry, on a rencontré des troncs d'arbres silicifiés. Plusieurs de ces troncs avaient 45 centimètres de diamètre et quelques mètres de long; ils offraient nettement le caractère de conifères et l'on y distinguait les anneaux d'accroissement annuel (2). On a découvert aussi des empreintes de pas d'animaux sur les couches de cette formation, dans le Lancashire et le Cheshire. Quelques-unes des plus remarquables ont été observées dans les grès quartzeux blanchâtres de Storton Hill, Cheshire, à quelques kilomètres de Liverpool, sur la rive de la Mersey. Elles offrent la plus grande ressemblance avec celles qu'on avait d'abord observées dans ce membre du Nouveau Grès Rouge Supérieur, au village de Hesseberg, près de Hildburghausen, en Saxe.

Depuis longtemps on avait rapporté ces empreintes à un grand quadrupède inconnu que le Professeur Kaup avait nommé provisoirement *Cheirotherium*, parce que les traces des pieds de derrière et des pieds de devant ont de la ressemblance avec celles que laisserait une main d'homme (voir fig. 401). Les marques de pas à Hesseberg sont les unes en creux, et les autres en relief; les premières ou dépressions existent à la surface supérieure des dalles de grès, tandis que celles en relief ne se montrent qu'à la surface inférieure, et ne



Fig. 401. — Une empreinte de pas de *Cheirotherium*, Bunter-sandstein, Saxe. Un huitième de grandeur naturelle.

(1) *Quart. geol. Journ.*, vol. XXIII. 1867, p. 56.

(2) Buckland, *Proc. geol. Soc.*, vol. II, p. 439; Murchison et Strickland, *Geol. Trans.*, 2^e série, vol. V, p. 347.

sont, en réalité que des saillies formées dans les dépressions sous-jacentes comme dans des moules naturels. Les empreintes les plus grandes paraissent avoir



Fig. 402. — Piste sur une plaque de grès. Hildburghausen, Saxe.

été laissées par les pieds de derrière; elles mesurent généralement 20 centimètres de long et 12 centimètres de large; l'une d'elles est longue de 30 centimètres. En avant de chacune d'elles, et à une distance régulière de 5 centimètres, on remarque une petite trace de pied de devant qui mesure environ 10 centimètres de long et 7 centimètres de large. Les traces de pieds se suivent par paires, qui sont toutes sur la même ligne à une distance de 35 centimètres l'une de l'autre. Les pas, grands et petits, présentent le gros orteil alternativement à droite et à gauche, et chacun d'eux compte cinq doigts dont le premier ou l'orteil est courbé en dedans comme un pouce. Bien que les pieds de devant et de derrière diffèrent beaucoup en grosseur, ils sont cependant presque semblables pour la forme.

Comme nulle part encore, en Allemagne ni en Angleterre, on n'a rencontré des os ou des dents au sein de couches identiques avec celles où se trouvent ces traces de pas, les anatomistes se sont livrés, pendant plusieurs années, à diverses conjectures relativement à la nature des mystérieux animaux qui devaient les avoir produites. Le Professeur Kaup inclinait à croire que le quadrupède inconnu devait se rapprocher beaucoup des *Marsupiaux*; en effet, dans le Kangourou, le premier doigt ou orteil du pied de devant est semblablement oblique, comme un pouce, par rapport aux autres doigts, et la disproportion entre les pieds de devant et ceux de derrière est également considérable. D'un autre côté, M. Link a supposé que, sur les quatre espèces d'animaux dont on a observé les traces en Saxe, quelques-unes étaient des *Batraciens* gigantesques. Enfin, le Professeur Owen, lorsqu'il eut

démontré plus tard que le Labyrinthodon était un reptile à respiration aérienne, avança que celui-ci et le Cheirotherium pourraient bien ne faire qu'un seul et même animal.

Conglomérat dolomitique de Bristol. — Aux environs de Bristol, dans le Somersetshire, et dans d'autres comtés qui bornent la Severn, les couches les plus inférieures de la série Triasique consistent en un conglomérat ou brèche qui repose en discordance sur le Vieux Grès Rouge et sur différents membres des roches Carbonifères, tels que le terrain houiller, le Millstone Grit (Pierre meulière) et le Calcaire de Montagne. Pour comprendre ce mode de superposition, il suffira de se reporter à la section faite au-dessous de Dundry-Hill (fig. 85, p. 144), où le n° 4 représente le conglomérat dolomitique. Ces brèches résultent en partie de la destruction sous-aérienne d'une ancienne surface terrestre qui s'est graduellement enfoncée et a subi la dénudation littorale à mesure de sa submersion. Les galets et les fragments d'animaux qui constituent le conglomérat sont cimentés entre eux par une pâte rouge ou jaune de dolomie; et, en certains endroits, les encrinites, coraux, brachiopodes et autres fossiles dérivés du Calcaire de Montagne se montrent tellement étrangers aux roches mères, qu'ils produisent l'effet illusoire d'appartenir à une faune contemporaine des couches dolomitiques où ils se trouvent. Les fragments empâtés sont arrondis et anguleux: quelques-uns, consistant en calcaire carbonifère et en millstone grit, sont d'une grosseur considérable et pèsent près d'une tonne. Des ossements fracturés et des dents de Sauriens vraiment contemporains du dépôt ont été trouvés dans la partie inférieure de la brèche. Deux de ces reptiles ont été appelés *Thécodontosaurus* et *Palæosaurus*, à cause de la manière dont leurs dents sont implantées dans l'os de la mâchoire; leur découverte fit grand bruit parce que les lambeaux de conglomérat rouge, à Durdham Down, dans lesquels on les recueillit, près de Bristol, furent d'abord rapportés à l'âge Permien ou Paléozoïque, et que, par ce fait, ces animaux se trouvaient être, en Angleterre, les seuls représentants de vertébrés d'un type aussi élevé qu'on eût encore trouvés dans des roches d'une

telle ancienneté. Les dents de ces Sauriens sont coniques, comprimées, et ont leurs bords finement dentelés (fig. 403). Ces fossiles ont été rapportés par le Professeur Huxley aux Dinosauriens.



Fig. 403. — Dent de *Thecodontosaurus*. Grossie trois fois. Riley et Stutchbury. Conglomérat dolomitique, Durdham Down, près de Bristol.

Origine du Grès Rouge et du Sel gemme. — Dans le Cheshire et le Lancashire, on observe des argiles rouges, contenant du gypse et du sel; elles sont de l'âge du Trias et ont une épaisseur de 300 à 450 mètres. On rencontre en certains points, des masses lenticulaires de sel gemme pur, de 30 mètres d'épaisseur, qui sont interposées à travers les couches argileuses. A la base de la formation, on trouve au-dessous du sel gemme, les Grès Inférieurs et les Marnes, vulgairement connues dans le Cheshire sous le nom de *Water Stones*,

et que l'on exploite largement pour les constructions. Ces grès se montrent souvent ondulés et portent des empreintes nombreuses de pas de reptiles.

On observe, en divers points du globe, des grès rouges et des argiles à modeler, appartenant à plusieurs époques géologiques distinctes, associés à du sel gemme, à du gypse ou à du calcaire magnésien, tantôt à une seule de ces substances, tantôt à toutes à la fois. Il faut donc presque nécessairement reconnaître une cause générale à une telle coïncidence. N'oublions pas, néanmoins, qu'on rencontre sur des épaisseurs de plusieurs milliers de mètres et sur de vastes étendues horizontales, des masses puissantes de grès et argiles rouges et bigarrés, tout à fait dépourvues de matières salines ou gypseuses. Il existe aussi des dépôts de gypse et de sel commun, comme dans la formation d'argile bleue de Sicile, où l'on n'observe aucune trace de grès rouge ou d'argile rouge.

On peut expliquer la formation de ces dépôts rouges par la décomposition du gneiss et du micaschiste qui, dans la partie orientale des Grampians d'Écosse, a produit une masse de détritits dont la couleur est précisément celle du Vieux Grès Rouge,

Un fait général, dont on n'a pu jusqu'ici rendre compte,

c'est qu'on rencontre rarement des débris fossiles dans les roches stratifiées où l'oxyde de fer abonde; et, si on en trouve dans le Vieux ou le Nouveau Grès Rouge d'Angleterre, c'est dans les couches grises ordinairement calcaires. Les couches salines ou gypseuses, qui sont parfois interstratifiées, ont pu être produites par des émanations gazeuses sous-marines ou par des sources minérales chaudes qui souvent continuent de couler pendant des siècles sur les mêmes points. Toutefois, on attribue plus généralement l'origine des couches de sel gemme à l'évaporation de lacs ou lagunes qui communiquent par intervalles avec la mer. Dans le Cheshire, on rencontre deux couches salines, de l'épaisseur extraordinaire de 27 et même de 30 mètres, qui s'étendent sur une surface de 140 kilomètres de diamètre. Les lits adjacents présentent des grès ondulés et des empreintes de pas d'animaux à tant de niveaux différents que l'on peut affirmer que le terrain a subi dans son étendue totale une dépression lente et graduelle pendant la formation du Grès Rouge. Le Professeur Ramsay fait remarquer que le Trias appartient probablement à une Période Continentale caractérisée par un grand nombre de mers et de lacs intérieurs, les marnes du Keuper des Iles Britanniques ayant été déposées dans un grand lac formé, à l'origine, d'eau douce ou saumâtre qui, plus tard, s'est convertie en sel par l'évaporation. « A mesure que la pluie, » observe le même auteur, « tombe sur la surface arrosée par le Jourdain, le bassin de la Mer Morte se remplit graduellement d'eau, et des couches successives de sédiment viennent se superposer les unes aux autres au-dessus des dépôts de sel solides qui s'étaient formés antérieurement. On peut voir des exemples de ce genre de recouvrement dans le Nouveau Grès Rouge d'Angleterre, dans les Comtés de Somersert, Gloucester, Hereford et Leicester (1). » Le Professeur Ramsay nous apprend que du limon ferrugineux et des minerais de fer se déposent actuellement dans certains lacs de la Suède, que les propriétaires de ces lacs, en vue d'exploitation, les draguent périodiquement jusqu'à épuisement de la couche formée, et que, lorsque après un

(1) *Quart. geol. Journ.* 1871, vol. XXVII, p. 196.

intervalle de temps suffisant, on recommence l'opération de dragage, on trouve de nouveaux dépôts. Il conclut de ces faits que le peroxyde rouge peut être en lui-même un indice des conditions lacustres, car chaque grain de sable et de limon est encroûté d'une mince pellicule de fer qui n'aurait pu s'y déposer dans une mer large et profonde (1). Cette théorie de l'origine continentale du Trias se trouve encore confirmée par le fait que les mammifères terrestres les plus anciens (*Microlestes*) que l'on ait encore découverts en Europe et en Amérique (v. pp. 472, 494) datent de l'Époque Triasique.

Le Major Harris, dans son ouvrage intitulé *Hautes terres de l'Éthiopie (Highlands of Ethiopia)*, décrit un lac d'eau salée nommée le Bahr Assal et situé près des frontières de l'Abyssinie. Il formait autrefois le prolongement du golfe de Tadjara et en a été plus tard séparé par une large coulée de lave volcanique. « Ne recevant aucune rivière, exposé sous un climat brûlant aux rayons ardents et continus du soleil, le lac Bahr Assal présente aujourd'hui un bassin elliptique, ayant un axe transversal de 11 kilomètres, rempli à moitié d'une eau limpide et d'un bleu d'azur, et pour l'autre moitié, d'une croûte solide de sel blanc comme la neige, résultat de l'évaporation. » Si nous supposons, dit M. Hugh Miller (2), qu'au lieu d'une barrière de lave, des barres de sables se fussent accumulées par les ressacs sur une côte plate et arenacée pendant que la surface s'abaissait avec lenteur et uniformité, les eaux du dehors auraient pu faire irruption par dessus les barres et apporter avec elles une nouvelle quantité de salure après l'épuisement du premier véhicule opéré par l'effet de l'évaporation.

Le Runn de Cutch (3), comme nous l'avons dit ailleurs, est une région basse, voisine du delta de l'Indus et qui a une étendue égale à un quart de l'Irlande. Le pays n'est, à proprement parler, ni une mer, ni une terre; il est à sec une partie de l'année et recouvert d'eau salée pendant les moussons. On n'y voit pas d'herbe à la surface du sol, mais, çà et là, on rencontre des incrustations de sel qui se sont

(1) *Contemporary Review*. Juillet 1873, p. 201.

(2) Hugh Miller, *First Impressions of England*. 1847, pages 183, 214.

(3) *Principes de géologie*, chap. xxvii.

produites par l'évaporation de l'eau de mer. On constate que cette contrée subit un mouvement d'affaissement pendant les tremblements de terre, de sorte qu'il suffirait de la continuation de cet abaissement pendant une période de longue durée, pour qu'il en résultât la production d'une grande épaisseur de sel pur.

TRIAS D'ALLEMAGNE.

En Allemagne, le Trias ainsi appelé, comme nous l'avons déjà dit p. 472, parce qu'il forme un Groupe Triple, consiste en deux espèces de grès, séparés par une formation calcaire marine qui manque en Angleterre.

Nomenclature du Trias.

<u>Allemand.</u>	<u>Français.</u>	<u>Anglais.</u>
Keuper.	Marnes irisées . . .	{ Schistes gypseux et salifères et Grès.
Muschelkalk	{ Muschelkalk ou cal- caire coquillier. . .	{ Manque en Angleterre.
Bunter Sandstein. .	Grès bigarré	{ Grès et Conglomérat quart- zeux.

Keuper. — Le premier de ces groupes, ou Keuper, qui repose sur les couches Rhétiques déjà décrits, atteint dans le Wurtemberg une épaisseur de 300 mètres. Alberti a divisé cette formation en grès, gypse et argile schisteuse charbonneuse (1). En l'année 1828, le Professeur Jaeger, de Stuttgart, trouva dans cette formation des dents coniques gigantesques, à côtes verticales sur les faces, auxquelles il donna le nom de *Mastodonsaurus*; ainsi qu'un fragment de large crâne comprenant deux condyles occipitaux, parfaitement ossifiés, qu'il appela Salamandroïdes. Le Professeur Jaeger considérait le premier animal comme un Saurien, et le dernier comme un Amphibien, mais il a été

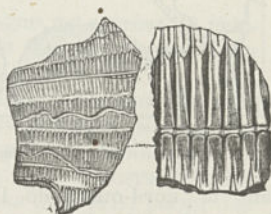


Fig. 434. — *Equisetum arenaccum*,
Fragment de tige et petite portion
de la même, grossie.

(1) Monog. des *Bunter Sandsteins*.

prouvé depuis que ces deux fossiles appartiennent à un seul genre, auquel on a conservé le nom de *Mastodonsaurus* (1). Ces couches ont aussi fourni des débris de reptiles appelés *Nothosaurus* et *Phytosaurus*, des traces de *Labyrinthodon* et des dents détachées de poissons placoides, des genres *Saurichthys* et *Gyrolepis* (figs. 394-395, p. 471). Les plantes du Keuper présentent généralement beaucoup d'analogie avec celles de l'Oolithe et du Lias; ce sont des fougères, des equisetacées, des cycadées, des conifères et quelques monocotyledonées douteuses. Certaines espèces peu nombreuses, parmi lesquelles l'*Equisetum arenaceum*, sont communes à ce groupe et à l'Oolithe.

Couches de Saint-Cassian et de Hallstadt (voir la carte, fig. 405). — Les grès et argiles du Keuper n'offrent,

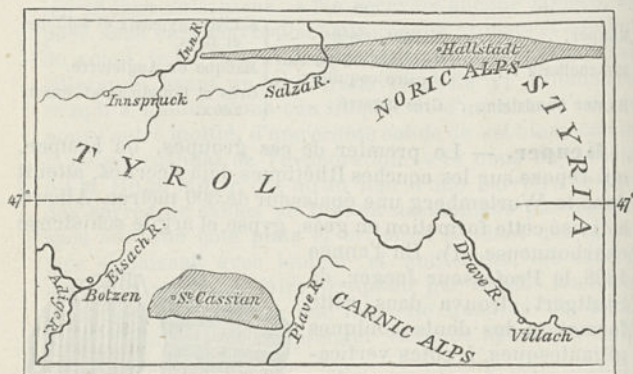


Fig. 405.

dans le nord-ouest de l'Allemagne aussi bien qu'en France et en Angleterre, que des exemples bien insuffisants de la vie marine pendant cette période. Toutefois, la faune de cette formation, si riche en reptiles, nous avait fait dire, par anticipation, que les habitants contemporains de la mer du Keuper se montreraient en grand nombre, si on avait jamais le bonheur de mettre leurs restes en

(1) Jaeger, sur des fossiles Reptiliens du Wurtemberg. Stuttgart. 1828.

lumière. Cette opinion se trouverait enfin confirmée, à ce que l'on croit, grâce à la détermination de la vraie position de certaines roches des Alpes, nommées *Couches de Saint-Cassian*, position qui a été pendant longtemps un sujet de doute et de discussion. Il a été prouvé que les lits de Hallstadt, sur le versant septentrional des Alpes Autrichiennes, correspondent en âge avec les couches de Saint-Cassian du versant méridional de la même chaîne; et les géologues Autrichiens, M. Suess, de Vienne, et autres, ont affirmé que la formation de Hallstadt se rapporte certainement à la période du Trias Supérieur. En admettant l'exactitude de cette conclusion, nous sommes en possession, tout à coup et de la manière la plus inattendue, d'une riche faune marine appartenant à une période que l'on avait d'abord supposée très-dépourvue de débris organiques, parce que le Trias Supérieur, en Angleterre, en



Fig. 406. — *Scoliostoma*
Saint-Cassian.



Fig. 407. — *Platystoma*
Suessii, Höernes.
Hallstadt.

France et dans le Nord de l'Allemagne, est représenté principalement par des lits d'origine d'eau douce ou d'eau saumâtre.

Sur les 600 espèces d'invertébrés fossiles que l'on rencontre dans les lits de Hallstadt et de Saint-Cassian, plusieurs sont encore à décrire; quelques mollusques se rapportent à des genres nouveaux et particuliers, tels que *Scoliostoma* (fig. 406) et *Platystoma* (fig. 407), parmi les Gasteropodes; et *Koninckia* (fig. 408) parmi les Brachio-podes.

Le tableau suivant des genres de coquilles marines de Hallstadt et de Saint-Cassian, que j'ai dressé avec l'aide de M. Suess et feu M. Woodward, et qui a été corrigé depuis par MM. Etheridge et Tate, montrent les rapports nombreux que fournissent aujourd'hui les couches de

Hallstadt et de Saint-Cassian, entre la faune des roches primaires (Paléozoïques) et celle des roches secondaires (Mésozoïques).

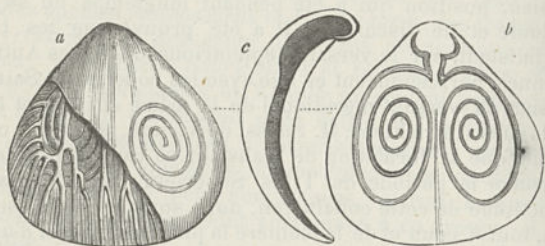


Fig. 408. — *Koninckia Leonhardi*, Wissmann.

- a. Face ventrale. Portion de la valve ventrale, enlevée pour montrer les empreintes vasculaires de la valve dorsale.
 b. Intérieur de la valve dorsale, montrant les processus spiraux restaurés.
 c. Coupe verticale des deux valves. Partie en spirale noire, montrant la place occupée par l'animal, et la valve dorsale qui suit la courbe de la valve ventrale.

GENRES DE MOLLUSQUES FOSSILES DANS LES LITS DE SAINT-CASSIAN ET DE HALLSTADT.

Communs aux roches plus anciennes.	Genres. Triasiques caractéristiques.	Communs aux roches plus nouvelles.
Orthoceras.	Ceratites.	Ammonites.
Bactrites.	Cochloceras.	Chemnitzia.
Machrocheilus.	Choristoceras.	Cerithium.
Loxonema.	Rhabdoceras.	Monodonta.
Holopella.	Aulacoceras.	Opis.
Murchisonia.	(*) Scoliostoma.	Sphæra.
Porcellia.	Naticella.	Cardita.
Athyris.	Platystoma.	Myoconcha.
Retzia.	Ptychostoma.	Hinnites.
Cyrtina.	Euchrysalis.	Monotis.
Euomphalus.	Halobia.	Plicatula.
	Hörnèsia.	Pachyrisma.
	Amphiclina.	Thecidium.
	Koninckia.	
	(**) Cassianella.	
	(**) Myophoria.	

(*) Atteint son maximum de développement dans le Trias et passe en bas aux roches plus anciennes.

(**) Atteignent leur maximum de développement dans le Trias, et passent en dessus aux roches plus nouvelles.

La première colonne indique la dernière apparition de plusieurs genres caractéristiques des couches Paléozoïques. La deuxième contient d'autres genres qui distinguent le Trias Supérieur, soit qu'ils se montrent particuliers à ce terrain ou qu'ils atteignent (les trois marqués par des astérisques) leur maximum de développement à cette époque. La troisième colonne marque la première apparition dans les roches Triasiques de genres destinés à devenir plus abondants à des époques postérieures.

Ce n'est donc qu'en considérant le nombre des espèces par lesquelles sont représentés les genres ci-dessus mentionnés qu'on comprend les particularités de ce que l'on appelle communément la faune de Saint-Cassian. Ainsi, par exemple, l'Ammonite qui n'est pas commune aux plus anciennes roches, est représentée par 73 espèces, tandis que le *Loxonema*, que l'on ne trouve que dans les formations anciennes, fournit quinze espèces Triasiques. Le *Cerithium*, si abondant dans les couches Tertiaires et encore vivant, est représenté par 14 espèces. Comme on n'avait jamais rencontré d'*Orthoceras* dans le Muschelkalk marin, on fut naturellement fort étonné lors de la découverte de 7 à 8 espèces de ce genre à travers les couches de Hallstadt que l'on croyait appartenir au Trias Supérieur. Certaines de ces espèces, de grande taille, sont associées à de grandes Ammonites à lobes foliés, forme que l'on n'avait jamais rencontré aussi bas dans la série, tandis que l'*Orthoceras* n'avait jamais été vue à un niveau aussi élevé.

En résumé, la riche faune marine de Hallstadt et de Saint-Cassian, que l'on rapporte généralement aujourd'hui aux membres inférieurs du Trias Supérieur ou du Keuper, nous conduit à penser que lorsque les couches d'âge Triasique seront mieux connues, surtout celles qui appartiennent à la période du Grès Bunter, l'hiatus que l'on remarque entre les époques Paléozoïques et Mésozoïques aura presque disparu. Il faut bien le dire, certains géologues ne sont pas encore convaincus que la vraie position des lits de Saint-Cassian (renfermant un mélange si considérable de types ayant à la fois des affinités Mésozoïques et Paléozoïques) soit bien déterminée; ils ne pensent pas qu'on ait clairement démontré que ces couches soient plus récentes que le Muschelkalk.

Une riche faune comprenant 225 espèces, qui sont, pour le quart environ, identiques avec celles de Saint-Cassian, a été mise en lumière près d'Esino, en Lombardie, et admirablement illustrée par le Professeur Stoppani (1). Ce géologue a décrit 65 espèces du genre de l'univalve spirale *Chemnitzia*, qui nous rappelle, par son abondance, les *Cerithia* du bassin de Paris. Certains spécimens, par leur taille énorme, pourraient presque soutenir la comparaison avec le *Cerithium giganteum* de la formation Éocène.

Muschelkalk. — Le membre suivant du Trias, en Allemagne, est le *Muschelkalk*, sous-jacent au Keuper déjà décrit; il consiste principalement en un calcaire compacte et grisâtre, mais renferme sur plusieurs points des lits de dolomie, ainsi que du gypse et du sel gemme. Ce calcaire, qui manque peut-être totalement en Angleterre, abonde, comme son nom l'indique, en coquilles fossiles. En fait de céphalopodes, on n'y trouve plus de bélemnites ni d'ammonites à sutures complètement foliées, comme nous en avons rencontré dans le Lias et l'Oolithe, aussi bien que dans les couches de Hallstadt; mais on y ob-

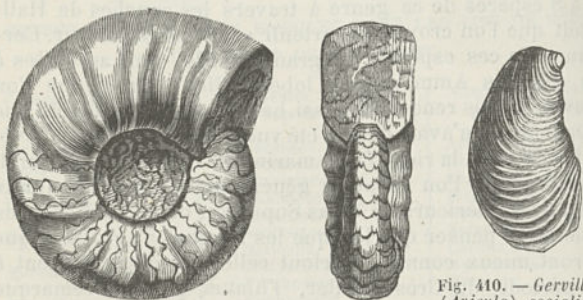


Fig. 409. — *Ceratites nodosus*, Schloth. Muschelkalk. Allemagne. Vue de côté et de face montrant le contour dentelé des cloisons qui séparent les chambres.

Fig. 410. — *Gervillia (Avicula) socialis*, Schloth. Coquille caractéristique du Muschelkalk.

serve un genre voisin de l'Ammonite, le *Ceratites* de M. De Haan, dans lequel les deux lobes descendants (fig. 409) se terminent par quelques petites dentelures ou sutures dirigées vers l'intérieur. Parmi les crustacés bivalves

(1) Stoppani, *les Pétrifications d'Esino*. Milan, 1858-1860.

abonde l'*Estheria minuta*, Bronn (fig 397, p. 474); cette espèce est répandue à travers toute la série, c'est-à-dire à travers le Keuper et le Muschelkalk; la *Gervillia socialis* (fig. 410), coquille non moins largement distribuée, se trouve aussi en grand nombre dans le Muschelkalk, en Allemagne, en France et en Pologne.

L'abondance des têtes et tiges de l'encrinelle, *Encrinus liliiformis* (fig. 411), ou *Encrinites moniliformis*, montre la lenteur avec laquelle certaines couches de ce calcaire se

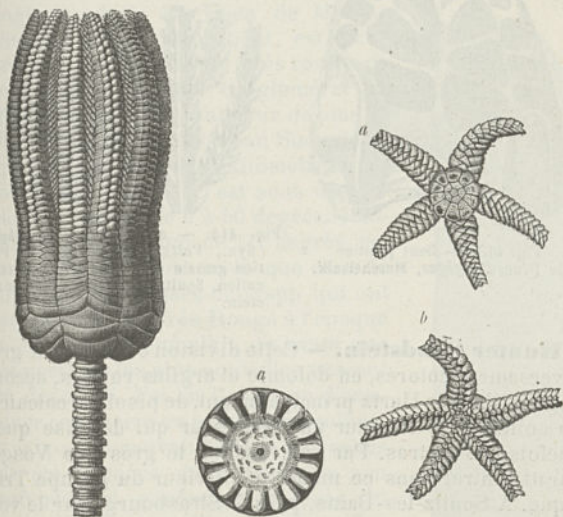


Fig. 411. — *Encrinus liliiformis*, Schlott (Syn., *E. moniliformis*). Le corps, les bras et une portion de la tige.
a. Coupe de la tige. Muschelkalk.

Fig. 412. — *Aspidura loricata*, Agass.
a. Face supérieure.
b. Face inférieure.
Muschelkalk.

sont formées au sein des eaux claires et salées. L'étoile de mer appelée *Aspidura loricata* (fig. 412), est également particulière au Muschelkalk. On a signalé dans la même formation le crâne et les dents d'un reptile du genre *Placodus* (fig. 413), primitivement rapporté par le comte Münster, et plus tard par Agassiz, à la classe des poissons. Mais des échantillons plus complets ont permis au Professeur

Owen de montrer, en 1858, que ce fossile était un reptile Saurien, faisant probablement sa nourriture de mollusques à coquilles, et dont les dents courtes et plates, revêtues d'une épaisse couche d'émail, devaient lui servir à peser sur les coquilles et à les écraser.

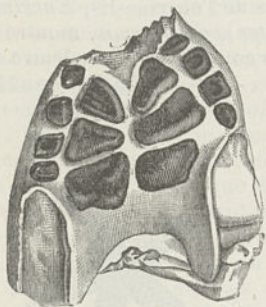


Fig. 413. — Dent palatine de *Placodus gigas*, Muschelkalk.



Fig. 414. — a. *Voltzia heterophylla* (Syn., *Voltzia brevisolia*). b. Portion grossie pour montrer la fructification. Soultz-les-Bains, Bunter Sandstein.

Bunter Sandstein. — Cette division consiste en grès diversement colorés, en dolomie et argiles rouges, accompagnés, dans le Hartz principalement, de pisolites calcaires ou oolithes, le tout sur une épaisseur qui dépasse quelquefois 300 mètres. Par ses fossiles le grès des Vosges paraît rentrer dans ce membre inférieur du groupe Triasique. A Soultz-les-Bains, près de Strasbourg, sur le versant des Vosges, on a extrait du Bunter un certain nombre de plantes, surtout des conifères du genre éteint *Voltzia*, particulier à cette période : la fructification même en a été conservée (fig. 414). Sur trente espèces de fougères, cycadées, conifères et autres plantes que M. Ad. Brongniart a signalées en 1849 dans le *Grès bigarré* ou Bunter, aucune n'appartient en même temps au Keuper.

Nous avons déjà mentionné des empreintes de pas de *Labyrinthodon* qu'on a observées dans les argiles de cette formation à Hildburghausen, en Saxe. On peut se faire une idée de la variété et de l'importance de la faune des vertébrés terrestres particulière aux trois membres du Trias

dans le Nord de l'Allemagne, par ce fait que feu Herman Von Meyer, dans sa grande monographie des reptiles du Trias, a décrit et figuré les débris de quatre-vingts espèces distinctes.

TRIAS DES ÉTATS-UNIS.

Nouveau Grès Rouge de la vallée du Connecticut. — Une dépression des roches granitiques ou hypogènes, dans les Etats de Massachusetts et de Connecticut, est occupée par des couches de grès rouge, de schiste argileux et de conglomérat qui s'étendent sur une longueur de plus de 240 kilomètres du Nord au Sud, et sur une largeur de 8 à 16 kilomètres; ces couches plongent à l'est sous des angles qui varient de 5 à 50 degrés. L'inclinaison maximum de 50 degrés est rare : on ne l'a observée que dans le voisinage de masses de trapp qui ont pénétré dans le Grès Rouge à l'époque où celui-ci s'accumulait, ou avant que ses portions les plus nouvelles eussent été déposées. J'ai eu l'occasion d'examiner cette série en plusieurs localités, et j'ai pu me convaincre que les roches ont été formées dans des eaux peu profondes et généralement près du bord, et que certaines d'entre elles ont été soumises de temps à autre à des mouvements d'élévation, et conséquemment mises à sec, tandis qu'une série nouvelle, composée de sédiments semblables, était en voie de formation.

Suivant le Professeur Hitchcock, on aurait déjà distingué dans ces roches les empreintes de pas de plus de trente-deux espèces de bipèdes, et de douze espèces de quadrupèdes. Sur ce nombre, trente espèces auraient été des oiseaux, quatre des lézards, deux des chéloniens, et six



Fig. 445. — Empreintes de pas d'un oiseau Turner's Falls, Vallée du Connecticut

suivant le Professeur Hitchcock, on aurait déjà distingué dans ces roches les empreintes de pas de plus de trente-deux espèces de bipèdes, et de douze espèces de quadrupèdes. Sur ce nombre, trente espèces auraient été des oiseaux, quatre des lézards, deux des chéloniens, et six

des batraciens. On a rencontré des traces du même genre dans plus de vingt localités différentes, sur une étendue de plus de 130 kilomètres du nord au sud; elles se reproduisent à travers une succession de couches qui dépasse sur quelques points 300 mètres d'épaisseur (1).

La plupart des empreintes laissées par ces bipèdes sont trifides, et montrent le même nombre d'articulations que le pied des oiseaux tridactyles vivants. Or, ces oiseaux ont trois phalanges au doigt interne, quatre au doigt moyen et cinq au doigt extérieur (fig. 415); l'empreinte de l'articulation terminale est celle de l'ongle seul. Les empreintes fossiles montrent toujours ces mêmes nombres lorsque les articulations sont exactement reproduites, et l'on voit, dans chaque ligne continue de traces, les doigts à trois articulations et à cinq articulations dirigés en dehors alternativement, d'abord d'un côté et puis d'un autre. Dans certains échantillons, outre la trace des trois doigts de front, on aperçoit le rudiment d'un quatrième doigt se dirigeant en arrière. Rarement la gangue s'est trouvée assez fine pour retenir l'empreinte du tégument ou peau du pied; mais, dans un échantillon très-remarquable découvert par M. le docteur Deane, à Turner's Falls, sur le Connecticut, la conservation s'est trouvée assez parfaite pour que M. Owen ait pu constater qu'il reproduisait la peau de l'autruche et non celle d'un reptile.

Les empreintes de pas démontrent que quelques-uns des fossiles bipèdes du Grès Rouge du Connecticut étaient bien plus grands que l'autruche actuelle, mais peut-être pas beaucoup plus que le *Diornis* de la Nouvelle-Zélande, genre perdu d'oiseaux géants rapportés à l'*Apteryx*, dont plusieurs espèces ont laissé leurs ossements et leurs squelettes presque entiers dans l'alluvion superficielle de cette île. En se reportant à ce que nous avons dit de l'*Iguanodon* du Weald, le lecteur remarquera que le Dinosaur, qui a laissé une série d'empreintes tridactyles sur le sable, était un peu intermédiaire entre les reptiles et les oiseaux.

Dans l'état actuel de nos connaissances, il n'est pas

(1) Hitchcock, *Mem. of Amer. Acad.* Nouvelle série, vol. III, p. 129. 1848.

possible d'établir exactement l'âge du grès rouge et du schiste qui contiennent ces anciennes empreintes aux Etats-Unis. On n'a encore trouvé dans le dépôt aucune coquille fossile ni aucune plante dans un état convenable de conservation. Les poissons fossiles y sont nombreux et bien conservés; ils appartiennent à un type particulier, nommé *Ischypterus* par Sir Philip Egerton, d'après la grandeur et la force des rayons de la nageoire dorsale, (de ισχύς, force, et πτερών, nageoire),

Bien qu'on ne puisse établir à l'aide de la superposition directe, l'âge des couches du Connecticut, on peut pourtant le présumer d'après la configuration de la contrée. Celle-ci prouve que le dépôt de ces couches a suivi les mouvements auxquels la chaîne des Alleghany ou Monts Apalaches doit ses inflexions, car cette chaîne renferme parmi ses roches contournées la formation houillère ancienne ou Paléozoïque.

Bassin houiller de Richmond, Virginie. — Dans la Virginie, à 21 kilomètres est environ de Richmond, capitale de cet Etat, on rencontre, dans une dépression des roches granitiques, un bassin houiller qui occupe une position géologique analogue à celle du nouveau Grès Rouge, ci-dessus mentionné, de la vallée du Connecticut. Son étendue est de 41 kilomètres du nord au sud, et de 6 à 18 kilomètres de l'est à l'ouest.

Les plantes y sont principalement des zamites, calamites, equisetes et fougères; et le Professeur Heer les considère, dans leur ensemble, comme ayant la plus grande affinité avec celles du Keuper d'Europe.

Les equisetes ou prêles s'y montrent communément en position verticale, et sont plus ou moins comprimées dans le sens vertical. Il est clair qu'elles ont crû sur la place même où on les rencontre aujourd'hui, au sein de couches dures de sable et de limon. Je les ai observées, conservant cette position verticale, sur des points éloignés de plusieurs kilomètres les uns des autres, parmi des couches les unes supérieures aux lits de houille et les autres intercalées dans ces mêmes lits. Pour expliquer ce fait, il faut admettre que ces schistes argileux et ces grès se sont accumulés graduellement pendant un affaissement lent et répété de la contrée entière.

Les poissons fossiles sont des Ganoïdes, quelques-uns du genre *Catopterus*, d'autres appartiennent au genre liasique *Tetragonolepsis* (*Echmodus*) (voir fig. 383, p. 457). Deux espèces d'*Entomotraca* appelées *Estheria* se rencontrent en telle profusion dans quelques-uns de ces lits schisteux, que ceux-ci se divisent en feuillets comme les plaques de mica dans les schistes micacés (fig. 416).

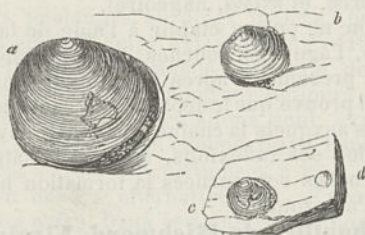


Fig. 416. — a. *Estheria ovata*. b. Jeune de la même.
c. Grandeur naturelle de a. d. Grandeur naturelle de b.
Schiste houiller Triasique, Richmond, Virginie.

Ce terrain houiller de Virginie se compose de grès grossiers (*grits*), de grès ordinaires et de schistes, tout à fait semblables à ceux des terrains de date plus ancienne ou primaire d'Amérique ou d'Europe; il égale ces derniers, s'il ne les surpasse pas, quant à la richesse et à la puissance des lits de houille. Le principal de ces lits a, sur quelques points, 9 à 12 mètres d'épaisseur; il est formé de houille pure bitumineuse. La houille égale en qualité les meilleurs produits de Newcastle, et donne, à l'analyse, les mêmes proportions de carbone et d'hydrogène. Ce fait est digne de remarque si l'on considère que ce combustible dérive d'un assemblage de plantes très différentes de celles qui ont contribué à la formation de la houille ancienne ou Paléozoïque.

Mammifère Triasique. — Dans la Caroline du Nord, feu le Professeur Emmons a décrit les couches du terrain houiller de Chatham, du même âge que celles des environs de Richmond, en Virginie. Dans les lits sous-jacents à cette formation il a trouvé trois mâchoires d'un petit mammifère insectivore, allié de très-près au

Spalacotherium, et qu'il a nommé *Dromatherium Sylvestre*. Son analogue vivant le plus rapproché, dit le Professeur Owen, « serait le *Myrmecobius*, car chaque branche de la mâchoire inférieure contenait dix petites molaires en série continue, une canine et trois incisives coniques, — ces dernières séparées par de petits intervalles. »

L'infériorité organique des mammifères anciens est favorable à la théorie du développement progressif. — Il y a toute raison de croire que le quadrupède fossile susmentionné est au moins aussi ancien que le *Microlestes* du Trias Européen, déjà décrit p. 472. Ce fait est d'une haute importance, en ce qu'il prouve que certains marsupiaux d'un ordre inférieur ont non-seulement existé pendant une longue durée de temps, depuis l'époque du Trias jusqu'à celle du Purbeck ou couches oolithiques supérieures d'Europe, mais qu'ils ont aussi occupé de grands espaces, savoir : depuis l'Europe jusqu'à l'Amérique septentrionale, dans les directions est et ouest, et, au point de vue de la latitude, depuis Stonesfield, 52° N. jusqu'à la Caroline du Nord, 35° N.

En Europe, si les trois localités de Purbeck, Stonesfield et Stuttgart, où l'on a trouvé les mammifères les plus anciens, eussent toutes appartenu à des formations du même âge, on pourrait supposer qu'une étendue aussi limitée a été exclusivement peuplée de mammifères à poches, comme c'est aujourd'hui le cas en Australie, tandis que les autres parties du globe étaient habitées par des placentaires. L'Australie, en effet, fait vivre aujourd'hui cent soixante espèces de marsupiaux, lorsque le reste des continents et des îles est occupé par dix-sept cents espèces de mammifères, sur lesquels on ne compte que quarante-six espèces de marsupiaux, tels que les Opossums de l'Amérique septentrionale et méridionale. Or, la grande différence d'âge des couches dans chacune des trois localités semble indiquer que des quadrupèdes d'un ordre inférieur y ont prédominé pendant un laps considérable de temps, c'est-à-dire depuis l'époque du Trias supérieur jusqu'à celle des couches du Purbeck; et cette persistance, en Europe, de types d'ordres et de genres semblables, pendant que les espèces se modi-

fiaient, que les poissons, les reptiles et les mollusques subissaient de grands changements, nous conduit naturellement à penser que les marsupiaux doivent aussi avoir occupé de vastes étendues pendant cette portion de l'époque Secondaire ou Mésozoïque qui a été appelée *l'âge des reptiles*. La découverte du *Dromatherium* que nous venons de citer, dans le Trias de l'Amérique du Nord, a confirmé l'opinion que nous venons d'émettre concernant la vaste distribution géographique des anciens marsupiaux. La prédominance, aux premiers âges, de ces mammifères de degré inférieur, et l'absence, en même temps, du moins d'après les résultats connus jusqu'à ce jour, d'espèces d'une organisation élevée, aquatiques ou terrestres, militent certainement en faveur de la théorie du développement progressif.

SÉRIE PRIMAIRE OU PALÉOZOÏQUE.

CHAPITRE XXII

GROUPE PERMIEN OU DU CALCAIRE MAGNÉSIEEN.

Ligne de démarcation entre les roches Mésozoïques et Paléozoïques. — Distinction des fossiles Triasiques et Permien. — Signification du mot Permien. — Épaisseur des roches sédimentaires et calcaires dans le nord de l'Angleterre. — Permien Supérieur, Moyen et Inférieur. — Coquilles marines et coraux du Calcaire Magnésien d'Angleterre. — Reptiles et Poissons du schiste marneux Permien. — Empreintes de pas de reptiles. — Brèches angulaires dans le Permien Inférieur. — Étendue de la terre ferme dans la période Permienne. — Roches Permienues du Continent. — Zechstein et Rothliegendes de Thuringe. — Flore Permienne. — Son affinité générique avec la flore Carbonifère.

En poursuivant notre examen des couches dans l'ordre descendant nous avons à passer de la base des roches Secondaires ou Mésozoïques aux roches supérieures ou les plus récentes des formations Primaires ou Paléozoïques. Ce point ayant été choisi comme ligne de démarcation pour l'une des trois grandes divisions de la série fossilifère, l'étudiant devrait naturellement s'attendre à pouvoir reconnaître facilement, au moyen des caractères lithologiques et paléontologiques, une lacune tranchée entre le groupe nouveau et le groupe ancien. Mais il est loin d'en être ainsi dans la Grande-Bretagne où les géologues trouvent plus de difficulté que partout ailleurs à tracer une ligne de démarcation entre la série Primaire et la série Secondaire. L'obscurité est née de la grande ressemblance que présentent entre elles, sous le rapport de la couleur et du caractère minéralogique, les couches

formées de marnes rouges et de grès du Trias et du Permien, ainsi que de la rareté et souvent du manque total de restes organiques dans ces dépôts. L'épaisseur des couches appartenant à chacun des groupes s'élève, en quelques endroits, à plusieurs centaines de mètres, et un examen soigneux de leur position géologique et des formes fossiles, animales et végétales, qu'on rencontre parfois dans quelques-uns des membres de chaque série, a démontré finalement que les roches plus anciennes ou Permiennees se rapprochent bien plus des couches Primaires ou Paléozoïques que des formations Secondaires ou Mésozoïques que nous avons déjà décrites.

Ce groupe a reçu de Sir R. Murchison le nom de Permien, de la province russe de Perm, où ce terrain occupe une surface double de celle de la France, et contient en abondance des fossiles variés, vertébrés et invertébrés. En 1832, le Professeur Sedgwick (1), a décrit le Calcaire Magnésien, aujourd'hui reconnu comme formant le membre central de ce groupe, et a montré qu'il atteint une épaisseur de 180 mètres, le long de la partie nord-est de l'Angleterre, dans les Comtés de Durham, d'York et de Nottingham; sa portion inférieure passe souvent au schiste marneux fossilifère et repose sur un Grès Rouge inférieur, équivalent des Rothliegendes d'Allemagne. On a démontré depuis que quelques Grès Rouges de date plus récente appartiennent aussi au Groupe Permien; et il paraît, d'après les observations de M. Binney, Sir R. Murchison, M. Harkners et autres, que c'est dans la région où le calcaire est le plus largement développé, dans le Comté de Durham, par exemple, que les Grès Rouges ou roches sédimentaires associées offrent le moins d'épaisseur, tandis que dans la contrée où ces derniers dépôts sont plus épais le membre calcaire est réduit à n'avoir qu'une épaisseur de 0^m90 et même quelquefois 0^m30. Il est donc évident, dit M. Hull, que la région sédimentaire, dans le nord de l'Angleterre, s'est établie à l'ouest, et la région calcaire à l'est; et que, dans ce groupe, les deux types de couches se sont développés dans des directions opposées.

(1) *Trans. Geol. Soc. Lond.*, 2^e série, vol. III, p. 37.

Le tableau suivant le démontrera d'une manière plus frappante :

ÉPAISSEUR DES COUCHES PERMIENNES DANS LE NORD
DE L'ANGLETERRE.

	N. O. de l'Angleterre.	N. E. de l'Angleterre.
	—	
	Mètres.	
Permien Supérieur (Sédimentaire)	180	15—30
— Moyen (Calcaire).	3—9	180
— Inférieur (Sédimentaire)	900	30—75 (1)

Permien Supérieur. — La division qui est désignée dans ce tableau sous le nom de Permien Supérieur se montre dans sa principale épaisseur dans le nord-ouest de l'Angleterre, à Saint-Bees Head, sur la côte du Cumberland ; elle a été décrite par Sir Roderick Murchison et consiste en grès et argiles rouges avec gypse reposant sur une bande mince de calcaire Magnésien fossilifère. Celui-ci, à son tour, se rattache au Grès Rouge Inférieur, qui ressemble au Grès Rouge Supérieur de telle manière que l'ensemble forme une série continue. On n'a pas rencontré d'empreintes de pas fossiles dans ces Grès Rouges, Supérieur ou Inférieur.

Permien moyen. — Calcaire magnésien et Schiste marneux. — On voit cette formation sur la côte des comtés de Durham et d'York, entre le Wear et la Tees. Ses fossiles caractéristiques comprennent le *Schizodus*



Fig. 417.
Schizodus Schlotheimi,
Geinitz.
Calcaire Permien cristallin.



Fig. 418.
Charnière du *Schizodus*
truncatus, King.
Permien.



Fig. 419.
Mytilus septifer, King.
Syn. *Modiola acuminata*,
Sow. Calcaire Permien
cristallin.

Schlotheimi (fig. 417) et le *Mytilus septifer* (fig. 419). On

(1) Edward Hull, *Classification Ternaire*, Quart. Journ. of science. N° XXIII, 1869.

rencontre ces coquilles à Hartlepool et Sunderland, localités où elles prennent une structure oolithique et botryoïde. Quelques-uns des lits sont ondulés, et sur quelques points de la côte de Durham, la roche, qui n'est pas cristalline, contient jusqu'à 45 pour cent de carbonate de magnésie mêlé de carbonate de chaux. En d'autres endroits, cette formation, très-variable dans sa structure, consiste principalement en carbonate de chaux et se présente sous forme de masses concrétionnées, globulaires, hémisphériques, dont la grosseur varie depuis celle d'une petite bille à jouer jusqu'à celle d'un boulet de canon, et dont l'intérieur est rayonné du centre à la circonférence. Parfois, des lits terreux et pulvérulents passent à un calcaire compacte ou à une dolomie dure et grenue. Quelquefois le calcaire se présente sous forme d'une brèche, dont les fragments unis ensemble ne proviennent pas de roches étrangères, mais paraissent provenir de détritiques qui auraient été fournis par le calcaire Permien lui-même, à l'époque de sa consolidation. Quelques-unes des masses anguleuses de la falaise de Tynemouth ont 60 centimètres de diamètre.

Le Calcaire Magnésien devient quelquefois très-fossilifère et renferme en son sein un grand nombre de dé-

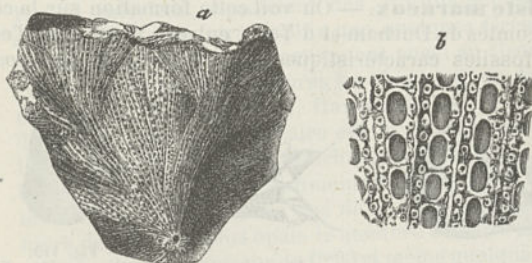


Fig. 420.

a. *Fenestella retiformis*. Schlot. Syn. *Gorgonia infundibuliformis*, Goldf.;
Retepora flustracea, Phillips.

b. Portion de la même considérablement grossie.

Calcaire magnésien, Humbleton Hill, près Sunderland (1).

licats polyzoaires, dont l'un, *Fenestella retiformis* (fig.420),

(1) *Monographie de King*. pl. 2.

est une espèce très-variable et a reçu différents noms. Il atteint quelquefois une grande taille, son diamètre peut aller jusqu'à 20 centimètres. On trouve aussi abondamment dans le Permien d'Allemagne le même polyzoaire, avec quatre autres espèces propres à l'Angleterre.

Le total connu de la faune de la série Permienne, dans la Grande-Bretagne, comprend en ce moment 147 espèces, sur lesquelles 77, ou plus de la moitié, sont des mollusques. Aucune d'elles ne se rencontre dans les roches plus récentes que les formations Paléozoïques, et le groupe des Brachiopodes est le seul qui ait fourni des espèces communes aux roches plus anciennes ou Carbonifères. La *Lingula Crednerii* (fig. 422) en est un exemple. Cette formation a fourni 25 gasteropodes, et un seul céphalopode, le *Nautilus Freieslebeni*, que l'on rencontre aussi dans le Zechstein Allemand.

Les coquilles des genres *Productus* (fig. 421) et *Strophalosia* (celui-ci voisin du premier par les dents qui garnissent l'intérieur de la charnière), que l'on ne rencontre pas dans les couches plus nouvelles que le Permien, abondent dans le calcaire magnésien jaune ordinaire, comme on peut le voir dans les excellents mémoires de MM. King et Howse. Elles sont accompagnées de cer-



Fig. 421.
Productus horridus,
Sowerby (*P. Calvus*, Sow).
Sunderland et Durham,
Calcaire magnésien;
Zechstein et Kupferschiefer,
Allemagne.



Fig. 422.
Lingula Crednerii
(Geinitz).
Calcaire magnésien
et carbonifère.
Schiste marneux
de Durham;
Zechstein,
Thuringe.



Fig. 423.
Spirifera atata, Schloth.
Syn. *Trigonotreta undulata*,
Sow. Monographie de King.
Calcaire magnésien.

taines espèces de *Spirifera* (fig. 423), *Lingula Crednerii* (fig. 422) et autres brachiopodes qui ont tous les caractères de véritables types primaires ou Paléozoïques. Quelques-unes des coquilles de cette même tribu, telles que *Camarophoria* alliée à *Rhynchonella*, *Spiriferina* et deux espèces de *Lingula*, sont spécifiquement les mêmes que

celles des roches carbonifères. Les *Avicula*, *Area* et *Schizodus* (fig. 417), et autres bivalves Lamellibranches abondent dans le même dépôt, mais les univalves spirales y sont très-rares.

Au-dessous du calcaire gît une formation appelée schiste marneux, qui consiste en argiles calcarifères dures, en schiste marneux, et en calcaire à lits très-minces. Vers East Thickeley, Comté de Durham, cette division mesure 9 mètres d'épaisseur, elle a fourni plusieurs beaux échantillons de poissons fossiles : 10 espèces appartiennent au genre *Palæoniscus*, 2 au *Pygopterus*, 2 au *Cælacanthus* et 2 au *Platysomus*; tous ces genres sont communs à la formation carbonifère plus ancienne, mais les espèces Permienne sont particulières au dépôt, et sont, pour la plupart, identiques avec celles que l'on rencontre dans le schiste marneux ou schiste cuprifère de Thuringe.

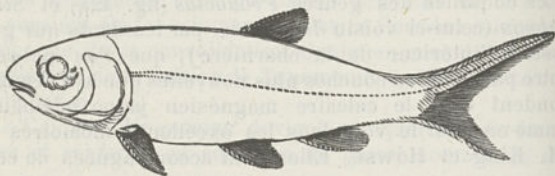


Fig. 424. — Contour restauré d'un poisson du genre *Palæoniscus*, Agass. *Palæothrissum*, Blainville.

Le *Palæoniscus* ci-dessus mentionné appartient à la division des *Hétérocerques* de M. Agassiz, poissons dont la queue était inégalement bilobée, comme chez les requins et les esturgeons actuels, et dont la colonne vertébrale se prolongeait dans le lobe caudal supérieur (voir fig. 425). Les poissons *Homocercques* qui comprennent à peu près la totalité des 9,000 espèces connues dans la création vivante actuelle, ont la nageoire caudale tantôt simple et tantôt également divisée; mais chez eux, la colonne vertébrale finit brusquement et ne se prolonge dans aucun des lobes (fig. 426). Or, Agassiz a signalé ce fait singulier que la forme hétérocerque, limitée à un très-petit nombre de genres existants, se montre au contraire universelle dans le Calcaire Magnésien et dans toutes les

formations plus anciennes. Ce trait caractérise les époques primitives de l'histoire de la terre, tandis que les poissons homocerques prédominent au sein des couches secondaires, ou couches plus nouvelles que le Permien.

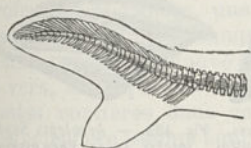


Fig. 425. — Requin.
Heterocerque.

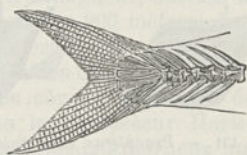


Fig. 426. — Alose (*Clupea*. Tribu
des Harengs.) *Homocerque.*

Sir Philips Egerton a donné, des espèces de poissons caractéristiques du schiste marneux, une description très-complète qui se trouve dans la Monographie publiée par le Professeur King; on y voit des figures d'ichthyolites entiers et bien conservés. Les écailles mêmes y sont figurées d'une manière si caractérisée, qu'il suffit habituellement d'une seule pour indiquer le genre et quelquefois jusqu'à l'espèce particulière des poissons qu'elles ont recouverts. Ces écailles isolées sont souvent très-répandues à travers les couches; elles peuvent être fort utiles pour la détermination de l'âge d'une roche.

ÉCAILLES DE POISSONS. CALCAIRE MAGNÉSIEN.

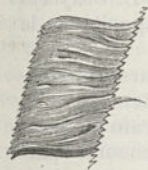


Fig. 427.

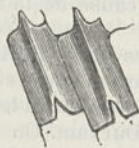


Fig. 428.

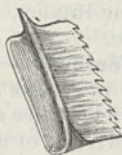


Fig. 429.

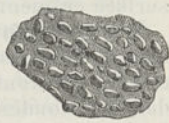


Fig. 430.

Fig. 427. *Palæoniscus comptus*, Agass. Écaille grossie. Schiste marneux.

Fig. 428. — *Palæoniscus elegans*, Sedg. Face inférieure de l'écaille, grossie. Schiste marneux.

Fig. 429. — *Palæoniscus glaphyrus*, Agass. Face inférieure de l'écaille, grossie. Schiste marneux.

Fig. 430. — *Celacanthus granulatus*, Agass. Surface granulée de l'écaille, grossie. Schiste marneux.

On doit à M. Joseph Duff, de l'Evêché d'Auckland, qui a été cité par MM. Hancock et Howse, la découverte dans ce schiste marneux, à Midderige, Durham, de deux espèces de *Protosaurus*, genre de reptile dont un représentant,

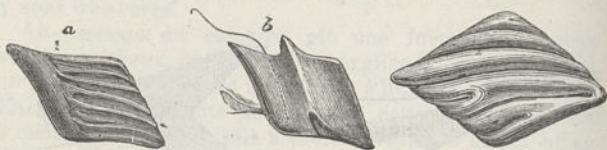


Fig. 431. — *Pygopterus mandibularis*, Agass. Schiste marneux. — a. Face externe de l'écaille grossie. — b. Face inférieure de l'écaille.

Fig. 432. — *Acrolepis Segdwickii*, Agass. Face externe de l'écaille grossie. Schiste marneux.

le *P. Speneri* est resté célèbre depuis 1810, comme caractérisant le Kupfer-Schiefer ou Permien de Thuringe. Le Professeur Huxley nous informe que la ressemblance d'un des fossiles du Durham avec le dessin qu'a donné Hermann von Meyer de l'échantillon allemand est on ne peut plus frappante. Quoique la tête manque dans tous les spécimens trouvés jusqu'à ce jour, ces exemples montrent clairement que ces fossiles appartiennent à l'ordre des *Lacertiens* et sont, par conséquent, d'un ordre supérieur à celui de tous les autres vertébrés que l'on ait encore trouvés à l'état fossile dans les roches Paléozoïques. On a aussi rencontré dans le même schiste, près de Durham, des restes d'un *Labyrinthodon* (1), *Lépidosaurus Duffii*, et dans une carrière de grès Permien, à Kenilworth, le crâne d'une autre espèce, nommée *L. Dasyceps* par le Professeur Huxley, à cause de la rugosité de la surface crânienne.

Permien Inférieur. — Les grès inférieurs qui viennent au-dessous du schiste marneux, consistent en grès et sable séparant le calcaire magnésien du terrain houiller, dans les Comtés d'York et de Durham. On rencontre parfois une marne rouge et du gypse associés à ces couches. M. Sedgwick les a classées avec le Calcaire Magnésien, bien que leurs rapports avec ce calcaire soient très-obscurs, parce qu'elles sont presque continues avec celui-ci

(1) Hancock et Howse, *Quart. Geol. Journ.*, vol. XXVI, pl. XXXVIII.

dans le sens de leur étendue géographique. Mais le développement principal du Permien Inférieur se trouve, comme on l'a vu dans le tableau de M. Hull, p. 499, dans le nord-ouest, où le grès appelé Penrith, les brèches associées et les schistes d'un rouge vif atteignent, suivant le Professeur Harkness, une épaisseur de 900 mètres. Les restes organiques manquent généralement dans ces couches, mais on a trouvé des empreintes de pas, des traces de vers, ainsi que des feuilles, des cônes et du bois de plantes conifères dans celles que le Professeur Harkness considère comme équivalentes du schiste marneux qui recouvre les sables de Penrith, à Hilton. Les grès rouges du Corncockle Muir, près de Dumfries, ont fourni des empreintes de pas de reptiles très-nettes, que l'on avait d'abord rapportées au Trias, mais que M. Binney, en 1856, a démontré appartenir au Permien. On n'a encore découvert aucun ossement des animaux qui sont indiqués par ces empreintes.

Brèches anguleuses dans le Permien Inférieur. — Fait remarquable, on rencontre parfois dans ces couches, spécialement à la base de la formation, des fragments anguleux et quelquefois arrondis de roches Carbonifères et d'autres roches plus anciennes des districts voisins qui sont empâtés dans une gangue rouge. Quelques-unes de ces masses anguleuses offrent de grandes dimensions.

Dans les comtés du centre et du midi, où manque le Permien Moyen ou Calcaire Magnésien, il est difficile de séparer les grès supérieurs des grès inférieurs; et M. Hull est d'avis que les lambeaux de cette formation, disséminés çà et là dans le Worcestershire, Shrospire et autres comtés, peuvent avoir été déposés dans une mer séparée du bassin septentrional par une barrière de roches carbonifères qui s'étendent à l'est et à l'ouest, et se trouvent actuellement cachées sous les couches Triasiques du Cheshire. On trouve des brèches semblables à celles que nous venons de décrire dans les plus méridionaux des comtés cités plus haut, et leur présence est rendue plus frappante par le contraste marqué qu'elles présentent avec les lits de cailloux roulés et arrondis du Trias qui occupent une grande étendue de la même région.

Le Professeur Ramsay attribue la forme anguleuse et

la grosseur considérable des fragments qui composent ces brèches à l'action de la glace flottant dans la mer. Ces masses anguleuses, dont quelques-unes pèsent plus d'une demi-tonne, gisent confusément dans une marne rouge et non stratifiée, comme les pierres dans un terrain de transport caillouteux. Parfois elles se montrent polies, striées et sillonnées, comme les blocs erratiques dans une moraine de glacier. En certains cas, on peut observer qu'elles ont parcouru la distance de 50 kilomètres et plus qui les sépare des roches mères, sans avoir rien perdu de leur forme anguleuse (1).

Etendue de la terre ferme dans la période Permienne. — J'ai déjà dit, en traitant du Keuper, que le Professeur Ramsay pense que les couches Triasiques ont été formées dans des lacs intérieurs pendant une période continentale et qu'il est porté à croire que des conditions semblables ont prévalu pendant le dépôt de la série Permienne. Les empreintes de pas du vallon d'Eden, remarque le même auteur, les crevasses produites par le soleil, les marques de pluie et les rides imprimées sur les couches semblent indiquer des surfaces de rivages; de plus, la nature rabougrie et chétive des fossiles du calcaire magnésien des couches Permienne Supérieures du Lancashire ressemble à celle de la faune mollusque de la Mer Caspienne. D'un autre côté, le Calcaire Magnésien de l'est de l'Angleterre renferme une faune marine beaucoup plus riche, qui indique une communication plus libre avec l'Océan (2).

Roches Permienne du Continent. — L'Allemagne est la terre classique du Calcaire Magnésien, appelé aujourd'hui Permien. Les mineurs de ce pays l'ont parfaitement étudié il y a un siècle et ont constaté qu'il renfermait une bande mince de schiste brun cuprifère, caractérisé à Mansfield, en Thuringe, par de nombreux poissons fossiles. Au-dessous de quelques grès bigarrés qui n'appartiennent pas au Trias, quoiqu'on les ait confondus souvent avec lui, ces schistes passent en bas d'abord sur un

(1) Ramsay, *Quart. Geol. Journ.* 1855, et Lyell, *Principes de géologie*, vol. I. p. 270.

(2) Ramsay, *Quart. Geol. Journ.*, vol. XXVII, p. 247.

calcaire dolomitique correspondant à la portion supérieure du Permien Moyen, et puis sur une marne schisteuse fortement imprégnée de pyrites cuivreuses qui renferme des poissons et des reptiles (*Protorosaurus*), spécifiquement identiques avec ceux du schiste marneux correspondant du comté de Durham. Ce calcaire a reçu le nom de Zechstein, et la marne schisteuse celui de Mergel-Schiefer ou Kupfer-schiefer. Au-dessous du groupe fossilifère, gisent les Rothliegenden ou Roth-todt-liegendes (rouges couches ou rouges-mortes-couches). Le premier nom leur a été donné par les mineurs Allemands à cause de leur couleur rouge, et le second parce que le cuivre *meurt*, disparaît, lorsqu'on arrive à ce membre sous-jacent, non métallifère de la série. En réalité, ces couches rouges inférieures ne sont qu'un grand dépôt de grès rouge, de brèches et de conglomérat auxquels sont associés des porphyres, des basaltes et des amygdaloïdes.

En Russie, d'après Sir R. Murchison, les roches Permiennees se composent de calcaire blanc avec gypse et sel blanc; il s'y rencontre aussi des grès grossiers rouges et verts qui contiennent accidentellement du minerai de cuivre, et enfin des calcaires magnésiens, des marnes dures et des conglomérats.

Flore Permienne. — On connaît environ 18 ou 20 espèces de plantes dans les roches Permiennees d'Angleterre. Aucune d'elles ne passe en bas dans la série Carbonifère, mais plusieurs genres, tels que *Alethopteris*, *Neuropteris* et *Walchia* sont communs aux deux groupes. D'après les recherches de MM. Murchison et de Verneuil, en Russie, et de MM. Geinitz et Von Guthier, en Saxe, la flore Permienne du Continent paraît être, à quelques exceptions près, tout à fait distincte de celle du terrain houiller.

Dans les roches Permiennees de Saxe, on ne compte pas moins de 60 espèces de plantes fossiles, sur lesquelles deux ou trois, les *Calamites gigas*, *Sphénopteris crosa* et *S. lobata* se présentent aussi dans le gouvernement de Perm, en Russie. Sept autres, suivant Geinitz, sont communes au terrain houiller; ce sont en particulier les *Neuropteris Loshii*, *Pecopteris arborescens*, *P. Similis* et plusieurs espèces de *Walchia* (Voir fig. 433), genre

de Conifères appelés *Lycopodites* par quelques auteurs,



Fig. 433. — *Walchia piniformis*, Schloth. Permien, Saxe. (Gutbier, Die Versteinerungen des Permischen Systemes in Sachsen, vol. II, pl. x).
a Branche. — b Rameau. — c Feuille Grossie.

Au nombre des genres qui ont été signalés par le Colonel Gutbier figurent le fruit appelé *Cardiocarpon* (voir fig.



Fig. 435. — *Noeggerathia cuneifolia*, Brongniart.



Fig. 434.
Cardiocarpon Ottonis. Gutbier.
Permien. Saxe.
Demi-grandeur.

434), l'*Asterophyllites*, et l'*Annularia*, si caractéristiques de la période Carbonifère; on y trouve aussi le *Lepidodendron* commun au Permien de Saxe, de Thuringe et de Russie, quoiqu'il ne soit nulle part abondant. Le *Noeg-*

gerathia (voir fig. 435), dont les feuilles ont des veines parallèles sans côte médiane, et auquel on a donné divers synonymes génériques, tels que *Cordaites*, *Flabellaria* et *Poacites*, est un autre lien entre la végétation Permienne et la végétation Carbonifère. On rencontre également dans ce terrain des conifères de la division des *Araucaria*, mais ceux-ci se trouvent à la fois dans des roches

plus anciennes et dans des roches plus nouvelles. Les plantes connues sous les noms de *Sigillaria* et *Stigmara*, qui impriment une physionomie si tranchée à la période Carbonifère, ont manqué jusqu'à présent dans la formation Permienne proprement dite.

Parmi les fossiles remarquables des Rothliengendes, ou partie inférieure du Permien, en Saxe et en Bohême, on cite des troncs silicifiés de fougères arborescentes, désignées sous le nom générique de *Psaronius*. Leur écorce était entourée d'une masse épaisse de racines aériennes, qui augmentaient souvent l'épaisseur de la tige normale, au point d'en doubler ou même d'en quadrupler le diamètre. La même remarque peut être faite à l'égard de certaines fougères arborescentes qui existent au delà des tropiques, particulièrement à la Nouvelle-Zélande.

On voit donc que tandis que les plantes du schiste marneux ou Permien Moyen diffèrent considérablement de celles de la Période Houillère, les plantes du Rothliengende d'Allemagne, qui appartient au Permien Inférieur, commencent à montrer une affinité générique très-étroite avec les formes Carbonifères.

CHAPITRE XXIII

LA HOUILLE OU GROUPE CARBONIFÈRE.

Subdivisions principales du groupe Carbonifère. — Épaisseur des membres sédimentaires différente de celle des membres calcaires en Écosse et dans l'Angleterre méridionale. — Étage houiller. — Nature terrestre du développement de la houille. — Arbres fossiles en position verticale. — Combinaisons de plusieurs lits minces de houille en une seule couche épaisse. — Explication de la pureté de la houille. — Conversion de la houille en anthracite. — Origine du fer carbonaté lithoïde (*Clay iron stone*). — Couches marines et d'eau saumâtre dans le terrain houiller. — Insectes fossiles. — Reptiles batraciens. — Amphibies carbonifères. — Empreintes de pas de Labyrinthodons dans l'étage houiller. — Bassin houiller de la Nouvelle-Écosse avec couches successives d'arbres fossiles en position verticale. — Structure de la houille en Amérique et en Europe. — Animaux à respiration aérienne du terrain houiller d'Amérique. — Changements de condition des continents et de la mer indiqués par les couches Carbonifères de la Nouvelle-Écosse.

Subdivisions principales du Groupe Carbonifère. — Le premier groupe que l'on rencontre ensuite dans l'ordre descendant est le Carbonifère, communément appelé *la Houille (the Coal)* (1), parce qu'il contient différents lits de ce combustible à l'état plus ou moins pur, et en stratification alternante avec les grès, les schistes et les calcaires. La houille proprement dite ne forme guère à elle seule, même en Angleterre et en Belgique, où elle abonde, qu'une portion insignifiante de la masse totale. Dans les Galles du Sud, par exemple, la puissance

(1) Nous ne saurions, dans tous les cas, conserver en français cette expression pour désigner le groupe : elle implique trop exclusivement, dans notre idiome, le combustible charbonneux seul ; nous lui substituerons souvent celle de *Terrain houiller*, plus usitée chez nous.

(Note du traducteur.)

des couches carbonifères est de 330 à 360 mètres, tandis que les couches diverses de combustible, au nombre de quatre-vingts, ne dépassent pas ensemble, d'après l'estimation de M. Phillips, 36 mètres d'épaisseur.

La formation carbonifère revêt des caractères différents dans les diverses parties des Îles Britanniques. Ordinairement elle se compose de deux membres distincts : 1^o les couches sédimentaires, habituellement désignées sous le nom d'Étage de la houille, d'origine mixte, et comprenant des formations d'eau douce, terrestres et marines, parmi lesquelles se trouvent des lits de houille ; 2^o le Calcaire Carbonifère, appelé en Angleterre Calcaire de Montagne, d'origine exclusivement marine et surtout composé de coraux, de coquilles et d'encrinites ; il repose sur des couches alternantes de calcaire et de schiste nommé schiste du Calcaire Inférieur.

Dans la partie sud-ouest de la Grande-Bretagne, dans le Somersetshire et les Galles du Sud, les trois divisions reconnues sont les suivantes :

1. Étage de la Houille (Coal Measures).	{ Couches de Schiste, de Grès et de Grit (Grès grossier), d'une épaisseur de 180 à 3,000 mètres, avec lits minces accidentels de houille.
2. Millstone Grit (Grès à moudre).	{ Grès quartzeux grossier et conglomérat, quelquefois employé comme pierre à moudre, avec des lits de schiste : absence ordinaire de houille ; épaisseur dépassant, en certains cas, 180 mètres (<i>Farewell Rock</i>).
3. Calcaire de Montagne ou carbonifère.	{ Roche calcaire contenant des coquilles marines, des coraux et des encrinites ; puissance variable, s'élevant quelquefois à plus de 600 mètres.

En se reportant à la coupe représentée par la figure 85, p. 144, le lecteur remarquera que les étages supérieur et inférieur de la houille, dans le bassin houiller des environs de Bristol, sont séparés par un grès ardoisier micacé, appelé le *Pennant Rock*, d'environ 450 mètres d'épaisseur. L'Étage Houiller inférieur de la même coupe repose sur un grès grossier appelé Millstone Grit (Grès à moudre). (N^o 2 du tableau ci-dessus.)

Dans le terrain houiller de la Galles du Sud, le Millstone Grit se trouve de même à la base de la houille exploitable. Il a reçu des mineurs le nom de *Farewell Rock*, (roche d'adieu), parce que lorsqu'ils ont atteint cette roche,

il ne leur reste plus d'espoir d'obtenir de la houille, à une plus grande profondeur, dans le même district. Dans les terrains houillers du centre et du nord de l'Angleterre, ce même grès grossier, renfermant des galets de quartz, avec des grès et des schistes qui contiennent des plantes de la houille, acquiert une épaisseur de plusieurs centaines de mètres; il est surmonté par l'étage houiller exploitable qui atteint une puissance de près de 3,000 mètres.

Au-dessous du Millstone Grit se continuent des grès et des schistes semblables que le Professeur Phillips a désignés sous le nom de série Yoredale, de la localité d'Yoredale, dans le Yorkshire, où cette formation atteint une épaisseur de 240 à 300 mètres. A plusieurs intervalles des bandes de calcaire divisent cette partie de la série, et l'une d'elles, appelée Calcaire Principal (Main Limestone) ou Calcaire Fissuré Supérieur (Upper Scar Limestone), se compose, en grande partie, d'encrinites, et présente 21 mètres d'épaisseur. On rencontre aussi des lits minces de houille dans ces couches inférieures d'Yoredale (Yorkshire); ils indiquent que dans cette région l'état de la surface a subi de grandes variations alternatives; car, à des périodes successives, il y a eu, sur la même étendue: 1° prédominance de conditions terrestres favorables à la production de la houille pure; 2° une mer d'une certaine profondeur propre à la formation du calcaire carbonifère, et 3° une provision de sédiment boueux et de sable qui a fourni les matériaux nécessaires au développement des schistes et des grès. Il n'existe pas de ligne de démarcation tranchée entre l'Etage Houiller et le Millstone Grit; il n'y en a pas davantage entre ce dernier dépôt et les roches d'Yoredale sous-jacentes.

Si l'on compare entre elles plusieurs coupes verticales suivant la direction nord-ouest, depuis les comtés de Leicester et de Warwick jusqu'au Nord du Lancashire, on remarque, suivant M. Hull, sur une distance de 192 kilomètres, que les matières sédimentaires augmentent dans une proportion de 4,800 mètres environ.

	Mètres.
Leicestershire et Warwickshire	780
Staffordshire Nord.	2,700
Lancashire Sud.	3,640
Lancashire Nord.	5,600

Dans l'Angleterre centrale, où les couches sédimentaires sont réduites en tout à une épaisseur de 900 mètres, le Calcaire Carbonifère atteint une puissance énorme qui, selon M. Hull, s'élève jusqu'à 1,200 mètres à Ashbourne, près de Derby. On voit donc que, jusqu'à un certain point, on peut considérer le membre calcaire comme ayant pris naissance en même temps que s'accumulaient les matériaux du grit, du grès, des schistes et des lits de houille; absolument de même que les couches composées de boue, de sable et de galets, de plusieurs mètres d'épaisseur, et contenant des lits de matière végétale, sont aujourd'hui en voie de progrès dans les marécages à cyprès et dans le Delta du Mississipi, en même temps que les récifs à coraux se forment sur la côte de la Floride et dans la mer des îles Bermudes. Pour ces motifs, on peut conclure, avec certitude, que, dans l'ancien océan Carbonifère, les animaux marins qui secrétaient du calcaire ne se sont jamais franchement développés dans les étendues qui recevaient des rivières de l'eau douce chargée de sable et d'argile, et que le calcaire n'a pu acquérir une épaisseur de plusieurs centaines de mètres que sur les parties du fond de l'océan qui s'est lentement affaissé et où les eaux sont restées parfaitement claires pendant des siècles.

Les couches calcaires des terrains houillers de l'Ecosse, comme celles du Lancashire, des Lothians et de Fife, offrent, comparativement à celles de l'Angleterre, une épaisseur tout à fait insignifiante. Elles consistent en quelques lits intercalés entre les grès et les schistes, et renferment de la houille et du minerai de fer; l'épaisseur totale de tous les calcaires ne s'élève pas à plus de 45 mètres. La végétation dans quelques-unes de ces couches sédimentaires du nord, à lits de houille, est probablement plus ancienne que tout l'étage houiller de l'Angleterre centrale et méridionale, car elle est contemporaine du Calcaire de Montagne du sud. En Irlande, le calcaire l'emporte sur les schistes et les sables carbonifères. L'ancienne continuité de la plupart des terrains houillers de l'Angleterre centrale et septentrionale ressort non-seulement de la manière brusque dont les lits sont coupés au point d'affleurement, mais encore de la correspondance

remarquable qu'on observe dans la succession et les caractères de certaines couches. D'un autre côté, si ces couches ne sont visibles à la surface que sur une étendue limitée, le fait ne provient pas uniquement de l'action dénudante qu'elles ont subie anciennement, mais surtout de ce qu'elles ont été largement recouvertes par le Nouveau Grès Rouge, comme dans le Cheshire et dans les comtés du centre, ou çà et là, par les dépôts du Permien, comme dans le comté de Durham.

Les géologues les plus éminents pensent depuis longtemps que les terrains houillers du Yorkshire et du Lancashire ne constituèrent jadis qu'une seule formation, et que c'est plus tard seulement qu'eut lieu l'enlèvement de l'Étage Houiller supérieur sus-jacent, du Millstone Grit, et des roches d'Yoredale; mais ce qui est remarquable, c'est l'ancienneté de la date que l'on assigne aujourd'hui à cette dénudation, car il paraît que l'étage houiller, formant une masse épaisse de 3,000 mètres, a été enlevé même avant le dépôt des roches du Permien Inférieur, qui s'accumulèrent sur les sommets tronqués et déjà dérangés des lits de houille (1). Les couches carbonifères les plus productives de houille exploitable offrent si souvent une disposition en forme de bassin, qu'on a supposé quelquefois que ces dépressions se rapportaient à la conformation originelle de la surface sur laquelle les lits s'étaient déposés; mais on admet aujourd'hui que cette structure est due aux mouvements d'élévation et d'abaissement qu'a subis l'enveloppe terrestre, et que la flexion et l'inclinaison des lits n'ont aucun rapport avec la configuration géographique primitive du district.

ÉTAGES DE LA HOUILLE.

Je vais maintenant m'occuper plus particulièrement de l'étage houiller productif, de son mode de formation et des débris organiques qu'il renferme.

Houille formée sur la terre ferme. — Dans la Galles du Sud, déjà mentionnée, l'étage de la houille atteint une épaisseur de 3,300 mètres; les grès et les

(1) Edward Hull, *Quart. Geol. Journ.*, vol. XXIV, p. 327.

schistes qu'on y rencontre paraissent avoir été formés entièrement dans une eau de profondeur moyenne, pendant un abaissement lent, mais peut-être intermittent, du sol, et dans un pays où les rivières apportaient sans interruption leur tribut de sédiment boueux et de sable. Cette même surface s'était couverte par intervalles de vastes forêts analogues à celles que l'on voit sur les deltas des grandes rivières dans les régions chaudes, et qui seraient exposées à être submergées par les eaux douces ou salées si le sol venait à baisser de quelques décimètres.

D'après Sir H. de la Bèche, dans une coupe près de Swansea (Galles du Sud), l'étage houiller, qui a plus de 1,000 mètres d'épaisseur totale, montre dix masses principales de grès. L'une de ces masses mesure 150 mètres d'épaisseur, et, toutes ensemble, elles offrent une puissance de 650 mètres. Elles sont séparées par des schistes argileux qui varient de 3 à 15 mètres. Les lits de houille, au nombre de seize, intercalés dans le système, n'ont généralement que 30 centimètres à 1^m50 d'épaisseur; l'un d'eux, traversé de deux ou trois bandes d'argile, en présente une de 2^m75. Sur d'autres points du même bassin, les schistes argileux dominent comparativement aux grès. Bien que les lits de houille se distinguent individuellement par des étendues horizontales très-variables, ils offrent constamment le même caractère, celui de reposer tous sur une argile appelée *underclay*. Cette argile sous-jacente, accompagnant chaque lit de houille, est une sorte de schiste arénacé, auquel on donne quelquefois le nom de *fire clay* (argile réfractaire), parce qu'on en fait des briques qui résistent à la chaleur intense des fourneaux. L'épaisseur de chacune de ces couches varie de 15 centimètres à 3 mètres, et même davantage; Sir William Logan annonça le premier, en 1841, que les ouvriers mineurs de la Galles du Sud les regardent comme des membres essentiels de chacun des quatre-vingts lits de houille, ou plus, que l'on rencontre dans leur bassin. Elles forment, comme ils disent, le *plancher* sur lequel repose la houille; quelques-unes sont mélangées d'une faible proportion de matière charbonneuse, d'autres en sont complètement teintées de noir.

Toutes ces couches d'argile, comme l'a fait remarquer

Sir William Logan, sont caractérisées par un genre de plante fossile appelé *Stigmara*, que l'on y rencontre à l'exclusion de tout autre. De plus, tandis que les schistes argileux sus-jacents, ou *toits* qui recouvrent la houille, abondent en fougères et en troncs d'arbres aplatis et comprimés, sans aucunes *stigmariæ*, ces dernières plantes si singulières conservent souvent dans l'argile schisteuse sous-jacente leur forme naturelle, leurs ramifications ordinaires, et envoient à travers le limon, dans toutes les directions, des radicules fines et foliacées que l'on avait d'abord prises pour des feuilles véritables. Plusieurs espèces de *Stigmara* avaient été depuis longtemps reconnues et décrites par les botanistes avant que l'on eût constaté leur position au-dessous de chaque lit de houille, et leur véritable nature comme racine d'arbres (on en a trouvé aujourd'hui attachées à la base des troncs de *Sigillaria*). On les regardait comme des plantes aquatiques, peut-être flottantes, qui auraient étendu librement leurs branches et leurs feuilles à travers la boue liquide, et en auraient été finalement enveloppées.

Aujourd'hui qu'on s'accorde généralement à reconnaître ces argiles (*underclays*) pour d'anciens sols, il suit que partout où on les rencontre elles attestent la nature terrestre des plantes qui forment la houille sus-jacente qui consiste en troncs, branches et feuilles de ces mêmes plantes. Les troncs se sont ordinairement couchés dans la houille; il en est cependant quelques-uns qui sont restés perpendiculaires à l'ancien sol (voir fig. 447, p. 533). En étudiant les végétaux fossiles des bassins houillers d'Allemagne, M. Göppert a découvert, au sein de la houille pure, des débris de plantes de toutes les familles qui avaient été déjà rencontrées à l'état fossile dans les roches carbonifères. Plusieurs lits de houille, d'après cet auteur, sont riches en *Sigillariées*, *Lepidodendra* et *Stigmariées*; ce dernier fossile serait même tellement abondant en certains endroits, qu'il formerait la masse du combustible. Sur quelques points, les plantes sont presque exclusivement des calamites; sur d'autres, ce sont des fougères (1).

(1) *Quart. Geol. Journ.*, vol. 5; Mem., p. 47.

De 1837 à 1840, on a découvert six arbres fossiles dans le bassin houiller du Lancashire, au point où ce bassin est coupé par le chemin de fer de Bolton. Ces arbres étaient tous perpendiculaires, relativement au plan du lit qui les contenait et qui plongeait de 15 degrés environ au sud. La distance entre le premier et le dernier d'entre eux dépassait 30 mètres; toutes les racines s'étendaient à travers un schiste argileux tendre. Sur la même surface, on voyait, avec les racines, un lit de houille, épais de 20 à 25 centimètres, se prolongeant à travers la voie ferrée, c'est-à-dire sur 10 mètres au moins de longueur. Juste au-dessus des racines, et cependant au-dessous du lit de houille, on a trouvé, au milieu de nodules d'argile durcie, une si grande quantité de *Lepidostrobis variabilis*, qu'on a pu en extraire plus d'un boisseau des petites ouvertures entourant la base de chaque arbre (voir la figure de ce genre, p. 452). Le tronc de chacun d'eux se composait extérieurement d'une croûte de houille friable, dont l'épaisseur variait de 6 à 18 millimètres, mais qui tombait en s'émiettant dès qu'on la touchait. L'un de ces arbres mesurait 4^m75 de circonférence à la base, 2^m25 au sommet, et 3^m30 de longueur. Tous étaient munis de racines fortes et solides, parfois ramifiées, que l'on pouvait suivre sur une longueur de plusieurs décimètres, et qui s'avançaient probablement plus loin encore.

Dans une galerie de mine des environs de Newcastle, on a observé un grand nombre de *Sigillariæ* conservant encore la position qu'elles avaient lors de leur accroissement. Sur une étendue de 50 mètres carrés, on en a compté plus de trente, dont quelques-unes avaient de 1^m20 à 1^m50 de diamètre; leur partie interne était remplacée par du grès, et leur écorce était convertie en houille. Ces tuyaux de la houille (*coal pipes* ou *bell moulds*) sont fort redoutés des mineurs, car presque chaque année, dans les bassins de Bristol, de Newcastle, etc., ils occasionnent de graves accidents. Le cylindre de grès solide qui forme le moule de chacun de ces arbres augmente graduellement de diamètre vers la partie inférieure; dépourvu de branches, il pèse de tout son poids sur sa base, sans recevoir aucun appui de l'enveloppe de houille friable qui a remplacé l'é-

corce. Aussitôt, donc, que la cohésion de cette mince couche extérieure vient à céder, la lourde colonne tombe subitement, dans une direction perpendiculaire ou oblique, du toit de la galerie d'où l'on tire la houille, et blesse ou tue les ouvriers qu'elle rencontre dans sa chute. Il est étrange de penser que ces milliers d'arbres tombèrent à l'origine dans leurs forêts natives, en vertu de la loi de la pesanteur, et que ceux qui sont restés debout obéissant, après des myriades de siècles, à la même force, s'effondrent aujourd'hui pour immoler des victimes humaines.

Si, au lieu de travailler dans l'obscurité, les mineurs se fussent habitués à travailler à ciel ouvert, c'est-à-dire à enlever la portion supérieure de chaque couche de houille de manière à exposer au jour les différents sols sur lesquels ont grandi les anciennes forêts, on aurait des notions plus claires sur leur mode primitif de croissance. A Parkfield Colliery, près de Wolverhampton, dans le Staffordshire méridional, on a mis à nu en 1844, sur une surface de quelques centaines de mètres, dans un atelier à ciel ouvert, une couche de houille qui a fourni plus de soixante-treize troncs d'arbres, garnis encore de leurs racines et disposés comme le fait voir le plan (fig. 436);

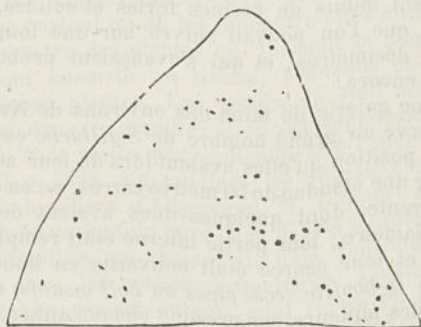


Fig. 436. — Plan d'une forêt fossile, dans la houillère de Parkfield, près de Wolverhampton; il montre la position de 73 arbres sur une surface d'un quart d'acre (10 ares.114).

quelques-uns de ces troncs mesuraient près de 3 mètres de circonférence. Brisés près de la racine, ils étaient cou-

chés dans toutes les directions, se croisant souvent les uns les autres. L'un d'eux présentait 4^m50, et un autre 9 mètres de longueur, quelques-uns avaient des dimensions moindres; tous étaient invariablement aplatis et leur substance, complètement transformée en houille, n'offrait plus qu'une épaisseur de 25 à 50 millimètres. Leurs racines formaient en partie une couche de houille épaisse de 25 centimètres, reposant sur un lit d'argile de 50 millimètres, au-dessous duquel était une seconde forêt superposée à une bande de houille de 60 centimètres. Au-dessous de cette couche, à 4^m50, existait une troisième forêt, avec de gros troncs de *Lepidodendra*, *Calamites* et autres arbres.

Réunion de plusieurs lits de houille. — On observe parfois, tant en Angleterre que dans l'Amérique Septentrionale, des lits de houille séparés les uns des autres par des couches d'argile, de schiste et de sable, qui finissent, après plusieurs kilomètres, par se réunir et se confondre en un seul lit dont l'épaisseur totale est équivalente à celle des diverses couches. M. H. D. Rogers m'a montré un exemple remarquable de cette association, en Pensylvanie, où l'on voit, à Shark Mountain, près de Pottsville, treize couches de houille anthraciteuse, quelques-unes mesurant plus de 1^m80 d'épaisseur, qui sont séparées les unes des autres par des lits de grit quartzeux blanc et par un conglomérat de galets de quartz, souvent gros comme un œuf de poule. Entre Pottsville et Lehigh Summit Mine, sept de ces lits de houille, d'abord très-éloignés les uns des autres sur une distance de plusieurs kilomètres, se rapprochent graduellement par l'amincissement de plus en plus prononcé des couches à grains grossiers et des schistes associés, et finissent successivement par se réunir pour ne former qu'une seule masse de houille de 12 à 15 mètres de puissance, très-pure en général, quoique contenant quelques restes d'argile. J'ai vu cette énorme masse de combustible exploité à ciel ouvert à Maun Chunk, ou Bear Mountain. L'origine d'une pareille accumulation de matière végétale aussi pure d'ingrédients terreux ne peut s'expliquer que par le développement continu, pendant des milliers d'années, d'arbres et de fougères, comme on l'observe dans la formation de la tourbe.

Ce qui vient surtout à l'appui de cette théorie, c'est la présence, sous chacune des sept bandes d'antracite, de Stigmariées encore en place. L'hypothèse rivale, qui consiste à supposer un transport de plantes dans une mer ou dans un estuaire, ne rend nullement compte de ce fait que le sédiment, l'argile, le sable et les cailloux ne se trouvent aucunement mélangés avec la houille pure.

Feu M. Bowman a expliqué le premier, d'une manière satisfaisante, comment des couches de houille, restées séparées pendant plusieurs kilomètres, finissent par se réunir en une seule qui conserve son unité sur une autre vaste étendue, avec une épaisseur égale à celle de toutes les autres.



Fig. 437. — Réunion de couches séparées de houille.

Soit A, C, une masse de matière végétale, capable de former une couche de houille de 0^m90 d'épaisseur, accumulée sur la surface à niveau d'un vaste marais, et supposons qu'elle repose sur une argile sous-jacente *f, g* à travers laquelle pénètrent comme d'habitude les stigmaries ou racines d'arbres. Une portion B, C de cette couche de houille se trouve maintenant inclinée, parce que la partie du marais EC s'étant affaissée de 7^m50, a été submergée pendant un certain temps sous de l'eau salée, douce ou saumâtre. Quelques arbres de la forêt primitive ABC sont tombés, d'autres ont conservé leur position verticale dans le nouveau lac, pendant que les souches et une partie des troncs ont été graduellement enveloppés dans les lits de sable et de limon qui finiront par remplir la nouvelle pièce d'eau CE.

Lorsque ce lac aura été complètement comblé et converti en terre sèche, la forêt AB se développera de nouveau sur toute la surface ABE, et une autre masse de matières végétales DE pourra s'accumuler pour former une autre épaisseur de 90 centimètres de houille. On trouvera alors dans la région EC deux niveaux de combustible, chacun

de 90 centimètres d'épaisseur, séparés par 7^m50 de grès et de schiste et ayant respectivement leurs argiles sous-jacentes avec des arbres en position verticale reposant sur la surface de la houille inférieure. Dans la région AB, au contraire, où le développement de la forêt n'a jamais été interrompu par la submersion, il n'existera qu'une seule couche de houille d'une épaisseur de 2 mètres, correspondant aux deux épaisseurs réunies des lits BE et BC. Mais, dira-t-on, le développement de la végétation n'ayant pas été interrompu pendant l'intervalle de temps qu'a exigé le comblement du lac, la matière végétale devra être plus épaisse dans la région DAB que les deux bandes distinctes E et C ; oui, sans doute, on remarquera entre ces deux épaisseurs une légère différence qui représente une ou plusieurs générations d'arbres et de plantes formant le sous-sol ; mais cet excès de matière végétale, après la condensation en houille, sera d'une épaisseur insuffisante pour que le mineur puisse affirmer que la couche DA, dans son étendue DAB, est égale aux deux bandes C et E.

Cause de la pureté de la houille. — La pureté de la houille proprement dite, c'est-à-dire l'absence de toute partie terreuse ou sableuse sur de vastes étendues, s'explique difficilement, si l'on considère chaque lit de combustible comme le résultat d'une végétation développée dans un marécage. On s'est demandé comment des inondations capables d'entraîner les feuilles de fougères ainsi que les tiges et racines de *Sigillariæ* ou d'autres arbres, n'ont pu transporter aucune parcelle de limon fin dans des eaux stagnantes. Il faudrait donc admettre que les grands arbres auraient cru de génération en génération, avec leurs racines fixées dans le limon, et que leurs feuilles et leurs troncs, jonchant le sol, auraient ensuite formé des lits de matière végétale, recouverts plus tard du limon qui constitue les schistes aujourd'hui ; pendant ce temps, la houille elle-même, ou la matière végétale altérée, serait restée tout à fait pure de particules terreuses ! La question, quelque embarrassante qu'elle soit au premier abord, peut se résoudre, il me semble, avec une certaine facilité, si l'on se reporte à ce qui se passe de nos jours dans les deltas. Les roseaux et plantes herba-

cées qui couvrent les bords des marais boisés dans la vallée et le delta du Mississippi forment une végétation tellement luxuriante, que les eaux de ce fleuve, en passant à travers les massifs, filtrent en quelque sorte, et deviennent tout à fait limpides avant d'atteindre les points où les matières végétales s'accumulent depuis des siècles et forment de la houille si le climat est favorable à cette formation. Dans ces cas, tout mélange de matières terreuses est donc impossible. C'est ainsi que, sur la vaste étendue submergée que l'on appelle *Sunk Country* (Contrée Enfoncée), près de New-Madrid, dans la partie occidentale de la vallée du Mississippi, des arbres sont restés en position verticale depuis l'année 1811-12, époque à laquelle ils ont cessé de vivre par suite du grand tremblement de terre qui eut lieu à cette date; sur cette surface, dans les endroits peu profonds, ont végété des plantes lacustres et palustres; plusieurs rivières ont annuellement inondé l'espace entier, et cependant aucun sédiment n'a franchi les limites du marécage, tellement est dense la ceinture marginale de roseaux et de broussailles qui les compose. On peut affirmer que généralement dans les *marécages à Cyprès* du Mississippi, aucun sédiment ne vient se mêler à la matière végétale qu'y accumule la destruction des arbres et des plantes semi-aquatiques. Voici une preuve singulière de ce fait: lorsque de fortes chaleurs mettent à sec une portion de marécage dans la Louisiane, et qu'en même temps le feu prend aux bois, on voit le sol brûler aussi profondément que l'incandescence peut descendre avant d'atteindre l'eau, et rarement on remarque le moindre résidu de matière terreuse. Au fond de tous ces *marécages à Cyprès*, on rencontre un lit d'argile qui est rempli de racines du grand cyprès (*Taxodium distichum*), tout comme les argiles sous-jacentes à la houille le sont de *Stigmaria*.

Conversion de la houille bitumineuse en Anthracite. — D'après Liebig et autres éminents chimistes, lorsque le bois et la matière végétale sont enfouis dans la terre, exposés à l'humidité, et soustraits en partie ou en totalité à l'action de l'air, ils se décomposent lentement et dégagent de l'acide carbonique qui se forme aux dépens d'une portion de leur oxygène. Ils se convertissent ainsi

graduellement en lignite (houille de bois), empreint d'une plus forte proportion d'hydrogène que le bois lui-même. La décomposition continuant, le lignite passe à l'état de houille ordinaire ou bitumineuse, principalement par le dégagement de l'hydrogène carboné ou gaz qui sert à l'éclairage de nos villes. Suivant Bischoff, les gaz inflammables qui s'échappent de la houille, et occasionnent souvent dans les mines de fatals accidents, contiennent toujours de l'acide carbonique, de l'hydrogène carboné, de l'azote et du gaz oléfiant. Par le dégagement de tous ces gaz, la houille, commune ou bitumineuse, se transforme graduellement en anthracite ; elle reçoit alors les différents noms de houille esquilleuse, houille éclatante, houille dure, fraisil, etc.

Le rapport intime qui existe, dans les bassins houillers des différentes régions, entre le dégagement du contenu gazeux de la houille et les dislocations que les couches ont subies, peut être attribué en partie à la facilité plus grande qu'ont rencontrée les matières volatiles pour s'échapper dès que le fractionnement des roches a produit un nombre infini de fissures et de crevasses. D'un autre côté, les gaz et l'eau qui ont pénétré dans ces crevasses deviennent des agents de transformation très-efficaces par l'effet de la température de plus en plus élevée de l'intérieur. Dans la période actuelle, on sait que des eaux thermales et des vapeurs chaudes s'échappent du sol pendant les tremblements de terre, et ces circonstances ne peuvent manquer de déterminer le dégagement de la matière volatile des roches carbonifères.

En Pensylvanie, les couches de houille sont horizontales à l'ouest des Monts Alleghany, et feu le Professeur H. D. Rogers a fait remarquer qu'elles étaient très-bitumineuses ; mais dès qu'on avance vers le sud-est, ces couches, qui ne sont plus continues ni horizontales, perdent de plus en plus leur bitume à mesure que les roches deviennent plus infléchies et plus disloquées. En premier lieu, sur l'Ohio, la proportion de l'hydrogène, oxygène et autres matières volatiles s'élève de 40 à 50 pour cent ; à l'est de cette ligne, sur la Monongahela, elle approche encore de 40 pour cent, sur le point où les couches commencent de se courber doucement ; mais à l'entrée des

Monts Alleghanys, où les axes anticlinaux se prononcent distinctement avant même que les dislocations des lits soient considérables, la matière volatile se montre généralement dans la proportion de 18 à 20 pour cent. Finalement, quand on arrive à quelques terrains houillers isolés, participant aux courbures les plus fortes de la chaîne des Appalaches, dans les endroits où les couches sont actuellement bouleversées, comme aux environs de Pottsville, on s'aperçoit que la houille ne contient que six pour cent de matière volatile et qu'elle est, par conséquent, en voie de passer à l'état d'anhracite.

Minerai de fer argileux (1) (*Clay ironstone*.) — On rencontre communément au sein du terrain houiller des bandes et des nodules de minerai de fer argileux, composé, suivant Sir H. de la Bèche, de carbonate de fer mélangé mécaniquement avec une matière terreuse analogue à celle qui constitue les schistes. Pour expliquer la production de cette substance, M. Robert Hunt, du Muséum de Géologie Pratique, a fait une série d'expériences à l'aide desquelles il a montré comment la décomposition de la matière végétale, répandue dans toutes les couches de houille, avait dû prévenir la suroxydation des protosels de fer et convertir le peroxyde en protoxyde, en s'emparant d'une portion de la première de ces bases pour former l'acide carbonique. Celui-ci, venant à rencontrer le protoxyde de fer en dissolution, s'est combiné avec lui pour former du carbonate de fer; et, le tout, se mélangeant à la vase fine, après la disparition de l'excès d'acide carbonique, aurait constitué des lits ou des nodules de minerai de fer argileux (2).

Couches marines intercalées dans la houille. — Dans les bassins houillers tant d'Europe que d'Amérique, on remarque souvent l'association de couches d'eau douce ou d'eau saumâtre avec des couches marines, mêlées à des lits de houille d'origine terrestre. Tel est le cas du dépôt des environs de Shrewsbury, décrit par Sir R. Murchison comme constituant le membre le plus récent de l'étage houiller de ce district. Ce dépôt, qui s'est

(1) C'est le *Fer carbonaté lithoïde* des minéralogistes français.

(Note du traducteur.)

(2) *Memoirs of Geol. Surv.*, vol. I, part. I, pages 51, 235, etc.

probablement formé dans l'eau saumâtre, est situé en un point où les couches de la série carbonifère sont en contact avec le groupe Permien sus-jacent. Il se compose de schistes et de grès sur une épaisseur d'environ 45 mètres et contient de la houille ainsi que des vestiges de plantes; on y remarque un lit calcaire de 60 centimètres à 2^m70 d'épaisseur, à structure cellulaire, et ressemblant à certains calcaires lacustres de France et d'Allemagne. Ce dépôt a été suivi sur une longueur de 48 kilomètres en



Fig. 438.
a *Microconchus*
Spirorbis) *carbonarius*,
Murch.
Grandeur naturelle
et grossie.
b Variété de la même.

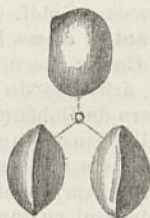


Fig. 439.
Leperditia inflata.
Grandeur naturelle et grossie.
Murchison.

droite ligne, et l'on peut en distinguer des traces à une distance encore plus considérable. Ses fossiles caractéristiques sont une petite bivalve présentant la forme de



Fig. 440. — *Goniatites*
Listeri, Martin.
Étage houiller. Yorkshire
et Lancashire.



Fig. 441. — *Aviculopecten*
papyraceus, Goldf.
(*Pecten papyraceus*),
Sow.

Cyclas ou de *Cyrena*; une petite entomostracée, la *Leperditia inflata* (fig. 439), enfin des coquilles d'un microsco-

pique annélide tuberculaire, d'un genre éteint, appelé *Microconchus* (fig. 438), et allié au genre *Spirorbis*. Dans plusieurs bassins houillers existent des couches d'eau douce, dont quelques-unes contiennent des coquilles appelées *Anthracosia* et *Anthracomya* qui se rapportent à la famille des *Unionidæ*; au milieu de la série houillère, dans le Yorkshire, on rencontre un lit très-mince, mais très-largement développé en surface, qui abonde en coquilles et en poissons marins; parmi les coquilles on peut citer *Goniatites Listeri* (fig. 440), *Orthoceras* et *Aviculopecten papyraceus*, Goldf. (fig. 441).

Insectes dans les couches houillères d'Europe.

— Le Comte Sternberg a découvert, en 1835, des animaux articulés du genre Scorpion dans les terrains houillers de Bohême. Vers la même époque, M. Prestwich recueillit dans l'étage houiller de Coalbrook Dale de vrais insectes tels que des coléoptères de la famille des *Curculionidæ*, un insecte névroptère du genre *Corydalis*, et un autre qui se rapporte aux *Phasmidæ*.

Dans les couches houillères de Wetting, en Westphalie, Germar a découvert et décrit plusieurs exemplaires d'un articulé appartenant à la famille des *Blattes*, et les ailes d'un grillon (*Aceridites*). Le Professeur Goldenberg a publié, en 1854, la description de plus de douze espèces d'insectes provenant du minerai de fer argileux et no-

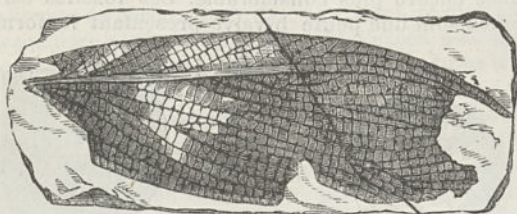


Fig. 442. — Aile de sauterelle, *Grillaeris lithanthraca*, Goldenberg. Terrain houiller, Saarbruck, près de Trèves.

dulaire de Saarbrück, près de Trèves (1). On y remarquait plusieurs *Blattinæ*, trois espèces de *Neuroptera*,

(1) *Palæont.* Dunker et V. Meyer, vol. IV, p. 17.

un escarbot de la famille *Scarabæus*, une sauterelle (*Gryllacris*) (voir fig. 442), et plusieurs fourmis blanches ou *Termites*. Le Professeur Goldenberg m'a montré, en 1864, l'aile d'une fourmi blanche qu'il avait trouvée, très-bas dans les mines de houille de Saarbrück, enfermée dans un *Lepidodendron* aplati. Cette aile est beaucoup plus grande qu'aucune de celles que l'on voit aux espèces actuellement vivantes du même genre.

Amphibies carbonifères. — Labyrinthodons. — Jusqu'en 1843, on n'avait pas encore reconnu, dans les roches plus anciennes que le Permien, d'animaux vertébrés d'une organisation supérieure à celle des poissons, lorsque M. Meyer découvrit l'*Apateon pedestris*, dans l'étage houiller de Münster-Appel, Bavière Rhénane.

Quatre ans après, en 1847, le Professeur Von Dechen trouva dans le bassin houiller de Saarbrück des restes d'autres espèces d'amphibies. Ils furent décrits par feu le Professeur Goldfuss sous le nom générique d'*Archegosaurus*, mais nous devons aux recherches de Von Meyer

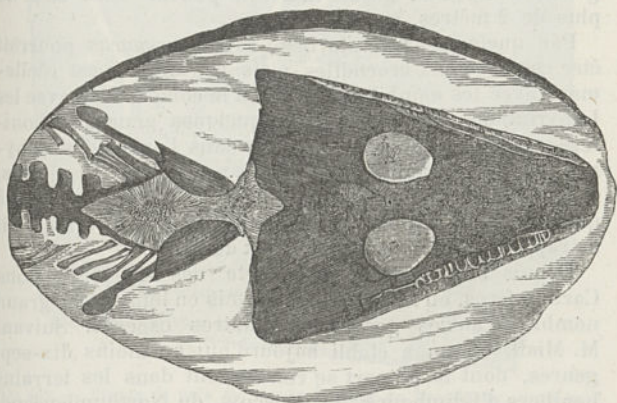


Fig. 443. — *Archegosaurus minor*, Goldfuss. Reptile fossile du terrain houiller, Saarbrück.

la connaissance complète et exacte de leur structure. Le dessin ci-joint montre le crâne, la plaque thoracique, les capsules, les vertèbres et les côtes de l'*Archegosaurus*

Decheni. Parmi les traits les plus remarquables de cet amphibie, on distingue premièrement les plaques osseuses qui protègent complètement la surface supérieure du crâne et se trouvent parfaitement adaptées ensemble à toutes les phases de croissance ; secondement, la cuirasse thoracique, composée de trois plaques osseuses dont les deux extérieures recouvrent celle du centre ; et troisièmement l'armure ventrale, qui est formée de nombreuses écailles osseuses, imbriquées et disposées diagonalement sur la surface en dessous, entre les membres de devant et



Fig. 444. — Couverture imbriquée de la peau chez l'*Archegosaurus medius*, Goldf. Grossie.

de derrière (fig. 444). Les dents ressemblent à celles du *Mastodonsaurus* (p. 476), mais les plis de la substance dentaire sont moins compliqués. Comme ses plus proches alliés, l'*Archegosaurus* conservait pendant sa vie des ver-

tèbres notocordes ou imparfaitement ossifiées. La longueur totale d'un grand individu pouvait bien être de plus de 2 mètres.

Par quelques particularités, l'*Archegosaurus* pourrait être comparé aux crocodiles, mais son affinité est réellement avec les amphibiens. On peut le comprendre avec les Labyrinthodons Triasiques et quelques genres carbonifères que nous allons mentionner dans l'ordre des Labyrinthodontes, groupe coordonné avec les ordres récents, Batrachia (Amphibiens sauteurs), Urodela (Amphibiens à queue), et Gymnophiona (Amphibiens serpentiformes) ; il se rapprocherait surtout des deux derniers.

Depuis la première découverte des Labyrinthodons Carbonifères, en Allemagne, on a mis en lumière un grand nombre d'autres genres et d'autres espèces. Suivant M. Miall, on en a établi aujourd'hui au moins dix-sept genres, dont la plupart se rencontrent dans les terrains houillers d'Edimbourg, de Glasgow, du Northumberland, de Kilkenny et du Staffordshire. On en a découvert un exemple dans les Roches Yoredale du Yorkshire septentrional (1).

(1) L. G. Miall, *Rapport sur les Labyrinthodontes*, Brit. Assoc. Bradford, 1873.

Empreintes de pas du Labyrinthodon dans le terrain houiller d'Amérique. — En 1844, l'année même où l'on fit la première découverte de l'Apatéon, ci-dessus men-

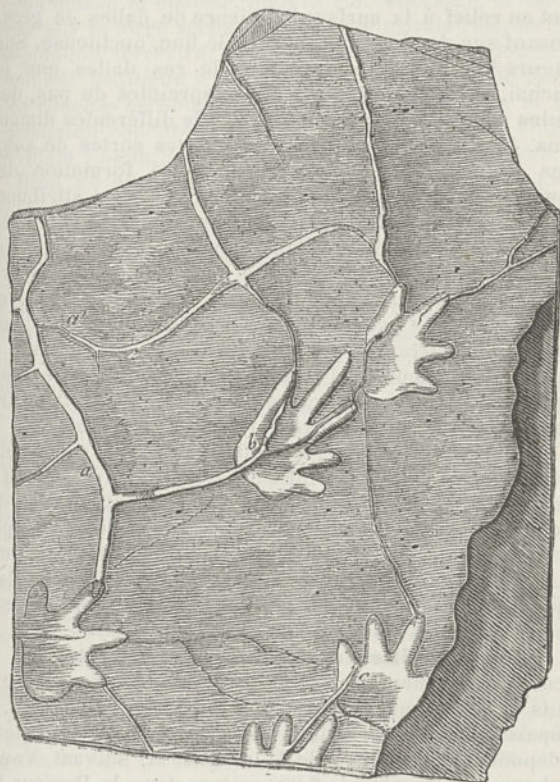


Fig. 445. — Plaque de grès du terrain houiller de Pensylvanie, avec empreintes de pas d'un reptile à respiration aérienne, et moules en relief de crevasses. Echelle à un sixième de l'original.

ionné, du terrain houiller situé entre la Moselle et le Rhin, le Docteur King publia une note sur des empreintes de pas d'un grand reptile qu'il avait observées dans

l'Amérique du Nord. Ces empreintes se trouvent au sein des couches houillères de Greensburg, Comté de Westmoreland, Pensylvanie, où j'ai eu, en 1846, l'occasion de les examiner. Les premières traces reconnues se projetaient en relief à la surface inférieure de dalles de grès, reposant sur des lits minces d'argile fine, onctueuse. Sur la figure 445, qui représente une de ces dalles que je détachai, on remarque, outre les empreintes de pas, des moules en relief de crevasses (*a, a'*) de différentes dimensions. J'ai déjà expliqué l'origine de ces sortes de solutions de continuité dans l'argile, et la formation des moules en relief qui en sont résultés ; je les ai attribuées au dessèchement et au fendillement du limon par voie de retrait, puis à l'introduction subséquente du sable dans les fentes. On voit ici que quelques-unes des crevasses, celles de *b, c*, par exemple, traversent des vestiges de pas et y produisent une sorte de torsion, phénomène qui pourrait s'expliquer par l'état de mollesse du limon au moment où l'animal a marché ; or, si le limon eût été alors déjà desséché et crevassé, il aurait eu trop de consistance pour recevoir de telles empreintes.

On peut présumer que le reptile dont les pas sont marqués sur les anciens sables du terrain houiller, était un animal à respiration aérienne ; car, s'il eût vécu au-dessous des eaux, son poids n'eût pas été suffisant pour imprimer des traces aussi profondes et aussi distinctes. Les moules en relief des crevasses montrent d'ailleurs que l'argile, pour sécher et se fendiller, a dû rester exposée à l'air et au soleil.

Étage houiller de la Nouvelle-Ecosse. — Les couches sédimentaires dans lesquelles on rencontre des lits de houille atteignent, ainsi que nous l'avons vu, une épaisseur de 5,400 mètres dans le nord de l'Angleterre dépourvu de Calcaire de Montagne, et, suivant Von Dechen, celle de plus de 6,000 mètres dans la Bavière Rhénane. Mais le plus bel exemple qu'on puisse voir d'une succession de forêts fossiles de la période carbonifère nous est fourni par une coupe naturelle dans ce qu'on appelle les South Joggins, falaises marines qui bordent l'un des bras de la baie de Fundy, dans la Nouvelle-Ecosse. J'ai examiné seul, une première fois, cette for-

mation en 1842, et, plus tard, en 1845, avec M. Dawson, qui l'a admirablement décrite en détail (1), et dont le travail a d'autant plus de valeur qu'il montre comment cette masse si épaisse, malgré son énormité, a été formée sur la terre sèche, ou dans des marais remplis d'une végétation terrestre, ou dans des lacs d'eau douce. Cet éminent géologue a évalué l'épaisseur de toute la série des couches carbonifères à plus de 4,800 mètres, et cette estimation concorde avec celle qu'a faite de son côté Sir William Logan, lors de sa reconnaissance de la côte.

Rien ne porte à croire que dans cette vaste succession de couches, comprenant des formations marines, d'eau douce et terrestre, il existe aucune répétition des mêmes lits. Le géologue n'a pas à craindre d'y rencontrer des perturbations qui lui feraient compter deux fois la même couche; quelques-unes des mêmes plantes ont été suivies du sommet à la base de toute la série, et elles sont distinctes de celles qui composent la flore de la formation Devonienne antérieure du Canada. On y a découvert quatre-vingt-un lits de houille d'une puissance variable de 25 centimètres à 1^m50, sur lesquels soixante et onze sont déjà mis à découvert dans les falaises.

Dans la coupe ci-contre (fig. 446) que j'ai observée en 1842, on voit les lits de *c* à *i* plongeant tous dans la même

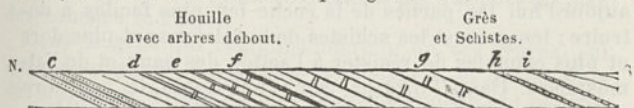


Fig. 446. — Coupe des falaises des South Joggins, près Minudie, Nouvelle-Écosse.

c Grindstone. — *d*, *g* Alternances de grès, schiste et houille contenant des arbres verticaux. — *e*, *f* Portion de falaise, donnée sur une plus large échelle dans la figure 447. — *f* Couche de houille de 12 mètres, veine principale. — *h*, *i* Schiste avec moules d'eau douce. Voir p. 545.

direction sous l'angle moyen de 24° S.-S.-O. La hauteur verticale des falaises est de 45 à 60 mètres; et, entre *d* et *g*, espace sur lequel j'ai compté dix-sept arbres en position verticale, ou, pour parler plus correctement, en direction perpendiculaire aux plans de stratification,

(1) *Acadian Geology*, 2^e édit. 1868.

j'ai observé dix-neuf couches de houille, d'une puissance variable de 5 centimètres à 1^m20. Aux basses eaux, on découvre sur la plage un magnifique développement horizontal de ces couches, qui s'étend quelquefois à 200 mètres de la base de la falaise. L'épaisseur de celles qui viennent affleurer obliquement entre *d* et *g* est d'environ 750 mètres; les arbres verticaux qui les traversent sont surtout des *Sigillariæ*, et ils reparaissent à dix niveaux différents, placés les uns au-dessus des autres. La longueur habituelle des arbres enfouis que j'ai vus dans cette localité était de 1^m80 à 2^m45; mais l'un des troncs mesurait environ 7^m50 de long sur 1^m20 de diamètre, avec un renflement énorme à la base. Dans aucun cas, je n'ai pu découvrir trace du passage des troncs à travers des couches de houille, quelque minces que fussent celles-ci; la plupart des arbres se terminaient inférieurement dans le combustible; quelques-uns seulement avaient leur base fixée dans l'argile ou dans le schiste; aucun, excepté les *Calamites*, ne tenait dans le grès. Les arbres en position verticale paraissent donc, en général, s'être développés sur les lits de matière végétale. Dans les argiles sous-jacentes, les *Stigmariées* abondaient.

Ces couches à racines ont été trouvées au-dessous de tous les lits de houille; ce sont des sols anciens qui sont aujourd'hui les parties de la roche les plus faciles à détruire; les grès et les schistes de la falaise sont plus durs et plus capables de résister à l'action des eaux et de l'atmosphère. Dans l'origine, sans nul doute, le contraire eut lieu; car, dans le delta actuel du Mississipi, les argiles, dans lesquelles se ramifient en tous sens d'innombrables racines de cyprès à feuilles caduques et d'autres arbres de marais, résistent avec plus de force à l'action érosive du fleuve, ou à celle exercée par la mer à la base du delta, que ne le font les lits de sable meuble ou de limon qui ne supportent pas d'arbres. Il n'est pas besoin de dire que si ce sable et ce limon viennent plus tard à se consolider et à se changer en grès et en schiste dur, ils deviennent à leur tour moins faciles à détruire.

Quant aux plantes de cette région, elles appartiennent aux mêmes genres, et plusieurs aux mêmes espèces que celles des bassins houillers d'Europe. Le Docteur Daw-

son a énuméré plus de 150 espèces, dont les deux tiers sont Européennes; on peut donc dire qu'il existe entre les flores de ces deux contrées une concordance plus grande qu'entre la même flore de la Nouvelle-Écosse et celle des terrains houillers des Etats-Unis. En se reportant à la coupe, figure 446, on remarquera la position de la couche de houille de 1^m20, dont j'ai dessiné une

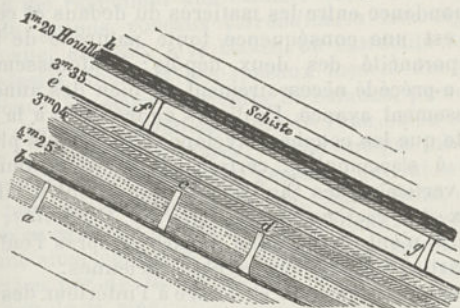


Fig. 447. — Arbres fossiles debout. Terrain houiller de la Nouvelle-Écosse.

petite portion *e*, *f*, *g* en 1842 (voir fig. 447), pour montrer comment des arbres fossiles en position verticale se trouvent placés perpendiculairement par rapport au plan des couches inclinées.

Dans le grès qui remplit l'intérieur de ces arbres, j'ai souvent observé des feuilles de fougères et quelquefois des fragments de *stigmariées* qui, évidemment, ont pénétré en même temps que le sédiment après le dépérissement du tronc, et lorsque celui-ci, devenu creux, était encore debout au-dessus des eaux. Par exemple, l'arbre *a* (fig. 447), représenté dans le lit *e* de la coupe (fig. 446), est un tronc creux de 1^m75 de long, traversant différentes couches et coupé net à son sommet par un lit d'argile de 60 centimètres d'épaisseur, sur lequel repose une couche de houille épaisse (*b*, fig. 447) de 30 centimètres. Sur cette houille s'élèvent de nouveau deux grands arbres (*c* et *d*); à un niveau plus élevé encore les arbres *f* et *g* reposent sur un lit mince de houille (*e*), et au-dessus de ces arbres vient une argile sous-jacente (*underclay*) qui supporte 1^m20 de combustible.

Parfois, les couches de matière à l'intérieur de l'arbre sont plus nombreuses que celles de l'extérieur; mais on rencontre plus souvent dans les terrains houillers de toutes les contrées un cylindre de grès pur — moule de l'intérieur d'un arbre — traversant un grand nombre de lits alternatifs de schiste et de grès qui jadis enveloppèrent le tronc debout au sein des eaux. Ce défaut de correspondance entre les matières du dedans et celles du dehors est une conséquence toute naturelle de la non-contemporanéité des deux dépôts; l'enfouissement de l'arbre a précédé nécessairement de bien des années son dépérissement avancé. En divers endroits on a la preuve évidente que les couches enveloppantes ont mis plusieurs années à s'accumuler; certains grès qui entourent les troncs verticaux des Sigillariées supportent à différents niveaux des racines et des tiges de *Calamites*; or les *Calamites* n'ont commencé à croître qu'après l'enfouissement partiel des Sigillariées plus anciennes.

L'absence générale de structure à l'intérieur des grands arbres fossiles du terrain houiller indique que l'écorce est de sa nature plus durable que la portion ligneuse, — différence de durée que l'on peut encore observer chez les arbres de nos jours. Ce fait a été signalé pour la première fois par M. Dawson, dans les forêts marécageuses de la Nouvelle-Écosse, où le bouleau à canot (*Betula Papyracea*), possède une écorce si dure qu'on peut le voir souvent dans les marais ayant une apparence de fraîcheur et de santé complètes, tandis qu'il n'existe en réalité qu'à l'état de cylindre vide dont tout le ligneux a disparu par la décomposition. Dans ces circonstances, la portion submergée de ces troncs se trouve parfois remplie de limon. D'après M. Dawson, l'un des arbres fossiles en position verticale des South Joggins, d'une hauteur de 4^m50, et situé à un niveau supérieur à celui de la couche principale de houille, présentait la structure conifère; certains *Conifères* de la période houillère ont donc crû dans les mêmes marécages que les Sigillariées, comme on voit aujourd'hui le Cyprès à feuilles caduques (*Taxodium distichum*) abonder dans les marais de la Louisiane, même assez près de la mer.

Lorsque les forêts carbonifères sont ensevelies au-des-

sous du niveau des hautes marées, une autre preuve de la lenteur avec laquelle s'est opéré l'enveloppement nous est fournie par une espèce de *Spirorbis* ou *Serpula* (fig. 438, p. 525) que l'on trouve fixée à l'extérieur du tronc ou de la tige d'arbres verticaux, et quelquefois même à l'intérieur de l'écorce. Ainsi recouverts d'innombrables annélides marins, ces arbres creux et en position verticale me rappellent une cannaie (*Cane brake*) composée de grands roseaux (*Arundinaria macrosperma*) que j'ai vue, en 1856, à la Balize, ou extrémité du delta du Mississipi. Quoique ces roseaux fussent des plantes d'eau douce, ils étaient couverts de balanes, parce qu'ils avaient péri par l'envahissement de l'eau salée sur une étendue de plusieurs hectares, à une époque où la mer avait repris momentanément l'espace qui lui avait été enlevé précédemment par la rivière. Les roseaux, quoique morts, n'en restaient pas moins debout dans la vase molle, montrant ainsi comment des Sigillariées creuses, mais supportées par de fortes racines, avaient pu résister à l'irruption de la mer.

Dans la baie de Fundy, les hautes marées qui s'élèvent à plus de 18 mètres, minent et entraînent sans discontinuité la base entière des falaises; elles mettent ainsi à découvert, tous les trois ou quatre ans, de nouveaux arbres fossiles en position verticale. Il est bien connu que ces arbres sont répandus sur un espace de 3 ou 4 kilomètres du nord au sud, et plus que double de l'est à l'ouest; on les voit contre les berges des ruisseaux qui coupent le bassin houiller.

Structure de la houille. — La houille bitumineuse de la Nouvelle-Écosse ressemble, par sa composition et sa structure, à celle de la Grande-Bretagne, car elle provient surtout de Sigillariées arborescentes, mêlées à des feuilles de fougères, et d'un arbre Lycopodiaceé appelé *Cordaites* (*Noeggerathia*, etc. Voir pour le genre fig. 435, p. 508) de nature décidue, suivant Dawson, et portant des feuilles à veines larges et parallèles, sans côte médiane. A la surface de ces bandes de houille se trouvent de grandes quantités de charbon minéral qui consistent certainement, d'après le Docteur Dawson, en fragments de bois décomposé en plein air, ce qui ne paraît pas

extraordinaire dans des marais où tant d'arbres se sont conservés en position verticale. Les lits de *cannel-coal* (houille à lumière) démontrent par leur texture microscopique et leur composition chimique qu'ils étaient de même nature que le limon fin végétal qui s'accumule dans les mares peu profondes de nos terrains marécageux actuels. Il paraît que les cellules à graines de *Lepidodendra* sont plus abondantes dans ces *Cannels Coals* que dans la houille ordinaire. Le Professeur Huxley a constaté que dans la houille *Better Bed* de *Lowmoor* (voir A B, fig. 448) les spores et sporanges constituent une masse très-forte du dépôt, et qu'il en est de même dans le *White Coal* (houille blanche) d'Australie (c, fig. 448) (1). En 1836, le Professeur Morris affirma que ces corps étaient les cellules à spores d'une plante alliée aux lycos-

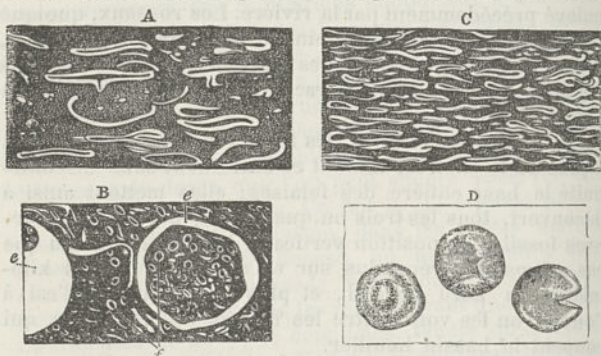


Fig. 448. — A Houille du *Bettes Bed*, provenant d'une portion ordinairement remplie de *Sporanges*, représentés ici en coupe transversale. B La même, coupe parallèle au gisement; montrant des *Sporanges e* et des spores *f*; ces dernières ont l'aspect de cercles brillants encadrant une tache noire. C *White Coal* d'Australie faisant voir des sporanges en coupe transversale. D Vue extérieure des sporanges séparées du *White Coal*.

Toutes ces figures sont grossies 16 fois.

Les corps appelés *Sporanges* seraient, suivant certaines personnes, des *Macrospores*, et ceux désignés sous le nom de *spores*, seraient des *Microspores* podiacées actuelles; et M. Carruthers, quelques années après, confirma cette opinion par la découverte qu'il fit

(1) Huxley, *Contemporary Review*, 1870; et *Critiques and Addresses*, p. 92.

de sacs discoïdes, adhérant aux feuilles du cône fossilisé que produisaient ces végétaux. Il nomma la plante *Flemingites gracilis*, parce que le Professeur Fleming avait signalé précédemment des corps semblables dans la houille d'Ecosse. Le Professeur Huxley est porté à croire que la houille anglaise est composée en grande partie de ces corps, mais le Principal Dawson qui a fait un examen attentif de 81 couches de la Nouvelle-Ecosse, tant sur les lieux que sur des échantillons étudiés au microscope, constate « qu'il n'a pu reconnaître que dans 16 couches les corps qu'il appelle Sporangites, et que parmi ceux-ci quatre seulement avaient les cellules à spores arrondies des Lycopodiacées semblables à celles des Flemingites. » Il soutient, en conséquence, que les lits à Sporangites sont exceptionnels dans les houilles, et que les substances corticales et ligneuses sont les ingrédients qui abondent le plus dans toutes les sortes ordinaires du combustible minéral; il ne pense pas que les houilles Anglaises fassent probablement exception (1). Les argiles sous-jacentes (*Underclays*) sont des sols vaseux qui ont dû se trouver suffisamment au-dessus de l'eau pour pouvoir se dessécher; l'absence de sulfures et la présence du carbonate de fer dans ces argiles prouvent que lorsqu'elles étaient à l'état de sol, elles furent pénétrées par l'eau de pluie, et non par celle de mer. A l'exception, peut-être, de l'*Asterophyllites* (voir fig. 469, p. 553) ces terrains houillers ne renferment aucune forme de végétation proprement aquatique; cette absence est remarquable et prouve que la houille véritable est un dépôt sous-aérien qui s'est formé dans un sol humide et marécageux, mais non submergé d'une manière permanente.

Animaux à respiration aérienne dans la houille.

— Si nous avons réussi à démontrer l'existence, à plus de 80 niveaux différents, d'anciennes forêts, quelques-unes très-étendues, et qui ont duré pendant des siècles en donnant lieu à une énorme accumulation de matières végétales, on est en droit de demander si ces mêmes régions n'étaient pas habitées par un certain nombre d'animaux à respiration aérienne. On n'avait pas encore

(1) Dawson, *Sporecases in Coal*, *Journal of Science*. Silliman, 1871, p. 261.

trouvé de restes de mammifères et d'oiseaux dans ces terrains, et ce caractère ils le partageaient avec toutes les formations Paléozoïques, lorsqu'en 1852, M. Dawson et moi découvrîmes les premiers débris osseux d'un reptile dans le terrain houiller d'Amérique ; ils étaient engagés à l'intérieur de l'une de ces Sigillariées en position verticale qui sont si fréquentes dans la Nouvelle-Ecosse. L'arbre avait environ 60 centimètres de diamètre, et se composait, comme à l'ordinaire, d'un cylindre extérieur d'écorce convertie en houille, et d'un axe intérieur de grès noir, ou plutôt d'un mélange solidifié de limon, de sable et de fragments de bois, le tout coloré par la matière carbonneuse. Les fragments, réduits à l'état charbonneux, paraissaient être tombés au fond de l'arbre, devenu creux par la décomposition. Dans cette sorte de gangue pierreuse se trouvaient disséminées la tête, les mâchoires et les vertèbres d'un amphibie qui devait avoir eu environ 75 centimètres de long (*Dendrerpeton Acadianum*, Owen). La même gangue nous a fourni la coquille d'une *Pupa* (fig. 450, p. 540), la première coquille terrestre qui ait été signalée dans la houille ou dans les lits plus anciens que les Tertiaires. D'après le Docteur Wyman, de Boston, le reptile était voisin, par sa structure, du *Monobanchus* et du *Menopoma*, espèces d'amphibies qui habitent de nos jours les rivières de l'Amérique du Nord. M. Owen a confirmé cette opinion, et, de plus, a signalé la ressemblance des plaques craniennes avec celles que l'on voit dans la tête de l'*Archegosaurus* et du *Labyrinthodon* (1). Quant à la manière dont l'animal a été introduit dans le creux de l'arbre, il est difficile de décider s'il y a pénétré à l'époque où le sommet de l'arbre s'élevait encore en plein air, ou bien s'il a été entraîné dans l'intérieur avec le limon par une inondation ou de toute autre manière.

Des traces de pas de deux reptiles d'inégale grosseur avaient été déjà observées par les Docteurs Harding et Gessner sur les dalles ondulées de l'étage houiller inférieur de la Nouvelle-Écosse (n° 2, fig. 455, p. 544) ; elles avaient été évidemment laissées par des quadrupèdes marchant sur l'ancien rivage, ou hors de l'eau ; elles

(1) *Geol. Quart. Journ.*, vol. IX, p. 58.

étaient exactement semblables à celles que laisse le *Menopoma* actuel.

Avec cette grande espèce de *Dendroperpeton*, on a trouvé les restes d'une seconde espèce, *D. Oweni*, qui montrait encore des appendices de derme : l'intérieur du même arbre a fourni les os d'un troisième petit reptile, *Hylonomus Lyelli*, semblable au lézard. Cet animal avait une longueur de 18 centimètres, ses membres postérieurs étaient forts, et ceux de devant étaient comparativement grêles; le docteur Dawson affirme qu'il pouvait marcher et courir sur le sol (1).

Dans un second spécimen de tronc vertical d'un arbre creux de 38 centimètres de diamètre, dont l'écorce à côtes dénotait une *Sigillariée*, et faisant partie de la forêt qui nous avait fourni l'échantillon de 1852, le Docteur Dawson obtint, non-seulement 50 spécimens de *Pupa vetusta* (fig. 450) et neuf squelettes de reptiles appartenant à quatre espèces, mais encore plusieurs exemples d'un articulé ressemblant au centipède récent ou scolopendre, espèce de ver qui se nourrit de matière végétale en décomposition (voir fig. 449). Au microscope, on distingue

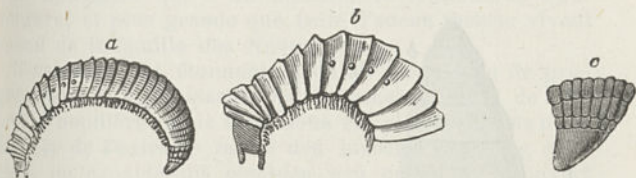


Fig. 449. — *Xylobius Stigillariæ*, Dawson. Houille. Nouvelle-Écosse et Grande-Bretagne.

a Grandeur naturelle. — b Partie antérieure grossie. — c Extrémité caudale, grossie.

parfaitement la tête, les yeux, les mandibules et le labre de cet insecte qui offre d'autant plus d'intérêt qu'il est le plus ancien représentant connu de la classe des Myriapodes, dont on n'avait auparavant rencontré aucun membre dans les roches plus anciennes que l'oolithe ou schiste argileux lithographique d'Allemagne.

(1) Dawson, *Animaux à respiration aérienne du Terrain houiller de la Nouvelle-Ecosse*. Montréal, 1853.

Quelques années après la découverte de la première Pupa, le Docteur Dawson se livrant à un examen soigneux de la même grande coupe qui, dans les falaises de la Nouvelle-Ecosse, renferme tant d'arbres enfouis, découvrit un autre lit, séparé de l'arbre contenant le Dendrerpeton par une masse de couches d'une puissance de 360 mètres. Comme cette masse intermédiaire renferme 21 bandes de houille, la longueur du temps compris dans l'intervalle ne saurait être mesurée uniquement par l'épaisseur du grès et des schistes. Ce lit inférieur se compose d'une argile (*underclay*) de 2 mètres, et a fourni des radicules de stigmarées, ainsi que de petites coquilles terrestres à tous les degrés de développement. Ces coquilles, se trouvent exclusivement dans une couche d'environ 50 millimètres et ne sont mêlées à aucunes coquilles marines; entières à l'époque de leur enfouissement, elles se montrent aujourd'hui pour la plupart brisées, aplaties et disloquées par la pression; M. Dawson pense que leur accumulation doit s'être opérée dans la vase formant le fond d'un étang ou d'une crique.

Les stries à la surface de la *Pupa vetusta*, grossies

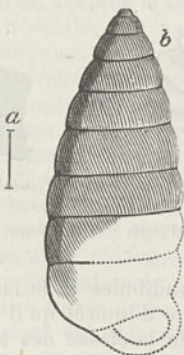


Fig. 450. — *Pupa Vetusta*,
Dewson.
a Grandeur naturelle.

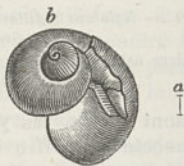


Fig. 451. — *Zonites (Cornulus) priscus*
Carpenter.
b Grossie.

50 fois, présentent une ressemblance exacte avec la partie correspondante et de même grosseur de la *Pupa Juniperi*

commune d'Angleterre; les cellules hexagonales de cette coquille grossies 500 fois, montrent une identité parfaite entre la structure de la *Pupa* fossile et celle de la *Pupa* récente. En 1866 (1), le Docteur Dawson découvrit dans ce même lit inférieur, si abondant en *Pupa*, une autre coquille terrestre du genre *Helix* (sous-genre *Zonites*) (voir figure 451).

De tous les reptiles trouvés dans l'étage houiller des South Joggins, aucun n'est doué d'une organisation supérieure à celle des Labyrinthodons; il en est cependant quelques-uns de très-grandes dimensions, et M. Marsh a découvert, en 1862, deux vertèbres caudales de 60 centimètres de diamètre qui indiquent un amphibie aquatique gigantesque avec une queue d'une grande puissance natatoire.

A part quelques traces obscures d'un insecte recueilli par le Dr Dawson dans la coprolite d'un reptile terrestre, enfoui dans un arbre fossile, on n'a trouvé, dans les South Joggins, aucun spécimen de cette classe d'animaux. Toutefois, M. James Barnes a découvert dans un lit de schiste, à Little Glace Bay, Cap Breton, l'aile d'un Ephémère qui a dû mesurer 18 centimètres d'envergure, et plus grande que celle d'aucun insecte vivant connu de la famille des Névroptères.

Il est vraiment étonnant qu'on ait fait si peu de progrès dans la connaissance de la faune terrestre de l'Époque houillère; mais il ne nous est pas permis de nous étonner de l'extrême rareté des insectes dans ces couches, en considérant combien peu on en a découvert dans les roches carbonifères d'Europe, explorées plusieurs siècles avant la découverte de l'Amérique, et exploitées aujourd'hui sur une si vaste échelle. Ces roches d'Europe n'ont encore fourni qu'une seule coquille terrestre, et cependant on a extrait chaque année des millions de tonnes de houille, on a fouillé des centaines de sols remplis de racines d'arbres, et on a mis à découvert des milliers de troncs verticaux et de souches ligneuses gisant encore dans leur position primitive. Dans tous ces terrains houillers, si vastes et si nombreux,

(1) Dawson, *Acadian Geology*. 1868, p. 385.

nous restons presque aussi peu éclairés relativement aux animaux à respiration aérienne de cette période, que si la houille que nous avons extraite fût sortie des profondeurs de l'Océan. L'ancienneté des couches Carbonifères ne saurait donner le mot de l'énigme ; car nous n'ignorons pas que pendant l'époque même où la terre supportait une végétation luxuriante, les mers contemporaines nourrissaient des myriades d'êtres animés, tels que : Articulés, Mollusques, Rayonnés et poissons. L'embarras que nous éprouvons en présence de ce problème est dû en partie à notre manque d'habileté et de zèle comme collectionneurs, et peut-être encore plus à notre ignorance des lois qui gouvernent la fossilisation des animaux terrestres, quel que soit le rang que ces êtres occupent dans l'échelle de l'organisation.

Empreintes de pluie sur les roches carbonifères. — Le D^r Dawson et moi, avons découvert, à dif-

Fig. 452.

Fig. 453.

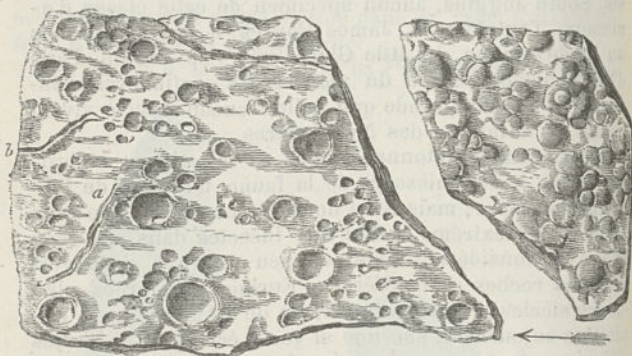


Fig. 452. — Empreintes en creux de gouttes de pluie, et traces de vers (*a, b*) sur du schiste vert carbonifère, au Cap Breton, Nouvelle-Écosse. Grandeur naturelle.

Fig. 453. — Empreintes moulées en relief de gouttes de pluie sur une portion de la même plaque (fig. 452), vue à sa face inférieure qui reposait sur un lit de schiste arénacé. La flèche représente la direction supposée de la pluie.

férents niveaux, des empreintes de pluie sur les schistes et les grès ondulés de l'étage houiller de la Nouvelle-

Écosse. Mais les plus beaux échantillons de ce genre ont été découverts par M. Brown, près de Sidney, dans l'île voisine du Cap Breton. Ce sont des empreintes très-déliées de gouttes d'eau sur des schistes verdâtres, avec traces de vers (*a, b*, fig. 452), analogues à celles que l'on remarque souvent, entre les deux marées, sur la vase récente de la baie de Fundy.

La grande quantité de fougères et la continuité des forêts sur des centaines de kilomètres suffiraient pour établir la grande humidité du climat pendant la période houillère; mais il n'en est pas moins intéressant que l'on ait enfin rencontré des preuves aussi positives de chutes de pluie dont les gouttes ressemblaient pour la grosseur à celles qui tombent actuellement des nuages. Ces faits nous permettent de penser que, durant la période Carbonifère, l'atmosphère ne différait point, quant à sa densité, de l'atmosphère actuelle; et, qu'alors, comme aujourd'hui, les courants d'air variaient de température, et donnaient lieu, par leur rencontre, à la condensation de vapeurs aqueuses.

Plissement et dénudation des lits indiqués par les couches houillères de la Nouvelle-Ecosse. —

Les séries d'événements qui sont indiquées par la grande coupe pratiquée dans les couches houillères de la Nouvelle-Ecosse consistent en un affaissement graduel et longtemps continué d'un espace qui, pendant la plus grande durée de la période, se trouvait normalement à l'état de delta, quoique parfois submergé sous une mer d'une profondeur modérée. Des dépôts de limon et de sable se déposèrent d'abord dans une mer peu profonde dont les rivages bas reçurent quelquefois les empreintes de pas de reptiles (voir p. 529). Quoiqu'il n'y eût pas encore de couches régulières de combustible, les plantes caractéristiques de la houille qui se trouvaient enfouies dans ces terrains appartenaient aux genres *Cyclopteris* et *Alethopteris*; elles concordaient avec les espèces que l'on rencontre à des niveaux bien plus élevés, et se distinguaient de celles du groupe Devonien antérieur. On remarque aussi, dans ces couches formées dans des eaux peu profondes, le *Lepidodendron corrugatum* (voir fig. 454), plante qui prédomine dans le groupe Carbonifère Infé-

rieur d'Europe, ainsi qu'un grand nombre de poissons et d'entromostacées. Un mouvement plus accéléré d'affaissement a dû donner à la mer un lit plus profond à eaux claires, où se développèrent des coraux qui se transformèrent ensuite en calcaire cristallin, dont une partie se convertit en gypse par l'action probablement de l'acide sulfurique. Malgré la continuation de l'abaissement, qui s'effectuait dans la proportion de plusieurs centaines de mètres, la mer aurait fini par devenir moins profonde par suite du développement des coraux, mais sa conversion en terrain sec ou marécageux fut accélérée par les transports de sable et par l'avancement du delta favorisé par les formations d'eau douce et d'eau saumâtre que l'on voit communément dans

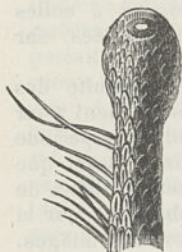


Fig. 454.
Cône et branche
de *Lepidodendron*
corrugatum.
Carbonifère Inférieur,
New-Brunswik.

les lacs.

Le taux d'abaissement qu'a dû subir le lit de la mer pour permettre la formation d'un volume aussi énorme de roches d'origine sédimentaire et organique est exprimé par l'épaisseur totale des Roches Carbonifères, y compris l'étage houiller n° 1, et les couches qui le portent, n° 2, fig. 455.

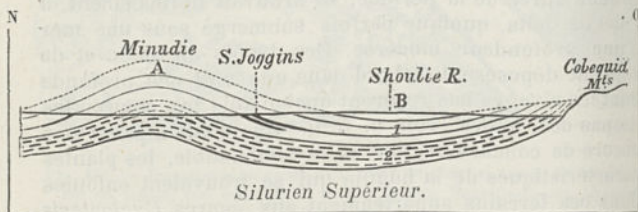


Fig. 455. — Diagramme montrant la courbure et la dénudation supposées des couches Carbonifères dans la Nouvelle-Écosse.

A. Axe anticlinal de Minudie. — B. Synclinal de Schoulie River.
1. Étage houiller. — 2. Carbonifère Inférieur.

Après l'établissement des couches n° 2, les conditions propres à la formation d'un grand delta prévalurent ex-

clusivement, et l'affaissement se continua toujours, de sorte que des forêts crurent l'une après l'autre et furent successivement submergées, laissant pour résultat définitif plus de quatre-vingts niveaux distincts d'argiles sous-jacentes (*underclays*), avec des racines ordinairement recouvertes de bandes de houille. Çà et là se formèrent aussi des dépôts qui attestent l'existence de lacs d'eau douce et d'eau saumâtre, remplis d'un limon bitumineux calcaire. Dans ces couches (*h* et *i*, fig. 446, p. 533), on a trouvé des bivalves d'eau douce ou moules alliés à l'Anodon, qui ne sont pourtant identiques ni avec ce genre ni avec aucun autre vivant; Dawson a donné à ces fossiles le nom de *Naiadites carbonarius*, et on les trouve associés avec de petits crustacés entomostracés du genre Cythère, et des écailles de petits poissons. Quelquefois, par l'effet des marées, et peut-être aussi par suite de légers mouvements d'élévation, on voit, à la saison des inondations, des cannaies de Calamites et des forêts de Sigillariées et de Conifères qui se trouvent exposées à l'action dénudante de la rivière ou de la mer.

Pour interpréter justement la magnifique coupe de côte qui est visible sur les bords de la baie de Fundy, l'étudiant devra d'abord se bien pénétrer de l'idée que les formations houillères les plus récentes, ou mentionnées en dernier lieu, auraient été pour nous les seules connues (car elles auraient recouvert toutes les autres) si deux grands mouvements ne s'étaient opérés dans des directions opposées. Le premier de ces mouvements a consisté en un abaissement général, sur une étendue de 4,800 mètres, qui eut lieu pendant la période Carbonifère, et le second en l'exhaussement d'une surface horizontale plus limitée, qui eut pour résultat la formation de l'axe anticlinal A. Ce qui prouve que le premier grand changement de niveau a été un abaissement, c'est qu'on trouve là des dépôts accumulés dans des eaux peu profondes à la base de la série Carbonifère, c'est-à-dire dans les lits les plus bas du N° 2.

Des mouvements subséquents produisirent dans les terrains houillers de la Nouvelle-Ecosse et du New-Brunswick adjacent les courbures synclinales et anticlinales ordinaires. Si l'on veut suivre ces inflexions, il

faut reconnaître la contrée sur une circonférence de 48 kilomètres de rayon, qui aurait pour centre les South Joggins, c'est-à-dire la région où l'on voit les arbres en position verticale que nous avons décrits dans les pages précédentes. En longeant les falaises pendant plusieurs kilomètres dans la direction méridionale, on remarque que les lits à arbres fossiles que nous avons dit plonger au sud sous un angle de 18° , deviennent de moins en moins inclinés, d'après l'assertion du D^r Dawson, et finissent par se montrer presque horizontaux dans la vallée d'une petite rivière appelée la Shoulie. Après avoir dépassé cette ligne synclinale, les couches commencent à plonger dans une direction opposée, ou nord-est, et deviennent escarpées sur le point où elles reposent en stratification discordante sur les bords du Silurien Supérieur des collines de Cobequid (voir fig. 455). Mais, si de la région à couches de houille et à forêts enfouies on s'avance vers le Nord, vers Minudie, le plongement des couches houillères augmente, et leur angle d'inclinaison va de 18° à 40° ; les lits inférieurs se montrent continuellement à découvert jusqu'à ce qu'on atteigne l'axe anticlinal A, et que la formation Carbonifère Inférieure apparaisse à la surface. Les roches manquantes qui ont été enlevées par la dénudation sont figurées par les lignes faibles en A, et l'étudiant s'apercevra ainsi que les opérations réunies d'affaissement et de dénudation nous permettent de voir à 4,800 mètres environ de profondeur dans l'intérieur de la terre, sans passer à travers aucune formation.

CHAPITRE XXIV

FLORE ET FAUNE DE LA PÉRIODE CARBONIFÈRE.

Végétation de la période Houillère. — Fougères, — Lycopodiacées, — Équisétacées, — Sigillariées, Stigmariées, Conifères, — Monocotylédones des terrains houillers. — Climat de la période Houillère. — Calcaire de Montagne. — Faune marine de la période carbonifère. — Coraux. — Polyzoaires, Crinoïdes. — Mollusques. — Grand nombre de poissons fossiles. — Foraminifères.

Végétation de la période houillère. — Nous avons vu dans le dernier chapitre que les couches de houille, de nature bitumineuse ou anthraciteuse, provenaient des mêmes espèces végétales, et Goppert a affirmé qu'on rencontre quelquefois même dans la houille pure des débris de toutes les familles de plantes disséminés à travers les schistes et les grès. Cette circonstance ajoute un grand intérêt géologique à cette flore.

La période houillère a été appelée par Adolphe Brongniart l'*âge des Acrogènes* (1), tant y est grande la prédominance numérique des plantes non florifères ou cryptogames des familles des fougères, des lycopodes et des presles. Suivant cet auteur, le nombre des espèces carbonifères connues jusqu'en 1849 s'élevait à 500, et il s'est accru considérablement depuis par suite des recherches récentes, malgré les réductions qu'il a subies par la découverte des erreurs qu'on avait commises en prenant pour des espèces distinctes les différentes parties de plantes, même semblables. Malgré ces modifications, les idées générales de Brongniart sur cette flore restent entières, et l'on admet encore avec lui que l'état du monde végétal de cette époque différait extrêmement de celui de nos jours, non-seulement parce que les plantes crypto-

(1) Pour la nomenclature botanique, voir p. 384.

games constituait alors presque toute la flore, mais encore parce qu'elles avaient une organisation supérieure à celle des plantes actuelles de la même classe, et qu'elles réunissaient des formes de structure que l'on ne trouve aujourd'hui que séparées et propres à des ordres distincts. Les seules plantes phanérogames qui caractérisent vraiment la houille sont les conifères; les monocotylédones paraissent y avoir été très-rares, et les dycotylédones angiospermes, sauf une ou deux exceptions douteuses, manquèrent complètement dans cette période. Ces faits, on pouvait les prévoir jusqu'à un certain point d'après ce que nous avons dit des flores Secondaires ou Mésozoïques, si, conformément à la théorie d'évolution, on s'attendait à trouver dans les roches plus anciennes la prédominance d'organismes plus simples et moins spécialisés.

Fougères. — On est frappé, à première vue, de la ressemblance des fougères de cette période avec celles

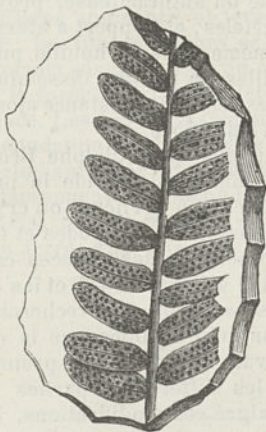


Fig. 456. — *Pecopteris elliptica*,
Bunbury (1). Frostburg.



Fig. 457. — *Caulopteris primæva*
Lindley.

qui vivent maintenant. Dans le genre fossile *Pecopteris*, par exemple (fig. 456), il n'est pas facile de décider si l'on

(1) Sir C. Bunbury, *Geol. Quart. Journ.*, vol. II. 1845.

doit ou non rapporter ces fougères à des genres différents de ceux qui ont été établis pour la classification des espèces vivantes; quant à la plupart des autres familles qui furent contemporaines des végétaux précédents, à l'exception toutefois des Conifères, on est souvent embarrassé pour déterminer même la classe à laquelle elles ont appartenu. Les fougères de la période Carbonifère sont en général dépourvues des organes de la fructification, mais dans les quelques cas où ces organes sont assez bien conservés pour être examinés au microscope, ils concordent avec ceux des fougères vivantes.

En recueillant des échantillons fossiles dans le terrain houiller de Frostburg, Maryland, j'ai trouvé dans les

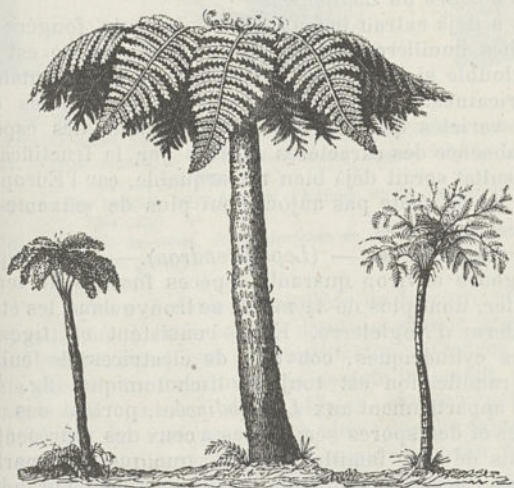


Fig. 458.

Fig. 459.

Fig. 460.

Fougères arborescentes vivantes de différents genres. (Ad. Brong.)

Fig. 458. — Fougère arborescente de l'île Bourbon.

Fig. 459. — *Cyathea glauca*, Ile Maurice.

Fig. 460. — Fougère arborescente du Brésil.

schistes ferrugineux plusieurs espèces de fougères avec les marques ou points ronds bien conservés des *Sores* (voir fig. 456). En l'absence générale de ces caractères,

on a dû former les genres principalement d'après la ramification des frondes et le mode de distribution des veines sur la feuille. La plupart de ces plantes paraissent avoir eu les dimensions des fougères ordinaires d'Europe; quelques-unes étaient véritablement arborescentes, celles surtout du groupe appelé *Caulopteris* par Lindley (voir fig. 457), et le *Psaronius* de l'étage houiller supérieur ou plus récent, dont il a été question plus haut (p. 509). Toutes les fougères arborescentes actuelles appartiennent à une seule tribu, celle des *Polypodiacées*, et encore à un petit nombre seulement des genres qui la forment et chez lesquels la surface du tronc est marquée de cicatrices laissées par la chute des frondes. Ces cicatrices ressemblent à celles du *Caulopteris*.

On a déjà extrait jusqu'à 130 espèces de fougères des couches houillères d'Angleterre, et ce nombre est plus que doublé si l'on y ajoute les espèces Continentales et Américaines. En déduisant même de ce total les quelques variétés que l'on a pu prendre pour des espèces, en l'absence des caractères fournis par la fructification, le résultat serait déjà bien remarquable, car l'Europe entière ne présente pas aujourd'hui plus de soixante-sept espèces indigènes.

Lycopodiacées — (*Lepidodendron*). — On a rapporté à ce genre environ quarante espèces fossiles du terrain houiller, dont plus de la moitié se trouve dans les étages houillers d'Angleterre. Elles consistent en tiges ou troncs cylindriques, couverts de cicatrices de feuilles; leur ramification est toujours dichotomique (fig. 462). Elles appartiennent aux *Lycopodiacées*, portant des sporanges et des spores semblables à ceux des représentants vivants de cette famille (fig. 465); quoique la plupart des espèces Carbonifères offrent les dimensions de grands arbres, M. Carruthers a constaté, par des mesures soigneusement prises, que le volume des spores fossiles n'excédait pas celui des lycopodes récents: ce fait a quelque importance géologique en ce qu'il sert à expliquer la facilité avec laquelle ces graines ont été transportées par le vent et ont par cela même occasionné dans les forêts d'Europe et d'Amérique une vaste distribution de ces plantes fossiles, analogue à celle qu'on observe aujourd'

d'hui dans la distribution géographique de tant de familles vivantes de cryptogames. Les figures 461-463 représentent un *Lepidodendron* fossile de 13^m70 de longueur



Fig. 461.

Fig. 462.

Fig. 463.

Lepidodendron Sternbergii. Terrain houiller, près de Newcastle.

Fig. 461. — Tronc ramifié, de 13.70 mètres de long, supposé celui du *L. Sternbergii*. (Flor. Foss. 203.)

Fig. 462. — Tige ramifiée, avec écorces et folioles, du *L. Sternbergii*. (Flor. Foss. 4.)

Fig. 463. — Portion du même, plus rapprochée de la racine; grandeur naturelle. (*Ibid.*)

que l'on a trouvé dans la houillère de Jarrow, près de Newcastle, où il était couché dans un schiste argileux, parallèlement aux plans de stratification. D'autres fragments découverts dans le même schiste indiquent, par le diamètre des cicatrices rhomboïdales, que le végétal atteignait des dimensions encore plus considérables. Les Lycopodiacées vivantes, dont on compte environ 200 espèces, abondent dans les climats tropicaux. Elles rampent généralement à terre, mais quelques-unes croissent en position verticale, par exemple le *Lycopodium densum* de la Nouvelle-Zélande (fig. 464), qui atteint une hauteur d'environ 90 centimètres.

Dans les couches carbonifères de Coalbrook Dale, et dans divers autres bassins houillers, on rencontre des corps allongés, cylindriques, que l'on appelle vulgairement

cônes fossiles, et que M. Ad. Brongniart a nommés *Lepidostrobus* (fig. 465). Ces corps constituent souvent le noyau



Fig. 464. — *a* *Lycopodium deasum*. Espèce vivante. Nouvelle-Zélande.
b Branche; grandeur naturelle. — *c* Portion du même, grossie.



des boules concrétionnées de fer argileux; ils sont bien conservés et montrent un axe conique autour duquel se reconnaissent de nombreuses écailles imbriquées, très-serrées. L'opinion de M. Brongniart, aujourd'hui confirmée, est que le *Lepidostrobus* représente le fruit du *Lepidodendron*, car il n'est pas rare, en effet, de rencontrer à Coalbrook Dale et ailleurs de ces *trobili* ou fruits bien caractérisés terminant le sommet d'une branche de *Lepidodendron*.



Fig. 465 (1). — *a* *Lepidostrobus ornatus*, Brong. (Strobilus ou cône), Shropshire; demi-grandeur naturelle.
b Portion d'une coupe montrant les gros sporanges dans leur position naturelle.
c Microspores dans ces sporanges, fortement grossis.

Equisetacés. — A cette famille appartiennent deux genres fossiles de la houille, les *Equisetites* et les *Calamites*. Les *Calamites* étaient évidemment alliées aux prêles modernes (*Equiseta*), dont elles diffé-

(1) Hooker, *Mem. Geol. Survey*, vol. II, part. 2, p. 440.

raient par leurs grandes dimensions, par le manque de gaines aux articulations, par quelques détails de fructification, et surtout par la structure complexe et plus par-

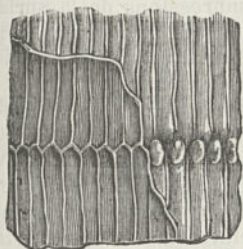


Fig. 466. — *Calamites Sucoyii*,
Brong.; Grandeur naturelle.
Commune dans la houille, dans les
diverses parties de l'Europe.

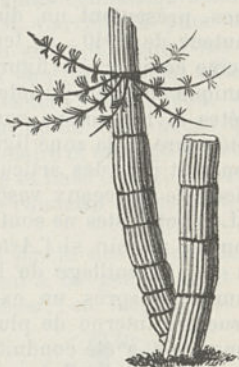


Fig. 467. — Tige de la fig. 466,
restaurée par le Docteur
Dawson.

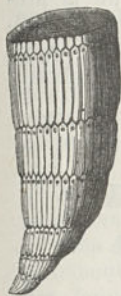


Fig. 468. — Extrémité
de la racine d'une Cala-
mite. Nouvelle-Écosse.

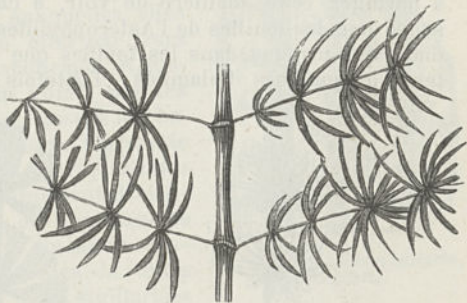


Fig. 469. — *Asterophyllites foliosus*. (Flor. Foss. 25.)
Terrain houiller. Newcastle.

faitement organisée de la zone ligneuse, qui ressemble, en apparence, à celle des plantes exogènes. Elles poussaient dans des cannaies épaisses ou plaines limoneuses

et sableuses, à la manière des modernes Equisetacées, et leurs débris sont fréquents dans la houille. On rencontre sept espèces de cette plante dans la grande coupe de la Nouvelle-Ecosse que nous avons décrite ; et quelques-unes, présentant un diamètre de 76 millimètres et une hauteur de 2^m40, se terminent inférieurement par une racine conique. La figure 468 représente un moule inorganique de la cavité interne d'une tige de Calamite ; les crêtes et les sillons sont les impressions de la surface intérieure de la zone ligneuse. Les petits tubercules que l'on voit près des articulations paraissent être les cicatrices de faisceaux vasculaires brisés.

Les botanistes ne sont pas encore d'accord sur la question de savoir si l'*Asterophyllites* (voir fig. 469) était ou non le feuillage de la Calamite. Le Professeur Williamson, d'après un examen fait au microscope de la structure interne de plusieurs échantillons parfaitement conservés, a été conduit à conclure que l'*Asterophyllites* n'appartient pas même au même ordre naturel que les Calamites, qu'il forme un groupe distinct, comme les Cryptogames, mais qu'il se rapproche bien plus des Lycopodes que des Equisetes. Le Docteur Dawson incline à partager cette manière de voir, à cause de la présence dans les feuilles de l'*Asterophyllites* d'une côte médiane qui manque dans les feuilles que l'on sait appartenir à quelques Calamites. Toutefois, le Professeur



Fig. 470. — *Annularia sphenophylloides*, Zenker.



Fig. 471. — *Sphenophyllum erosum*, Lindley et Hutton.

Schimper et M. Carruthers pensent que l'*Asterophyllites* est le feuillage de la Calamite ; ce dernier auteur prétend

même qu'il a trouvé les feuilles attachées à la tige de cette dernière plante.

Les figures 470 et 471 représentent les feuilles de l'*Anularia* et du *Sphenophyllum*, plantes communes dans la houille, et qui sont prises par M. Carruthers pour des feuilles de Calamites. On diffère aussi d'opinion sur la question de savoir si ces formes sont intimement alliées ou non à l'*Asterophyllites*. Le Docteur Williamson, qui a étudié les Calamites avec beaucoup de soin, pense que ces plantes avaient une moelle fistulaire et une tige ligneuse exogène, avec une écorce épaisse et lisse dont il ne reste plus trace et qui a laissé une tige cannelée que représente la figure 467.

Sigillariées. — Une grande partie des arbres de la période Carbonifère appartiennent à ce genre, dont on connaît jusqu'à vingt-huit espèces, en Angleterre. La structure interne et la forme externe des sigillariées étaient tout à fait particulières, et, très-anomales, si on les compare aux types actuels. M. Ad. Brongniart a d'abord rapporté ces plantes aux fougères, auxquelles elles ressemblent en effet par leurs vaisseaux scalariformes, et, jusqu'à un certain point, par les cicatrices qu'ont laissées les bases des feuilles après leur chute (fig. 472). Mais quelques-unes d'entre elles paraissent décidément avoir été pourvues de longues feuilles linéaires complètement différentes de celles des fougères. Les sigillariées s'élevaient parfois jusqu'à la hauteur de 9 à 18 et même 21 mètres; leur tige était cylindrique, régulière, non ramifiée, bien que quelques-unes fussent dichotomes vers le sommet. Cette tige cannelée, dont le diamètre variait de 30 centimètres à 1^m50, se décomposait, à ce qu'il semble, plus rapidement au dedans qu'au dehors, et finissait par devenir creuse, tout en gardant sa position verticale;

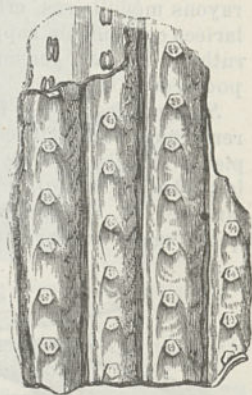


Fig. 472. — *Sigillaria laevigata*, Brongniart.

lorsqu'elle venait à tomber, elle s'affaissait sous son propre poids et s'aplatissait. C'est pour cela que l'écorce des deux faces d'aplatissement, écorce aujourd'hui convertie en houille brillante et fragile, forme souvent deux couches horizontales superposées l'une à l'autre, chacune de 12 à 25 millimètres d'épaisseur. Ces mêmes tiges, lorsqu'elles se trouvent dirigées obliquement ou verticalement par rapport aux plans de stratification, conservent leur forme cylindrique primitive; elles n'ont pas alors subi de compression, et le cylindre de l'écorce s'est rempli de sable qui s'est moulé à l'intérieur.

Le Docteur Hooker serait porté à voir dans les *Sigillariées* des Cryptogames beaucoup plus développés qu'aucune des plantes dépourvues de fleurs qui font partie de la création actuelle. Le Docteur Dawson ayant trouvé dans quelques espèces une disposition qu'il regarde comme des rayons médullaires, croit avec Brongniart que les Sigillariées ont quelque rapport avec les Gymnogènes; M. Caruthers incline à penser qu'elles appartiennent aux Lycopodiacées.

Stigmariées. — Ce fossile, dont nous avons déjà fait remarquer l'importance, avait d'abord été pris pour une plante aquatique. Aujourd'hui on a la preuve que c'était la racine de la *Sigillaria*. D'après certains caractères botaniques, M. Brongniart soupçonna le premier les liens qui devaient exister entre la racine et la tige. Cette opinion

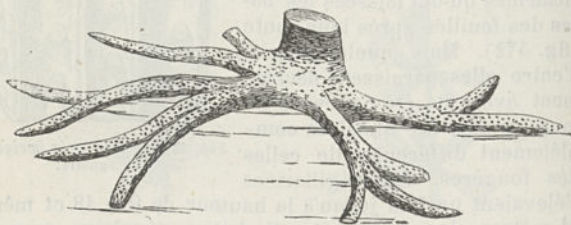


Fig. 473. — *Stigmaria* faisant suite à un tronc de *Sigillaria*.

s'est trouvée confirmée par les observations directes de M. Binney dans le bassin houiller du Lancashire, et tout récemment, d'une manière plus certaine encore, par M. Richard Brown, dans sa description des *Stigmariées* con-

tenues dans les argiles sous-jacentes du terrain houiller, à l'île du Cap Breton (Nouvelle-Ecosse). Dans l'échantillon que représente la figure 473, les racines s'étendaient sur un rayon de 4^m80, et quelques-unes envoyaient des radicules suivant toutes les directions dans l'argile environnante. M. Richard Brown a également recueilli dans le terrain houiller du Cap Breton des racines stigmariales qui étaient attachées à des arbres qu'il croit être des *Lepidodendra*; M. Carruthers a confirmé cette opinion d'après les spécimens de *Lepidodendron* qui se trouvent dans les terrains houillers d'Angleterre. Ces faits sont d'autant plus importants qu'ils servent à prouver l'affinité des *Sigillaria* avec les *Lepidodendron*, confirmant ainsi l'idée que les derniers appartiennent aux Lycopodiacées.

Les falaises des South-Joggins (Nouvelle-Ecosse) m'ont fait voir des Sigillariées en position verticale, et je me

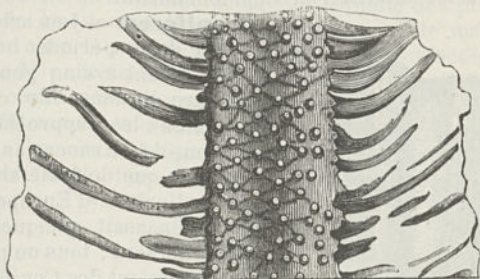


Fig. 474. — *Stigmaria ficoides*, Brong. Demi-grandeur naturelle. (Flo. Foss. 32.)

suis assuré avec M. Dawson, que, de leur extrémité inférieure, partaient comme racines des *Stigmariales*. Ces racines naissaient au nombre de quatre, puis chacune d'elles se bifurquait de manière à doubler bientôt ce nombre, et plus loin se montrait une nouvelle dichotomie. Les radicules cylindriques, que l'on avait d'abord regardées comme des feuilles, étaient, comme le prouvent aujourd'hui cer-

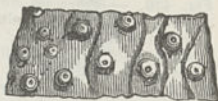


Fig. 435. — Autre exemplaire de la même espèce montrant à la surface la forme des tubercules. (Fl. Foss. 34.)

tains échantillons, primitivement fixées à la racine à laquelle elles s'adaptaient dans des creux profonds et cylindriques. A l'état fossile, on ne distingue que rarement la trace de la forme de ces cavités, par suite de l'expansion des tissus environnants. Une fois les radicules détachées, il ne reste plus rien à la surface de la *Stigmaria* que des rangées de tubercules mamelonnés qui ont formé la base des radicules (voir figs 474-475). Ces protubérances indiquent peut-être un point d'articulation à l'extrémité inférieure des mêmes radicules. Les rangées de ces tubercules sont disposées en spirale autour de chaque racine, et celle-ci présente toujours un axe médullaire et un système ligneux qui ressemblent beaucoup à ceux des *Sigillariées*, car la structure des vaisseaux y est également scalariforme. Il ne paraît pas qu'on ait encore rencontré, dans la Nouvelle-Écosse, d'exemples de racine *Stigmariée* attachée au *Lepidodendron*.

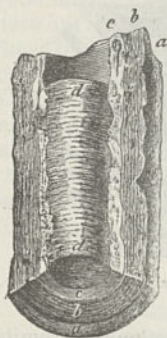


Fig. 476. — Fragment de bois conifère, *Dadoxylon*, Endlicher, brisé longitudinalement; Coalbrook Dale. W.-C. Williamson (1).

a Écorce. — b Zone Ligneuse, ou fibre (pleurenchyma). — c Moelle. — d Moule du canal médullaire, ou *Sternbergia*.

Conifères. — Les arbres conifères de la période houillère se rapportent à cinq genres; la structure ligneuse de certains d'entre eux les rapproche de la division des *Araucarias* beaucoup plus que de toute autre des pins ordinaires d'Europe. Leur tronc dépassait quelquefois 13 mètres de haut; tous ou presque tous différaient des *Conifères* actuels par l'existence d'un épais cylindre médullaire. M. Williamson a prouvé que le fossile végétal de l'étage houiller auquel on a donné le nom de *Sternbergia* n'était autre chose que la moelle de ces arbres, ou plutôt le moule de cavités formées par le retrait ou l'absorption partielle de l'axe médullaire originel (figs. 476 et 477). On observe ce type particulier de moelle dans des

(1) Manchester, *Philos. Mem.*, vol. IX, 1831.

représentants vivants de familles très-différentes de la précédente, par exemple dans le noyer commun et le jasmin blanc. Chez ces végétaux, la moelle se réduit telle-

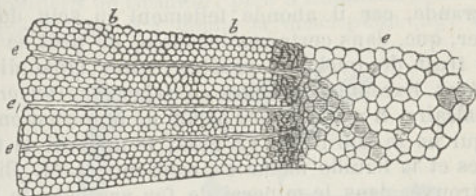


Fig. 477. — Portion grossie du fragment figure 476; coupe en travers.
c Moelle. — b, b Fibre ligneuse. — e, e Rayons médullaires.

ment, qu'elle finit par ne plus former qu'un mince cordon dans la cavité médullaire, à travers laquelle des plaques minces de moelle s'étendent horizontalement de manière à diviser ainsi le tube cylindrique en espaces discoïdaux. Lorsque la matière inorganique a rempli ces interstices, ceux-ci constituent un axe auquel, avant que sa véritable nature fût connue, on avait provisoirement donné le nom de *Sternbergia* (d, d, fig. 476). Dans les échantillons représentés ici (b, figs. 476 et 477), la structure du bois



Fig. 478. — *Trigonocarpum ovatum*,
Lindley et Hutton.
Peel Quarry, Lancashire.

Fig. 479. — *Trigonocarpum olivæforme*,
Lindley; avec son
enveloppe charnue. Houillère
de Felling, Newcastle.

indique des conifères, et le fossile peut être rapporté au genre éteint *Dadoxylon* de Endlicher.

Suivant le Docteur Hooker, le fossile appelé *Trigonocarpum* (fig. 478-479), que l'on avait d'abord pris pour un fruit de palmier, devrait, comme les *Sternbergia*, être rapporté aux *Conifères*. Son importance géologique est très-grande, car il abonde tellement au sein du dépôt houiller, que, dans certaines localités, on peut se procurer le fruit de quelques espèces, pour ainsi dire par boisseaux. Excepté les argiles sous-jacentes (*underclays*), et le calcaire, il n'est aucune partie de la formation houillère qui ne le fournisse. Le grès, le minerai de fer, les schistes et la houille même en contiennent. M. Binney a enfin trouvé, dans le minerai de fer argileux du Lancashire plusieurs échantillons qui montraient la structure et qui indiqueraient, d'après le Docteur Hooker, que le *Trigonocarpum* appartient à cette vaste section des conifères vivants qui portent des fruits solitaires, charnus, et non des cônes. Le *Trigonocarpum* ressemble beaucoup au fruit du genre *Salishuria* de la Chine, et qui fait partie de la tribu des Ifs ou conifères Taxoïdes.

Les curieux fossiles, appelés *Antholithes* par Lindley et que l'on considérait autrefois comme des épis à fleurs, sont probablement alliés aux Conifères. On n'avait pas encore trouvé d'échantillon de ces fossiles qui montrait



Fig. 480. — *Cardiocarpon Lindleyi*, Carr.
(*Antholithes*, Lindley) Terrain houiller,
Falkirk.

leur structure, de sorte que leur rang véritable restait un peu incertain; mais, en 1870, M. Peach a recueilli, dans des schistes carbonifères, près de Falkirk (fig. 480) des spécimens où le fruit est attaché à la tige; et M. Carruthers affirme que ces fruits sont identiques à d'autres que Brongniart a découverts dans le terrain houiller

et qu'il a désignés sous le nom de *Cardiocarpon*. Il est démontré que les appendices que Lindley prenait pour des pétales sont les pédicelles du fruit qui sort de chaque cloison des feuilles sur l'axe de la plante. Le fruit lui-

même est plat et légèrement ovale, avec une base cordée, et un sommet bifide un peu pointu (1).

Monocotylédone dans les terrains houillers. — En 1840, le Docteur Robert Paterson a découvert (2) dans les terrains houillers de Granton, près d'Édimbourg, un fossile remarquable dont il a donné la description (fig. 481). Il

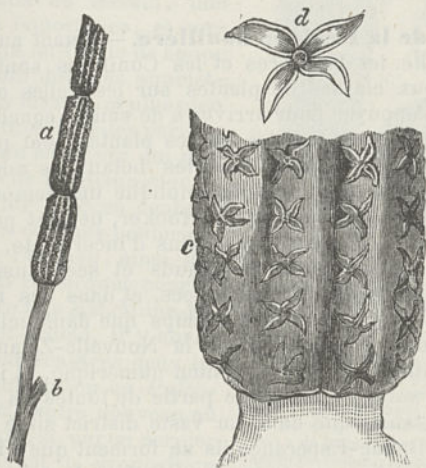


Fig. 481. — *Pothocites Grantonii*, Pat. Terrain houiller, Édimbourg.
a Tige et épi; demi-grandeur naturelle. — *b* Restes de la spathe, grossis.
 — *c* Portion de l'épi, grossi. — *d* L'un des calices, grossi.

se trouvait comprimé entre deux couches de schiste bitumineux; il consiste en une tige portant un épi cylindrique *a*, qui, dans la portion conservée dans le schiste, présente deux sous-divisions entières et en partie une troisième. L'épi a sa surface couverte de calices de fleurs à quatre sépales qui sont disposés en rangées parallèles. Cette tige montre en *b*, un peu au-dessous de l'épi, un reste d'appendice latéral que l'on suppose indiquer le

(1) Carruthers, *Notes sur des plantes fossiles*, *Geol. Mag.*, vol. IX. 1872, p. 54.

(2) *Trans. de la Soc. Bot. d'Édimbourg.*, vol. I, 1844.

commencement de la spathe. Le fossile a été rapporté, et très-probablement avec juste raison, à l'ordre des *Aroidiæ*. Dans tous les cas on ne saurait mettre en doute le degré supérieur de son organisation et sa place parmi les monocotylédones. M. Carruthers a soigneusement examiné l'échantillon original de cette plante au Muséum Botanique d'Edimbourg, et pense que c'était probablement un épiphyte.

Climat de la Période houillère. — Quant au climat de la houille, les Fougères et les Conifères sont peut-être les deux classes de plantes sur lesquelles on peut le moins s'appuyer pour arriver à de saines conclusions, car tous les genres fossiles de ces plantes sont presque alliés aux types vivants. Tous les botanistes admettent que l'abondance des fougères implique une température humide; mais les Conifères, dit Hooker, ne sont pas dans le même cas et donnent lieu à plus d'incertitude, car on les trouve sous des climats chauds et secs, aussi bien que sous des climats froids et secs, et dans des régions chaudes et humides en même temps que dans celles qui sont humides et froides. Dans la Nouvelle-Zélande les conifères atteignent leur maximum numérique, et ils constituent la soixante-deuxième partie de toutes les plantes florifères; tandis que dans un vaste district situé autour du Cap de Bonne-Espérance ils ne forment que 1/1600^e de la flore phanérogame. Outre les Conifères, on trouve en plein développement, dans la Nouvelle-Zélande, un grand nombre de fougères, dont quelques-unes arborescentes, accompagnées de plusieurs espèces de Lycopodes, de sorte qu'une forêt de cette contrée peut donner une idée plus approximative de la végétation carbonifère que toute autre existant actuellement sur le globe.

FAUNE MARINE DE LA PÉRIODE CARBONIFÈRE.

Nous avons déjà dit que, dans le Sud de l'Angleterre et des Galles, le Calcaire de Montagne ou Carbonifère succédait, suivant l'ordre descendant, au terrain Houiller, tandis que, dans le Nord et en Ecosse, les calcaires marins en partie de l'âge du Calcaire de Montagne, alternaient avec des schistes et grès, contenant des couches de

houille. Lorsqu'il est souvent composé de carbonate de chaux, le Calcaire de Montagne est dépourvu de plantes terrestres, mais il est tout pénétré de débris marins; quelquefois même la roche n'est presque qu'un amas de coraux, de crinoïdes, et de polyzoaires entremêlés avec des mollusques.

Coraux. — Les coraux ont, dans ce terrain, une grande importance, et surtout ceux en forme de coupe et d'étoile dont les squelettes, plus massifs et plus pierreaux, présentent des particularités de structure qui permettent de les distinguer de toutes les espèces connues dans les couches postérieures au Permien, ainsi que l'ont fait remarquer pour la première fois MM. Milne-Edwards et Haime. Il y aurait donc pour ces êtres deux types : l'un ancien ou *Paléozoïque*, et l'autre nouveau ou *Néozoïque*, si, par ce dernier mot (suivant la proposition du Professeur Forbes), on désigne toutes les couches que l'on connaît, depuis celles du Trias jusqu'aux plus modernes inclusivement. Les diagrammes suivants (fig. 482, 483) donneront une idée de ces types.

On remarquera que les coraux les plus anciens présentent ce qu'on appelle une disposition quadripartite dans leurs principales plaques verticales ou *lamelles*, — parties du squelette qui supportent les organes de la reproduction. Le nombre de ces lamelles, dans le

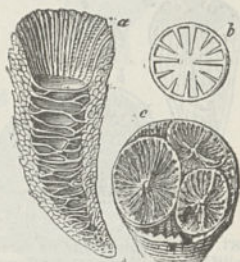


Fig. 482. — Type *paléozoïque* de corail lamellaire et cupuliforme. Ordre *Zoantharia rugosa*, Milne-Edwards et Jules Haime.

a Section verticale du *Campophyllum flexuosum* (*Cyathophyllum*, Goldf.); demi-grandeur naturelle; du Devonien de l'Eifel. On voit les *lamelles* autour de l'intérieur de la coupe; les parois présentent un tissu cellulaire; de larges lames transversales, appelées *tubules*, partagent l'intérieur en chambres.

b Disposition des *lamelles* dans le *Polycælia profunda*, Germar; grandeur naturelle; du Calcaire Magnésien de Durham. Ce diagramme montre la disposition quadripartite des lamelles caractéristiques des coraux paléozoïques; les lamelles sont au nombre de quatre principales, et huit plus petites, le nombre total dans ce type étant toujours un multiple de quatre.

c *Stauria astræiformis*, Milne-Edwards. Jeune groupe de grandeur naturelle. Silurien Supérieur; Gothland. Les lamelles, dans chaque coupe, sont divisées en quatre groupes par quatre bourrelets saillants.

type Paléozoïque, est de 4, 8, 16, etc.; tandis que, dans le type Néozoïque, il est toujours de 6, 12, 24 ou autres multiples de 6; et ce caractère est constant, que les coraux soient d'une forme simple comme dans les figures 482 a et 483 a, ou des agrégations de cloisons de corallites comme dans la figure 482 c. Mais des recherches ultérieures ont montré qu'ici, comme dans toutes les grandes généralisations en histoire naturelle, il y avait des exceptions à la règle.

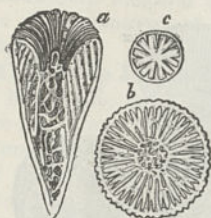


Fig. 483. — Type néozoïque de corail lamellaire cupuliforme. Ordre *Zoantharia Aporosa*, Milne-Edwards et J. Haime.

a *Parasmilia centralis*, Mantel, Coupe verticale, grandeur naturelle. Craie Supérieure, Gravesend. Dans ce type, les lamelles sont massives et s'étendent jusqu'à l'axe du tissu cellulaire lâche; il n'y a pas de lames transversales comme dans la figure 482 a.

b *Cyathina Bowerbankii*, Edwards et Haime. Coupe transversale, amplifiée. Gault, Folkstone. Dans ce corail, les lamelles se comptent par multiples de six. Les douze lamelles principales atteignent l'axe central ou columelle, et entre chaque paire on voit trois lamelles secondaires, en tout quarante-huit. Ne sont pas comptées les courtes lamelles intermédiaires qui partent de la columelle; elles sont appelées *pieux (pali)*.

c *Fungia patellaris*, Lamk. Récente, très-jeune âge. Diagramme amplifié des six septum principaux et des six secondaires. La disposition sextuple est toujours plus manifeste dans le jeune âge que dans l'âge adulte.

Ainsi, dans le Grès Vert Inférieur l'*Holocystis elegans* (E D et H.), et d'autres formes, présentent le type Paléozoïque, et le Docteur Duncan a montré jusqu'à quel point les formes Néozoïques pénètrent inférieurement dans les roches Carbonifères et Devonniennes.

Parmi les nombreux coraux lamelliformes du Calcaire de Montagne, deux espèces (fig. 484, 485), ont été choisies comme ayant une très-vaste distribution qui s'étend depuis les confins de la Russie jusqu'aux Iles Britanniques; on les trouve presque partout dans toutes les contrées de cette surface.

Ces deux espèces, en même temps que plusieurs autres appartenant aux genre *Zaphrentis*, *Amplexus*, *Cyathophyllum* et *Clisiophyllum*, forment un groupe de coraux rugueux tout à fait différents de tous ceux qui ont suivi. Ils sont associés à certains coraux tabulaires parmi lesquels on remarque surtout les *Michelinia*

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

et *Syringopora*; ce dernier forme souvent de petits récifs (1).



Fig. 484. — *Lithostrotion basaltiforme*, Phil. (*Lithostrotion striatum*, Fleming; *Astræa basaltiformis*, Conyb. et Phill.). Angleterre, Irlande, Russie, Iowa, et ouest du Mississipi, États-Unis.; (Dr D. Owen.)



Fig. 485. — *Lonsdaleia floriformis* (Martin). M. Edwards. (*Lithostrotion floriforme*, Fleming. *Strombodes*.)

a Jenne individu, avec bourgeons ou corallites sur le disque, montrant la gemmation calcinale.

b Portion d'une masse composée, en plein développement. Bristol, etc., Russie.

Polyzoaires et Crinoïdes. — Comme *Polyzoaires*, dominant les *Fenestella*, *Hemitrypa* et *Polypora*, qui constituent souvent des couches considérables. Leurs frondes articulées sont faciles à reconnaître. Les *Crinoïdes* abondent aussi dans le Calcaire de Montagne (figs. 486-487).

Chez la plupart, la coupe ou bassin (fig. 487 *b*) est très-développée comparativement aux bras, bien que ce ne soit pas le cas dans la figure 486. Les genres *Potriocrinus*, *Cyathocrinus*, *Actinocrinus* et *Platycrinus* sont tous caractéristiques de la formation. Les autres Echinodermes y sont rares; on n'y connaît que quelques oursins de mer; ces derniers ont une structure complexe, et présentent un plus grand nombre de plaques interambula-

1) Pour les figures de ces coraux, voir les monographies de la *Palæontographical Society*: 1852.

crâles qu'aucun des genres modernes du même groupe.

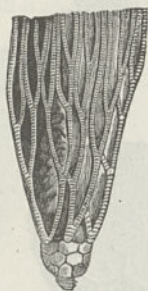


Fig. 486. — *Cyathocrinus planus*, Miller; le corps et les bras. Calcaire de Montagne.



Fig. 487. — *Cyathocrinus caryocrinoïdes*, M'Coy.
a Face d'une articulation de la tige. — b Bassin ou corps, appelé aussi calice ou coupe. — c Une plaque du bassin.

Un seul genre, le *Palæochinus* (fig. 488), est analogue à l'*Echinus* actuel; mais il a quatre, cinq ou six rangées de plaques dans la région ou aire imterambulacrale,

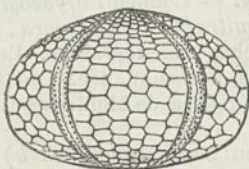


Fig. 488. — *Palæochinus gigas*, M'Coy.
Réduite à un tiers de grandeur naturelle. Calcaire Carbonifère. Irlande.



Fig. 489. — *Pentremites ellipticus*, Sow.
Calcaire Carbonifère, Derbyshire, etc.

tandis que les genres modernes n'en ont que deux. Un autre genre, *Archæocidaris*, rappelle également le *Cidaris* de nos mers. Deux genres de Blastoïdées, *Pentremites* et *Codonaster*, sont particuliers à cette formation, en Europe et dans l'Amérique du Nord. Le *Pentremites*

(fig. 489) est de beaucoup le plus abondant, et, comme le *Codonaster*, il se distingue des vrais Crinoïdes et des Cystoïdées par l'absence de bras.

Mollusques. — Les Mollusques Carbonifères d'Angleterre, énumérés par M. Etheridge (1), comprennent 653 espèces se rapportant à 86 genres, qui se rencontrent surtout dans le Calcaire de Montagne. Sur ce nombre élevé, 40 espèces seulement sont communes aux roches sous-jacentes du Devonien, savoir : 9 Cephalopodes, 7 Gasteropodes, le reste se composant de bivalves, principalement de la famille des Brachiopodes (ou Pallio-branches). Ce dernier groupe constitue de beaucoup la

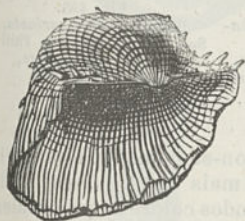


Fig. 490. — *Productus semireticulatus*, Martin (*P. antiquatus*, Sow.). Calcaire Carbonifère. Angleterre, Russie, les Indes, etc.

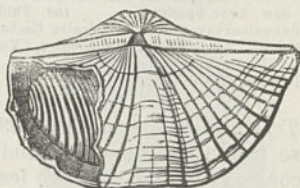


Fig. 491. — *Spirifera trigonalis*, Martin. Calcaire Carbonifère. Derbyshire, etc.

majeure partie des Mollusques Carbonifères ; on en connaît déjà 157 espèces en Angleterre seulement, et leur importance est appelée à croître bien d'avantage dans la faune des roches Siluriennes, surtout dans les séries de Wenlock et Caradoc. Les coquilles qui caractérisent le mieux peut-être la formation sont de grandes espèces de *Productus*, tels que *P. giganteus*, *P. semireticulatus* (fig. 490) et *P. scabriculus*. On y trouve en abondance de grands spirifères plissés, par exemple, *Spirifera striata*, *S. rotundata*, et *S. trigonalis* (fig. 491), ainsi que des espèces lisses, telles



Fig. 492. *Spirifera glabra*, Martin. Calcaire Carbonifère.

(1) *Quart. Geol. Journ.*, vol. XXIII, p. 674. 1867.

que la *Spirifera glabra* (fig. 492), avec ses nombreuses variétés.

Parmi les mollusques Brachiopodes, nous citerons la



Fig. 493.

Terebratula hastata,
Sow. Avec bandes
de couleur rayonnées.
Calcaire Carbonifère,
Derbyshire,
Irlande, Russie, etc.



Fig. 494.

Aviculopecten sublobatus,
Phill.
Calcaire Carbonifère.
Derbyshire, Yorkshire.



Fig. 495.

Pleurotomaria carinata,
Sow. (*P. Stammigera*, Phill
Calcaire Carbonifère,
Derbyshire, etc.

Terebratula hastata (fig. 493), non-seulement parce qu'elle se trouve largement répandue, mais aussi parce qu'elle conserve souvent encore les bandes colorées qui ornaient la coquille vivante. Ces bandes colorées se retrouvent conservées dans plusieurs bivalves lamellibranches, tels que l'*Aviculopecten* (fig. 494), dans lequel les lignes foncées alternent avec un fond clair. Quelques univalves spirales présentent aussi leur couleur originelle; elle est très-distincte dans le *Pleurotomaria* (fig. 495), dont la surface porte des lignes ondulées qui lui donnent une nuance semblable à celle que l'on remarque dans la plupart des Trochidées vivantes.

Quelques mollusques Carbonifères, tels qu'*Avicula Nucula* (sous-genre *Ctenodonta*), *Solemya* et *Lithodomus*, appartiennent sans aucun doute à des genres vivants; mais la plupart, bien que rapportés souvent à des types actuels, tels qu'*Isocardia*, *Turritella* et *Buccinum*, représentent en réalité des formes qui paraissent avoir été anéanties vers la fin de l'époque Paléozoïque. L'*Euomphalus* est une coquille univalve, caractéristique de cette période. L'intérieur est divisé en chambres (fig. 496 d), dont les cloisons ne sont pas perforées comme dans les coquilles foraminifères ou dans celles qui ont un siphon,

comme le *Nautilus*. L'animal semble s'être retiré successivement, à différentes époques de sa croissance, de la cavité intérieure préexistante, après l'avoir fermée, à chaque retraite par une cloison. Le nombre des chambres

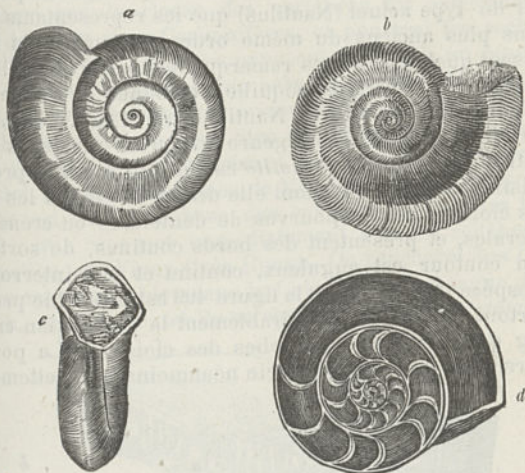


Fig. 496. — *Euomphalus pentangulatus*, Sowerby. Calcaire de Montagne.
a Côté supérieur. — *b* Côté inférieur ou ombilical. — *c* Ouverture de la bouche qui est moins pentagonale dans les individus âgés. — *d* Vue de la section polie, montrant les chambres intérieures.

est variable, et celles-ci manquent généralement dans le tour intérieur. L'animal de la *Turritella communis* actuelle se construit pareillement, à mesure qu'il avance en âge, des parois constituant autant de cloisons dans la coquille.

On rencontre dans le Calcaire de Montagne plus de vingt espèces du genre *Bellerophon* (voir fig. 497), coquille non cloisonnée comme celles des *Argonautes* vivants. Ce genre ne se rencontre plus dans les couches de date plus récente. On regarde généralement ces espèces comme



Fig. 497. — *Bellerophon costatus*, Sow.
 Calcaire de Montagne.

appartenant aux Nucleobranches marins et à la famille des Atlantides, alliée en partie à la Coquille-Cristal, *Carinaria*; mais quelques conchyliologistes pensent que c'était simplement une forme de Céphalopode.

Les Céphalopodes carbonifères ne s'éloignent pas autant du type actuel (*Nautilus*) que les représentants Siluriens plus anciens du même ordre; cependant ils fournissent quelques formes remarquables parmi lesquelles se distingue l'*Orthoceras*, coquille cloisonnée et munie d'un siphon, comme serait un Nautilé droit et rétréci (fig. 498). Certaines espèces de ce genre mesurent plusieurs décimètres de long. La *Goniatite* est un autre genre presque voisin de l'*Ammonite*, dont elle diffère en ce que les lobes des cloisons sont dépourvus de dentelures ou crénelures latérales, et présentent des bords continus, de sorte que son contour est anguleux, continu et non interrompu. L'espèce que reproduit la figure 499 est répandue presque partout; elle montre admirablement la disposition en zig-zag qui caractérise les lobes des cloisons. La position dorsale du siphon différencie néanmoins très-nettement la



Fig. 498. — Portion d'*Orthoceras laterale*, Phillips.
Calcaire de Montagne.



Fig. 499. — *Goniatites crenistra*, Phill.
Calcaire de Montagne. Amérique du Nord,
Angleterre, Allemagne, etc.
a Face latérale. — b Face frontale, montrant
la bouche.

Goniatite du Nautilé, et prouve que la coquille appartenait à la famille des Ammonites, dont suivant quelques auteurs elle ne serait pas, en réalité, génériquement distincte.

Poissons fossiles. — La distribution de ces fossiles dans le terrain dont il s'agit est tellement variable, que

M. de Koninck, l'éminent paléontologiste de Liège, n'a pu réunir dans sa nombreuse collection des fossiles du Calcaire de Montagne de Belgique, plus de quatre ou cinq spécimens d'os ou de dents de poissons. Se fondant sur les exemples fournis par la Belgique, cet auteur a dû conclure que la classe des vertébrés fut extrêmement rare dans les mers Carbonifères, et pourtant les recherches faites dans d'autres pays ont conduit à un résultat tout différent. Ainsi il existe près de Clisson, sur l'Avon, un célèbre *lit à ossements* presque entièrement composé d'ichthyolites; on en peut dire autant des lits à poissons que l'on trouve sur plusieurs points dans le bassin de Bristol, depuis les collines de Mendip jusqu'à Tortworth. Ce lit est situé à la base des schistes du Calcaire Inférieur, qui reposent immédiatement sur les couches de transition du Vieux Grès Rouge. On rencontre des *lits à ossements* semblables dans le Calcaire de Montagne d'Armagh, en Irlande, où ils se composent principalement de



Fig. 500. — *Psammodus porosus*, Agass. Lit à ossements.
Calcaire de Montagne. Bristol, Armagh.

dents de poissons Placoïdes, presque toutes roulées comme si elles eussent été transportées d'une grande distance. Quelques-unes de ces dents sont tranchantes et pointues comme celles des requins ordinaires; celles du genre *Cladodus* en donnent un exemple. Mais la plupart, celles du *Psammodus* et du *Cochliodus* en particulier, sont, de même que les dents du Cestracion de Port-Jackson (voir ci-dessus,

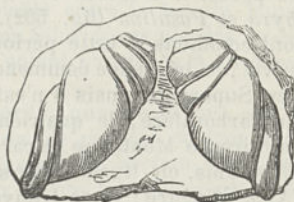


Fig. 501. — *Cochliodus contortus*, Agass.
Lit à ossements. Bristol, Armagh.

fig. 267, p. 375), massives, insérées au palais et propres à broyer (voir figs 500-501).

On compte dans le Calcaire de Montagne des Iles Britanniques plus de soixante-dix autres espèces de poissons fossiles. Les os des nageoires de ces animaux sont assez communs à Armagh et à Bristol; ceux que l'on désigne sous le nom d'*Oracanthus*, *Otenocanthus* et *Onchus* ont souvent des dimensions considérables. On rencontre aussi dans les mêmes gisements des poissons Ganoïdes tels qu'*Holoptychius*, mais ils sont beaucoup moins nombreux. Le grand *Megalichthys Hibberti* paraît être répandu depuis l'Etage houiller Supérieur jusqu'aux couches tout à fait inférieures du terrain Carbonifère.

Foraminifères. — Dans la partie supérieure du groupe comprenant le Calcaire de Montagne, dans le sud-ouest de l'Angleterre, près de Bristol, des calcaires, qui se distinguent par une structure oolithique, alternent avec les schistes argileux. Le noyau de presque tous les corps sphériques excessivement petits qui composent la roche, est formé, comme on peut le voir au microscope, par de petits rhizopodes ou foraminifères. Ce groupe important d'animaux, si abondamment représenté dans les couches des



Fig. 502.
Fusulina cylindrica, d'Orb.
Grosseur triple.
Calcaire de montagne.

dernières périodes par les Nummulites et leurs nombreux congénères à formes microscopiques, paraît limité dans le Calcaire de Montagne à un nombre très-restreint d'espèces. Il a fourni les *Textularia*, *Nodosaria*, *Endothyra* et *Fusulina* (fig. 502). Les deux premiers genres sont communs à cette période et à toutes celles qui l'ont suivie; le troisième commence à se montrer dans le Silurien Supérieur, mais il n'est pas encore connu au-dessus du Carbonifère; le quatrième (fig. 502) est spécial au Calcaire de Montagne et caractérise cette formation aux Etats-Unis, en Russie, dans l'Amérique arctique et dans l'Asie Mineure; il se trouve aussi dans les couches du Permien.

CHAPITRE XXV

GROUPÉ DU VIEUX GRÈS ROUGE OU DEVONIEN.

Classification du Vieux Grès Rouge en Écosse et dans le Devonshire. — Vieux Grès Rouge Supérieur en Écosse, avec poissons et plantes. — Vieux Grès Rouge Moyen. — Classification des Ichthyolithes du Vieux Grès Rouge, leurs rapports avec les types vivants. — Vieux Grès Rouge Inférieur, avec *Cephalaspis* et *Pterygotus*. — Type marin ou Devonien du vieux Grès Rouge. — Tableau de la série Devonienne. — Roches et fossiles des Devoniens Supérieur, Moyen et Inférieur. — Calcaire d'Eifel en Allemagne. — Devonien de Russie. — Couches Devonniennes des États-Unis et du Canada. — Plantes et insectes du Devonien du Canada.

Classification du Vieux Grès rouge en deux types. — Nous avons vu que les couches Carbonifères sont recouvertes par le Permien et le Trias, formations que l'on avait d'abord réunies en Angleterre sous le nom de *Vieux Grès Rouge*, d'après la couleur rouge qui y prédominait. Plus tard, Sir R. Murchison et le Professeur Sedgwick donnèrent le titre de *Devonien* aux strates marines fossilifères qui occupent, dans le sud de l'Angleterre, une position semblable entre le terrain houiller sus-jacent et les formations Siluriennes placées au-dessous, quoique celles-ci ne soient pas mises à nu dans le Devon Septentrional.

On peut dire, en toute vérité, que les roches des Îles Britanniques présentent, sous le rapport de leur aspect minéralogique, et même, jusqu'à un certain point, sous celui de leurs fossiles, deux formes très-différentes; elles se distinguent les unes des autres en ce qu'elles sont souvent lacustres ou fluviatiles, et souvent marines. L'on a même suggéré que la majeure partie des dépôts appartenant au type connu sous le nom de Vieux Grès Rouge,

était d'origine d'eau douce; et le nombre des plantes terrestres, le caractère des poissons et le fait que l'unique coquille découverte jusqu'à ce jour dans ces roches appartient au genre *Anodonta*, sont autant de raisons qui militent fortement en faveur de cette opinion. Dans ce cas, la difficulté de classer les couches de ce type, lorsqu'on les compare dans différentes régions où elles sont mêmes contiguës, peut surgir, en partie, de ce qu'elles ont été formées dans des bassins hydrographiques distincts, ou de ce qu'elles ont été près de la terre ferme, dans des parties de mer peu profondes qui recevaient de grandes masses d'eau douce, et étaient impropres au développement des mollusques marins ou des coraux. En admettant de telles conditions géographiques, il est facile d'expliquer l'étendue limitée de certains dépôts sédimentaires, et l'absence de ces formes marines qui nous permettent d'identifier ou de différencier les formations marines; et l'on peut souvent démontrer que la grande épaisseur des roches qui semblerait, à première vue, avoir exigé une profondeur d'eau correspondante, a été le résultat d'un affaissement graduel qu'a subi le fond de la mer ou de l'estuaire sur lequel s'accumulait le sédiment. Le Professeur Ramsay, spéculant sur ce sujet, a indiqué les changements probables qui marquèrent le passage de l'océan Silurien antérieur aux conditions continentales du commencement du Vieux Grès Rouge, — époque à laquelle la mer fut d'abord convertie en une série de lagunes et finalement en grands lacs d'eau douce.

En Irlande et en Écosse, la division supérieure du Vieux Grès Rouge repose en stratification discordante sur la division inférieure, et, dans les Galles du Sud, les lits supérieurs sont en recouvrement sur les strates inférieures. « Cette disposition, dit le Professeur Ramsay, est un « signe de grand bouleversement et de dénudation; » mais elle ne constitue pas une difficulté insurmontable pour expliquer l'origine des couches d'eau douce, car ce que nous avons déjà dit (p. 481) par rapport au Trias, sur la manière dont les couches en recouvrement pouvaient actuellement se produire dans la région de la mer Morte, est également applicable à la formation du Vieux Grès Rouge. Quant à la pauvreté de la faune du Vieux Grès

rouge, le Professeur Ramsay pense qu'on peut en trouver un exemple parallèle dans la faune appauvrie de la mer Caspienne, qui est aujourd'hui séparée de l'océan et qui devient de plus en plus salée par l'évaporation. Mais si jamais les pluies augmentant, les eaux de cette mer intérieure venaient à devenir plus douces, on aurait alors un exemple du passage des conditions marines à des conditions d'eau douce qui ressemblerait absolument à celui qui marque l'avènement du Vieux Grès Rouge (1).

La fréquence d'éruptions volcaniques contemporaines a été, en Ecosse, une autre cause active de changements locaux; quelques-unes des roches provenant de cette source, comme on en trouve entre les Grampians et le Tay, ayant formé des îles dans la mer et s'étant converties en cailloux et conglomérats, avant que les portions supérieures des Schistes rouges et des Grès les eussent recouvertes.

Le manque de matière calcaire sur de grandes étendues est un trait caractéristique du Vieux Grès Rouge. Cette circonstance, sans doute, est due principalement à l'absence de coquilles et de coraux; mais comment se fait-il que ces coquilles et ces coraux manquent d'une façon aussi générale dans toutes les roches sédimentaires dont la couleur est déterminée par l'oxyde rouge de fer? On ne peut pas dire qu'on soit encore arrivé à une conclusion satisfaisante sur ce sujet. Suivant quelques géologues, les eaux imprégnées de cet oxyde seraient préjudiciables aux êtres vivants, et suivant d'autres, les couches qui le contiendraient ne pourraient conserver les débris fossiles de ces animaux. Nous avons déjà parlé (p. 481) de la découverte de dépôts récents d'oxyde de fer dans certains lacs de Suède; leur examen géologique serait peut-être de nature à jeter quelque lumière sur ce sujet.

Ce groupe se divise donc en deux types, Vieux Grès Rouge et Devonien. Je traiterai d'abord de chacun d'eux en particulier, et je parlerai ensuite des preuves qui établissent pour une grande partie leur contemporanéité. Les géologues les plus distingués s'accordent à penser que ces types constituent une série de roches qui sont d'une époque

(1) *Contemporary Review*. Juillet 1873, p. 200.

intermédiaire entre le Carbonifère Inférieur et le Silurien Supérieur. Il est incontestable aussi que les Grès Rouges, Supérieur, Moyen et Inférieur ont précédé en date les trois divisions auxquelles on a pu rapporter, au moyen des coquilles marines, les roches Devonniennes; mais, d'un autre côté, rien encore ne nous permet d'établir jusqu'à quel point les sous-divisions d'une série ont pu équivaloir en durée à celles de l'autre.

Vieux Grès Rouge Supérieur. — Les lits les plus élevés de la série, en Ecosse, qui gisent immédiatement au-dessous de la houille dans le comté de Fife, se composent d'un grès jaune très-visible à Dura Den, près de Coupar (Fife), où les couches, bien que dépourvues de mollusques, abondent en poissons que l'on a rapportés aux genres *Holoptychius*, *Pamphractus*, *Glyptopomus* et autres. Dans le comté de Kilkenny, en Irlande, on rencontre un grès jaune semblable qui contient des poissons appartenant à des genres caractéristiques du Vieux Grès Rouge d'Ecosse. Nous citerons, par exemple le *Coccosteus* (forme représentée par plusieurs espèces dans le Vieux Grès Rouge et par une seule dans le groupe Carbonifère), et le *Glytolepis*, qui est exclusivement propre au Vieux Grès. Dans cette même formation d'Irlande, à Kiltorkan, on a trouvé une *Anodonta* ou moule d'eau douce, la seule

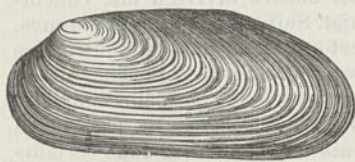


Fig. 503. — *Anodonta Jukesii*, Forbes. Devonien Supérieur, Kiltorkan, Irlande.

coquille qu'ait encore fourni le Vieux Grès Rouge des Iles Britanniques (voir fig. 503). On y a également recueilli la fougère (fig. 505), le *Lepidodendron* (fig. 504), et douze autres espèces de plantes, dont quelques-

unes, fait remarquer le Professeur Heer, concordent spécifiquement avec les espèces du Carbonifère Inférieur. Cette circonstance conduit ce savant à conclure, comme l'avait fait depuis longtemps sir Richard Griffith, que le grès jaune, malgré ses poissons fossiles, devrait être classé dans le Carbonifère Inférieur, — opinion que je n'adopte pas pour le moment. Dans le sud-ouest de l'Irlande, entre

le Calcaire de montagne et le Grès jaune, intervient une formation appelée *Schiste Carbonifère*, qui atteint jusqu'à



Fig. 504. — Branche bifurquée de *Lepidodendron*, *Griffithsii*. Brong. Devonien Supérieur, Kilkenny.



Fig. 505. — *Palaeopteris Hibernica*, Schimp. (*Cyclopteris Hibernica*, Ed. Forbes.) (*Adiantites*, Goep.) Devonien Supérieur, Kilkenny.

1,500 mètres de profondeur, et à la base de laquelle on trouve, en quelques endroits, des dépôts locaux, tels que les grès grossiers (grits) Coomhola qui paraissent être des lits de passage entre les groupes du Carbonifère et ceux du Vieux Grès Rouge.

L'examen récent de la flore fossile de Bear Island (île de l'Ours), située par 74° 30' de latitude nord, a donné, un résultat remarquable; le Professeur Heer, qui l'a décrite, a constaté que l'on avait trouvé dans cette partie de la région arctique (presque à 26° au nord de la localité Irlandaise) une flore qui concorde par plusieurs de ses espèces avec celle des grès jaunes d'Irlande. Cette flore de Bear Island comprendrait, suivant le Professeur Heer, des espèces de plantes dont quelques-unes remontent même aux plus hauts étages de la formation Carbonifère d'Europe, tels le Calcaire de montagne et le Millstone Grit. Les paléontologues ont longtemps soutenu que les espèces répandues sur de grands espaces sont aussi celles qui durent le plus longtemps; d'après cette opinion, on serait disposé à croire que certaines plantes ayant eu une vaste

distribution géographique, ont pu de même se maintenir depuis la période du Devonien Supérieur jusqu'à celle du Millstone Grit.

On rencontre des lambeaux détachés du *Vieux Grès Supérieur* reposant en position discordante sur les membres plus anciens du groupe, et la formation de Whiteness, près d'Arbroath, représentée en *a*, fig. 55, p. 68, est probablement un de ces lambeaux, quoique le manque de restes organiques rende la chose incertaine. Il n'est pas improbable que les lits désignés dans cette coupe par les nos 1, 2 et 3, appartiennent tous à la partie ancienne du Vieux Grès Rouge Supérieur, car on y a trouvé, à Strathmore, quelques écailles de l'*Holoptychius nobilissimus* disséminées à travers les lits n° 2. Le dépôt de Dura Den a fourni un autre *Holoptychius* très-voisin du précédent; les figures ci-jointes (fig. 507) représentent ce poisson, et

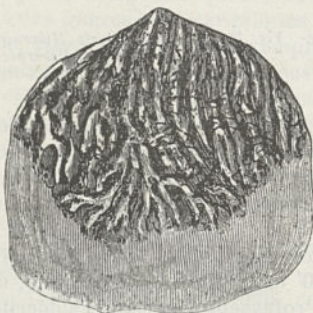


Fig. 506. — Ecaille d'*Holoptychius nobilissimus*. Agass. Clashbinnie. Grandeur naturelle.

l'une de ses écailles (fig. 506), seule partie que l'on rencontre souvent de l'*Holoptychius*. Ces écailles se trouvent dans le Forfashire, au milieu des grès et des schistes argileux colorés en rouge; on en rencontre aussi d'une grande espèce du même genre au sein d'une gangue correspondante, dans le Herefordshire et le Somershire (1). Le nombre de poissons obtenus du

Vieux Grès Rouge Supérieur d'Angleterre s'élève à quinze espèces rapportées à onze genres.

Sir R. Murchison range dans les groupes de cette division supérieure du Vieux Grès Rouge d'Ecosse certains grès ordinaires et grossiers, de couleur jaune et rouge-clair, qui se rencontrent dans la partie la plus septentrio-

(1) *Siluria*, 4^e édit., p. 263.

nale de la terre ferme et s'étendent aussi jusqu'aux îles Orcades et Shetland. Ces grès contiennent des Calamites

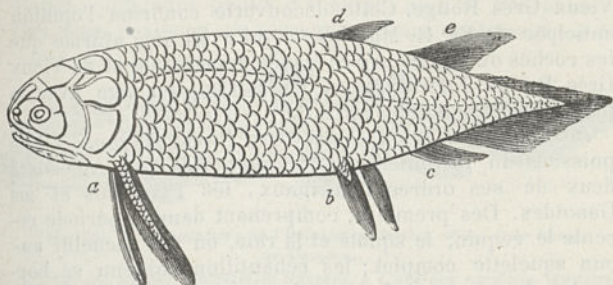


Fig. 507. — *Holoptychius*. Restauré par le professeur Huxley.
a Nageoires pectorales frangées. *b* Nageoires ventrales frangées.
c Nageoire anale. *d*, *e* Nageoires dorsales.

et d'autres plantes qui concordent génériquement avec les formes Carbonifères.

Vieux Grès Rouge Moyen. — On trouve dans la partie septentrionale d'Ecosse une grande série de schistes bitumineux et de grès à paver (Flagstones), caractérisée par des poissons fossiles sur lesquels feu Hugh Miller a porté, le premier, l'attention. Ces fossiles furent plus tard décrits par Agassiz, et les roches qui les contiennent en très-grande abondance furent examinées par Sir R. Murchison et le Professeur Sedgwick, dans les comtés de Caithness, Cromarty, Moray, Nairn, Gamrie en Banff, ainsi qu'aux îles Orcades et Shethland. On supposa d'abord que ces animaux étaient les plus anciens vertébrés connus, parce que les lits de Cromarty au sein desquels on les trouve semblent former la base du système du Vieux Grès Rouge qui repose presque immédiatement sur les roches cristallines ou métamorphiques. Mais, en réalité, ces lits à poissons, à mesure qu'on les suit du nord vers le sud ou vers le centre de l'Ecosse, s'amincissent tellement qu'on ne découvrit pas d'abord le rapport de leur âge avec celui du Vieux Grès Rouge Inférieur dont nous allons parler, car les deux formations ne se montrent pas en superposition dans le même district. A Caithness, cependant, M. Peach recueillit, en 1861, à plusieurs dizaines de mètres au-dessous de la zone à poissons de la division moyenne,

des restes de *Pteraspis*, genre qu'on n'avait encore jamais rencontré dans aucune des deux divisions supérieures du Vieux Grès Rouge. Cette découverte confirma l'opinion anticipée de Sir R. Murchison qui avait déjà affirmé que les roches où l'on trouve ce fossile appartiennent au Vieux Grès Rouge Inférieur, ou concordent en âge avec la pierre à paver d'Arbroath (1).

Poissons fossiles du Vieux Grès Rouge Moyen. — Les poissons du Devonien ont été rapportés par Agassiz à deux de ses ordres principaux, les Placoïdes et les Ganoïdes. Des premiers, comprenant dans la période récente le requin, le squalé et la raie, on n'a recueilli aucun squelette complet; les échantillons obtenus se bornent à des dents et à des épines de nageoires appelées Ichthyodorulites. D'après ces restes on a pu établir les genres *Onchus*, *Odontacanthus* et *Ctenodus* (Cestracion?) et quelques autres.

Les poissons du Vieux Grès Rouge appartiennent pour le plus grand nombre à un sous-ordre de Ganoïdes établi par Huxley, en 1861, et pour lequel il a proposé le nom de *Crossopterigidæ* (2), ou à nageoires frangées, à cause de la disposition particulière des rayons qui composent les nageoires couplées de ces poissons et forment comme une frange autour d'un lobe central. Un exemple de cet arrangement est fourni par le *Polypterus* (voir *a* fig. 508),

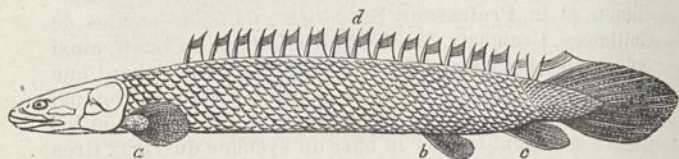


Fig. 508. — *Polypterus*. Voir Agassiz, *Recherches sur les Poissons fossiles*. Vivant dans le Nil et autres rivières d'Afrique.

a L'une des nageoires pectorales frangées. *b* L'une des nageoires abdominales. *c* Nageoire anale. *d* Nageoire dorsale, ou rangée de nageoires en crochets.

genre dont plusieurs espèces habitent aujourd'hui le Nil et autres rivières d'Afrique. Le lecteur reconnaîtra de suite

(1) *Siluria*, 4^e édit., p. 238.

(2) De *Χρῶσσωτος*, *crossotos* (frangé) et *πτεριξ*, *pteryx* (nageoire).

dans l'*Osteolepis* (fig. 509), poisson commun du Vieux Grès Rouge, plusieurs points d'analogie avec le *Polypterus*. Ces deux poissons se ressemblent non-seulement par la

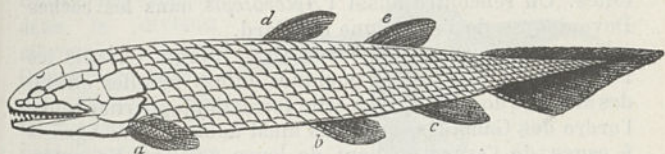


Fig. 509. — Restauration de l'*Osteolepis*. Pander, Vieux Grès Rouge ou Devonien.

a L'une des nageoires pectorales frangées. *b* L'une des nageoires ventrales. *c* Nageoires anales. *d e*, Nageoires dorsales.

structure des nageoires, ainsi que l'a remarqué le premier Huxley, mais encore par la position des nageoires pectorales, abdominales et anales, ainsi que par la forme allongée de leur corps et par leurs écailles rhomboïdales. D'un autre côté, la queue est plus symétriquement disposée dans le poisson récent, dont le dos est muni d'une rangée de nageoires à crochet d'un caractère tout à fait anormal, quant au nombre et à la structure. Les nageoires dorsales de l'*Osteolepis*, au contraire, ont une position et une structure régulières; elles n'offrent rien de particulier, si ce n'est qu'elles sont au nombre de deux, ce que l'on ne voit pas ordinairement dans les poissons vivants.

Parmi les Ganoïdes à nageoires frangées, quelques-uns ont des écailles rhomboïdales, comme l'*Osteolepis*, représenté ci-dessus; d'autres les ont cycloïdales, comme l'*Holoptychius* déjà mentionné (voir fig. 507, p. 579). Dans les genres *Dipterus* et *Diplopterus*, comme l'observa Hugh Miller, et dans plusieurs autres pareillement conformés sous le rapport des nageoires, les *Gyroptychius* et *Glyptolepis*, par exemple, les deux nageoires dorsales sont placées très en arrière, ou directement au-dessus des nageoires anales et abdominales. L'*Asterolepis* (l'un des Placodermates), était un poisson ganoïde à grandes dimensions. L'*A. Asmusii*, Eichwald, espèce caractéristique du Vieux Grès Rouge Devonien de Russie, ainsi que des divisions Moyenne et Supérieure des mêmes roches

en Écosse, atteignait, suivant Hugh Miller (1) 6 à 9 mètres de long. Son corps était protégé, en partie, par une forte armure osseuse, garnie de tubercules en forme d'étoiles. On rencontre aussi l'*Asterolepis* dans les roches Devonniennes de l'Amérique du Nord.

Tous les poissons du Vieux Grès Rouge, excepté les Placoïdes, déjà cités, et quelques autres familles offrant des affinités douteuses avec cette formation, appartiennent à l'ordre des Ganoïdes, poissons ainsi nommés par Agassiz à cause de l'aspect brillant de leurs écailles. En outre, le Professeur Huxley a appelé notre attention sur ce fait, que quelques Ganoïdes primaires et le plus grand nombre des secondaires ressemblent au brochet osseux actuel *Lepidosteus*, ou à l'*Amia*, genres que l'on rencontre aujourd'hui dans les rivières de l'Amérique du Nord, et dont l'un, le *Lepidosteus*, se propage dans le Sud jusqu'à Guatemala; tandis que les *Crossopterygii*, ou poissons à nageoires frangées du Vieux Grès Rouge, sont étroitement alliés au *Polypterus* d'Afrique, représenté par cinq ou six espèces aujourd'hui vivantes dans le Nil et dans les rivières du Sénégal. Ces Ganoïdes Africains et de l'Amérique septentrionale forment une véritable exception dans la création organisée; ils ont passé, jusqu'à ces derniers temps, comme entièrement confinés à l'hémisphère Nord; mais, en 1870, on a trouvé vivant un autre genre des *Crossopterygii*, *Ceratodus Forsteri*, dans les rivières du Queensland, en Australie (2). Sur les 9,000 espèces vivantes de poissons connues de M. Günther, plus de 6.000 sont conservées présentement dans les collections du British Museum et ne constituent probablement que la neuvième partie de la totalité de ces animaux.

Si des circonstances nombreuses tendent à démontrer que le Vieux Grès Rouge est d'origine d'eau douce, cette opinion se trouve plus fortement confirmée par le fait que l'on trouve aujourd'hui, dans le Lac Supérieur et dans les autres masses d'eau douce de l'intérieur du Canada, dans le Mississipi et dans les rivières d'Afrique, des poissons qui offrent les plus grandes affinités avec les formes fossiles de cette ancienne formation.

(1) Footprints of Creation, p. 403.

(2) Gunther sur le *Ceratodus*, *Phil. Trans. Royal Soc.*, part. 2, 1871, p. 511.

•Parmi les formes anormales des poissons du Vieux Grès Rouge qui ne sauraient être rapportées aux *Crossopterygii* d'Huxley, il faut citer le *Pterichthys*, dont on a trouvé cinq espèces dans la division moyenne du Vieux Grès Rouge d'Écosse. Quelques auteurs avaient comparé l'espèce de coquille qui recouvre ces ichthyolites à celle des Crustacés, avec lesquels, cependant, ils n'ont réellement aucune affinité. Les appendices en forme d'ailes, d'où ce genre

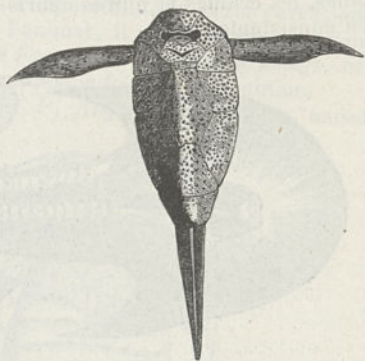


Fig. 510. — *Pterichthys*, Agassiz ; Face supérieure montrant la bouche telle qu'elle a été restaurée par H. Muller.

avaient été d'abord considérés par Hugh Miller comme des rames, semblables à celles de la tortue ; ils correspondent, sans aucun doute, aux nageoires pectorales.

Le nombre des espèces de poissons que l'on a déjà obtenus de la division moyenne du Vieux Grès Rouge dans la Grande-Bretagne s'élève à 70 environ ; les principaux genres, outre *Osteolepis* et *Pterichthys*, déjà mentionnés, sont *Glyptolepis*, *Diplacanthus*, *Dendrodus*, *Cocosteus*, *Cheiracanthus* et *Acanthoïdes*.

Vieux Grès Rouge Inférieur. — La troisième division la plus inférieure consiste, dans le Sud des Grampians, en pierre à paver (*paving stone*) et ardoises à couvrir, avec schistes rouges et gris associés. Ces couches gisent au-dessous d'une masse épaisse de conglomérat. Les schistes gris ont fourni plusieurs poissons remarquables du genre qu'Agassiz a nommé *Cephalaspis* ou *tête-bouclier*, d'après le singulier écusson qui recouvre leur tête (fig. 511). On a souvent confondu ce poisson avec un Trilobite de la division des *Asaphus*. Le Rev. Hugh Mitchell a aussi trouvé dans les lits d'âge corres-

pendant, dans le Perthshire, une espèce de *Pteraspis*, de la même famille; et M. Powrie compte jusqu'à cinq genres de la famille des *Acanthodidæ* dont on a découvert les épines, les écailles et autres débris dans les grès gris (1) peu consistants.

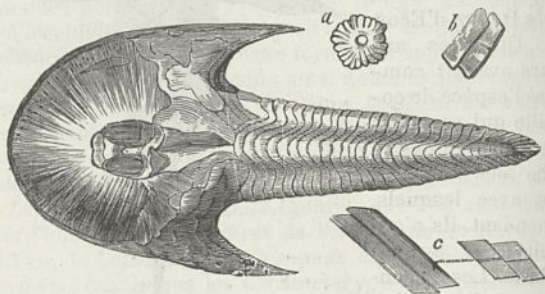


Fig. 511. — *Cephalaspis Lyellii*, Agass. Longueur, 0^m 17.

D'après un échantillon de ma collection trouvé à Glammiss, Forfarshire. (Voy. autres figs., Agass, vol. II, tab. 1 a et 1 b.)

a L'une des écailles particulières dont la tête est recouverte, à l'état de complète conservation. Ces écailles manquent généralement, comme dans l'échantillon ci-dessus figuré. — b, c Écailles de différentes places du corps et de la queue.

A Carmylie, Forfarshire, dans la même roche, bien connue sous le nom de *pierre à paver d'Arbroath*, on découvre

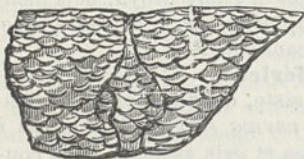


Fig. 512. — *Pterygotus anglicus*, Agass. Portion moyenne de la nuque du *Séraphin*.

de temps à autre des débris d'un gros crustacé. Les carriers écossais donnent à ce fossile le nom de *Séraphin*, d'après l'ornement en forme d'aile ou de plume qui garnit son appendice thoracique, partie qui se retrouve le plus fréquemment dans la roche. Agassiz avait d'abord rapporté quelques-uns de ces fragments à la classe des poissons, mais depuis il a été

(1) Powrie, *Geol. Quart. Journ.*, vol. XX, p. 417.

le premier à reconnaître leur nature crustacée, et, quoiqu'il fût encore dans l'impossibilité de relier correctement plusieurs parties de l'animal, il a figuré, dans la planche n° 1 de ses *Poissons Fossiles du Vieux Grès Rouge*, celles sur lesquelles il a cru devoir fonder son opinion.

La restauration du *P. Anglicus* (fig. 513), exécutée

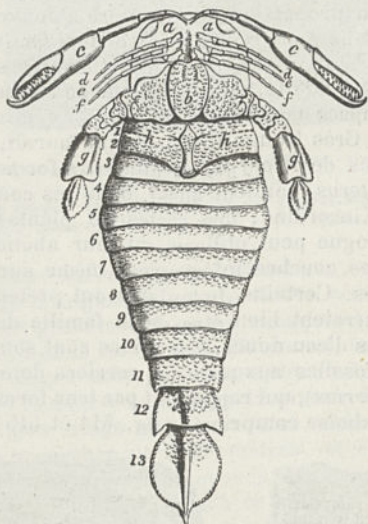


Fig. 513. — *Pterygotus Anglicus*, Agass. Forfarshire. Vue de l'abdomen restauré par H. Woodward, F. R. S.

a Carapace, montrant les grands yeux sessiles, aux angles antérieurs. — *b* *Metastoma* ou plaque faisant suite à la bouche, et tenant lieu de lèvre inférieure. — *c, c* Appendices chelodontes (*Antennules*). — *d* Première paire de pinces simples (*Antennes*). — *e* Seconde paire de pinces simples (*Mandibules*). — *f* Troisième paire de pinces simples (premiers *maxillaires*). — *g* Paire de pattes nageoires, avec leurs larges articulations à la base et leurs extrémités dentelées faisant l'office de mâchoires. — *h* Plaque thoracique recouvrant les deux premiers segments du thorax qui sont indiqués sur la figure par 1, 2, et une ligne ponctuée. — 1-6 Segments thoraciques. — 7-12 Segments abdominaux. — 13 Plaque de la queue.

proportionnellement à la grosseur de ses débris recueillis dans le Vieux Grès Rouge du Perthshire et du Forfar-

hire, nous donnerait un animal de 1^m 50 à 2^m de long, sur 30 centimètres de large.

Les plus grands crustacés que l'on connaisse de nos jours sont : l'*Inachus Kæmpferi*, de De Haan, vivant dans le Japon (crabe de l'ordre des brachyures, à courte queue), fort remarquable pour la longueur de ses membres, les bras antérieurs ayant 12 centimètres de long, et les autres étant en proportion, de manière à couvrir une surface de près de 2 mètres carrés; et le *Limulus Moluccanus*, grand Crabe Royal de Chine et des mers orientales, qui, dans l'âge adulte, a une longueur de 90 centimètres, et dont la carapace mesure en largeur 45 centimètres.

Le Vieux Grès Rouge Inférieur qui fournit, outre quelques espèces de *Pterygotus*, plusieurs formes du genre allié *Eurypterus*, contient aussi, dans les comtés de Forfar et de Kincardine, des restes de plantes herbacées que le géologue peut utiliser, vu leur abondance, pour identifier les couches inférieures, même sur des points très-éloignés. Certains botanistes ont prétendu que ces plantes pourraient bien être de la famille des *Fluviales* et de genres d'eau douce. Ces restes sont souvent accompagnés de fossiles auxquels les carriers donnent le nom de *baies* (*berries*), qui rappellent par leur forme une mûre ou une framboise comprimée (fig. 514 et 515) et ont été

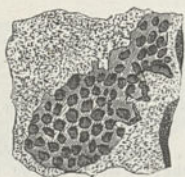


Fig. 514. — *Parka decipiens*, Fleming. Grès des couches inférieures du Vieux Grès Rouge. Ley's Mill, Forfarshire.

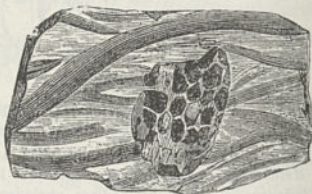


Fig. 515. — *Parka decipiens*, Fleming. Schiste du Vieux Grès Rouge Inférieur. Park Hill, Fife.

appelées *Parka*, par le Docteur Fleming. M. Powrie les considère aujourd'hui comme des œufs de crustacés, et son opinion me paraît très-probable, car on trouve ces débris fossiles non-seulement associés au *Pterygotus Anglicus*, dans le Forfarshire et le Perthshire, mais aussi

dans les couches Siluriennes supérieures d'Angleterre, dans lesquelles on rencontre des espèces du même genre *Pterygotus*.

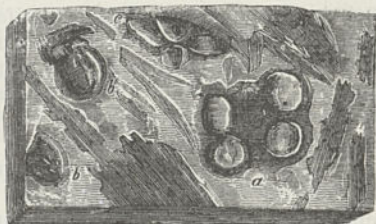


Fig. 516. — Schiste du Vieux Grès Rouge, Forfarshire, avec impressions de plantes et œufs de Crustacés.

a Deux paires d'œufs? ressemblant à ceux des grandes Salamandres ou Tritons — sur le même feuillet de la roche. — *b*, *b* Oeufs détachés.

Il paraîtrait, suivant Sir R. Murchison, que le Vieux Grès Rouge d'Angleterre et des Galles se montre de la façon la plus grandiose dans les escarpements des Black Mountains et dans les Fans de Brecon et de Carmathen; le premier de ces escarpements s'élèverait de 860 et le second de 777 mètres au-dessus du niveau de la mer. La masse de grès rouge et brun atteint, dans ces montagnes, une puissance de 3,000 mètres, et elle est nettement intercalée entre les couches Carbonifères et Siluriennes. On n'a trouvé, jusqu'à ce jour, ni coquilles, ni coraux dans toute la série, pas même sur les points où les lits sont calcaires et forment des filons irréguliers de fragments concrétionnés, appelés *cornstones*, et qui sont des calcaires terreux, tachetés de rouge et de vert. Les poissons de ce Vieux Grès Rouge le plus inférieur d'Angleterre sont des *Cephalaspis* et *Pteraspis*, spécifiquement différents des formes des mêmes genres que l'on rencontre dans les *tilestones* (pierres à tuiles) du Ludlow Supérieur ou Silurien. On y trouve aussi des crustacés du genre *Eurypterus*.

Type marin ou Devonien. — Nous allons parler maintenant du type marin des couches d'Angleterre qui sont intermédiaires entre le Carbonifère et le Silurien, et

leur étude nous donnera beaucoup plus de facilité pour identifier les divisions Supérieure, Moyenne et Inférieure avec les couches de même âge dans les autres contrées. Ce n'est qu'en 1836 que Sir R. Murchison et le Professeur Sedwick découvrirent que les schistes culmifères ou anthracitiques et les grès du Devon Septentrional, d'une épaisseur de plusieurs centaines de mètres, appartiennent au terrain houiller, et que les lits situés au-dessous, d'une puissance bien supérieure et qui avaient été confondus, comme les couches carbonifères, sous le nom général de *Greywacke*, occupent une position géologique correspondant avec celle du Vieux Grès Rouge déjà décrit. Ces savants furent aidés dans cette rectification par M. Lonsdale, qui en avait eu l'idée lorsqu'il s'était aperçu, après un examen sérieux, que les fossiles du Devonshire appartiennent à un type paléontologique particulier d'un caractère intermédiaire entre les types Carbonifères et Siluriens.

C'est surtout dans le Devon Septentrional qu'on peut le mieux étudier ces formations; elles y ont été divisées en groupes Supérieur, Moyen et Inférieur, et quoiqu'elles s'y montrent fortement contournées et plissées, elles ont passé pour la plupart inaperçues, à cause de l'altération que leur a fait subir l'intrusion des roches trappéennes et granitiques qui, dans le Dartmoor et dans les parties plus méridionales du même comté, les a souvent réduites à l'état cristallin ou métamorphique.

La tableau suivant montre la succession des couches ou sous-divisions telles qu'on les voit le long de la côte, sur le canal de Bristol et dans l'intérieur du Devon. On remarquera que ce tableau s'accorde, dans tous les points principaux, avec celui que j'ai dressé en 1864 pour la sixième édition de mes *Eléments*. M. Etheridge (1) a publié depuis un excellent mémoire sur les diverses sous-divisions de ces roches et sur leurs fossiles; il a signalé, en outre, la relation de ces couches avec les couches marines correspondantes du Continent. Les légères modifications que j'ai introduites dans mon tableau depuis 1864, sont le résultat d'une tournée d'exploration que j'ai faite,

(1) *Quart. Geol. Journ.* Vol. XXIII. 1867.

en 1870, en compagnie de M. T. Mc. K. Hughes, ayant l'avantage d'avoir pour guide le travail de M. Etheridge

Série Devonienne dans le Devon septentrional.

- | | | |
|---|---|--|
| DEVONIEN
SUPÉRIEUR
ou Groupe
Pilton. | } | <p>(a) Schistes sableux et schistes avec fossiles, dont 36 espèces sur 110 sont communes au groupe Carbonifère (Pilton, Barnstaple, etc.), reposant sur des schistes tendres, très-abondants en fossiles, et qui passent en bas à un</p> <p>(b) Grès jaune, brun et rouge, avec plantes terrestres (<i>Cyclopteris</i>, etc.) et coquilles marines. Une zone est caractérisée par l'abondance de Cucullées (Baggy Point, Marwood, Sloyly, etc.), elle repose sur un grès dur, gris et rougeâtre, et sur des ardoises micacées. On n'y a pas encore trouvé de fossiles. (Dulverton, Pickwell, Down, etc.)</p> |
| DEVONIEN
MOYEN
ou Groupe
Ilfracombe. | } | <p>(a) Schistes gris, brillants, d'une épaisseur considérable, et qui n'ont pas encore fourni de fossiles. (Morthæ, Lee Bay, etc.)</p> <p>(b) Schistes argileux et schistes avec bandes irrégulières de calcaire, contenant des coquilles et des coraux semblables à ceux du calcaire de Plymouth. (Combe Martin, Ilfracombe, etc.)</p> |
| DEVONIEN
INFÉRIEUR
ou Groupe
Lynton. | } | <p>(a) Grès dur, verdâtre, rouge et pourpre. — Pas de fossiles jusqu'à présent. (Hangman Hill, etc.)</p> <p>(b) Schistes argileux, tendres, avec grès subordonnés. — Fossiles nombreux à divers niveaux. — Brachiopodes, Coraux, Encrinites, etc. (Valley of Rocks, Lynton, etc.)</p> |

La position des grès du Foreland n'est pas encore bien nettement déterminée, parce que ces grès sont coupés brusquement par une grande faille et par des perturbations de terrain.

Roches Devonniennes Supérieures. — Les schistes et grès de Barnstaple (a et b, de la section pré-



Fig. 517. — *Spirifera disjuncta*. Sow. Syn. *Sp. Verneuili*. Murch.
Devonien Supérieur, Boulogne.



Fig. 518. — *Phacops latifrons*, Bronn. Caractéristique du Devonien en Europe, Asie et Amériques N. et S.

cédente), renferment la coquille *Spirifera disjuncta*, Sow. (*S. Verneuilii*, Murch.) (voir fig. 517) qui est très-répendue en Europe, dans l'Asie Mineure et même en Chine, ainsi que la *Strophalosia caperata*, accompagnée d'un grand trilobite, le *Phacops latifrons*, Bronn (voir fig. 518), qui se trouve sur tout le globe. Les fossiles sont nombreux dans ce groupe et comprennent 150 espèces de mollusques, dont un cinquième passe en haut aux roches Carbonifères sus-jacentes. A ce Devonien Supérieur se rattache une série de calcaires et de schistes argileux, parfaitement développés, que l'on trouve à Petherwyn, Cornouailles, et qui ont fourni 75 espèces de fossiles. Le genre Cephalopode, appelé *Clymenia* (fig. 519) est représenté par



Fig 519. — *Clymenia linearis*, Münster.
Petherwyn, Cornouailles; Elbersreuth, Bavière.

Fig. 520. — *Cypridina serrato striata*. Sandberger, Weilburg, etc., Cornouailles; Nassau; Saxe; Belgique.

non moins de 11 espèces, et les couches semblablement placées en Allemagne ont été dénommées Clymenien-Kalk, ou quelquefois Cypridinen-Schiefer, à cause du nombre considérable des petites coquilles bivalves de crustacés appelés *Cypridina serrato striata* (fig. 520) que l'on trouve au sein de ces lits, dans les provinces Rhénanes, dans le Hartz, en Saxe et en Silésie, aussi bien que dans les Cornouailles et en Belgique.

Roches Devoniennes Moyennes. — Nous arrivons à la portion la plus typique du système Devonien, à celle qui comprend les énormes calcaires de Plymouth et de Torbay, ainsi que les schistes et calcaires impurs d'Ilfracombe, tous remplis de coquilles, de trilobites et de coraux. M. Etheridge a énuméré 51 espèces de coraux, et sur ce nombre aucun ne passe à la formation Carboni-

fère. Parmi les genres, on peut citer *Favosites*, *Heliolites* et *Cyathophyllum*. Les deux premiers sont très-fréquents dans les roches Siluriennes ; quelques espèces même sont communes aux groupes Devonien et Silurien, par exemple, *Favosites cervicornis* (fig. 522), l'un des plus communs de tous les coraux Devonien. Les *Cyathophyllum capitosum* (fig. 523) et *Heliolites porosa* (fig. 521) sont des espèces particulières à cette formation.

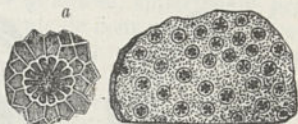


Fig. 521. — *Heliolites porosa*, Goldf. (*Porites pyriformis*, Londs).

a L'une des corallites grossie. Devonien Moyen, Torquay, Plymouth, Eifel.

Outre ces fossiles, on a trouvé jusqu'à 11 genres d'encrinites, dont quelques-uns, comme les *Cupressocrinites*, diffèrent des formes Carbonifères. Les mollusques n'y

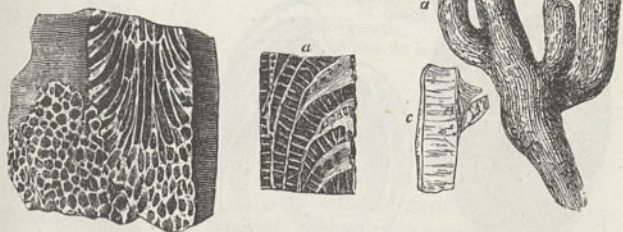


Fig. 522. — *Favosites cervicornis*, Blainv. Devon S. Echantillon poli.

a Portion du même grossie pour montrer les pores.

Fig. 523. — a *Cyathophyllum capitosum*. Goldf; Plymouth et Ilfracombe.

b Etoile terminale.

c Coupe verticale, montrant les plaques transversales et une partie d'une autre branche.

sont pas moins caractéristiques ; sur 68 espèces de Brachiopodes, 10 seulement sont communes à la Série Carbonifère. On peut citer les *Stringocephalus Burtini* (fig. 524) et *Uncites Gryphus* (fig. 525) comme genres appar-

tenant exclusivement au Devonien Moyen, et très-caractéristique de la même division en Belgique. Le *Stringocephalus* est aussi très-abondant sur les bords du Rhin,



Fig. 524. — *Stringocephalus Burtini*, Def.
 a Valves unies. — b Intérieur d'une valve plus large ou ventrale, montrant l'épaisse cloison et une partie de la grosse saillie qui se projette de la valve dorsale à travers la coquille.

Fig. 525. — *Uncites Gryphus*, Def. Devonien Moyen. Devon S. et Continent.

et à un tel point que la roche qui le contient en a pris le nom de Calcaire *Stringocephalus*. Les deux espèces de Brachiopodes, communes aux formations Devonniennes et Siluriennes, sont *Atrypa reticularis* (fig. 541, p. 606), qui semble avoir été une espèce cosmopolite, et *Strophomena rhomboidalis*.

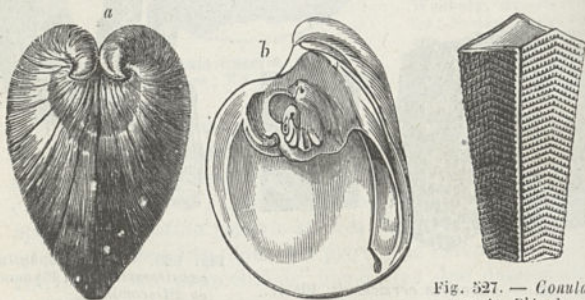


Fig. 526. — *Megalodon cucullatus*, Sow, Eifel; Bradley; Devon S.
 a Valves unies. — b Intérieur d'une valve, montrant les grosses dents cardinales.

Fig. 527. — *Conularia ornata*, D'Arch. et De Veru. (*Geol. Trans. Soc.* 2^e série; vol. VI, pl. 29). Refrath, près de Cologne.

Parmi les bivalves lamellibranches particulières qui sont communes au Calcaire de Plymouth du Devonshire et à celui du Continent, on remarque le *Megalodon* (fig. 526). On connaît aussi 12 genres de Gasteropodes qui

ont fourni 36 espèces, dont 4 passent au groupe Carbonifère, ce sont : *Machrocheilus*, *Acroculia*, *Euomphalus* et *Murchisonia*. On y distingue également des Pteropodes, tels que *Conularia* (fig. 527) et les Cephalopodes, *Cyrtoceras*, *Gyroceras*, *Orthoceras* et autres, appartenant presque tous à des genres différents de ceux qui prédominent dans le Calcaire Devonien Supérieur ou Clymenien-Kalk des Allemands déjà mentionné (p. 590). Quoiqu'on n'y rencontre que peu de Trilobites, le caractéristique *Bronteus flabellifer* (fig. 528) est loin d'être rare, et tous les



Fig. 528. — *Bronteus flabellifer*, Goldf. Devonien Moyen; Devon S. et Eifel.

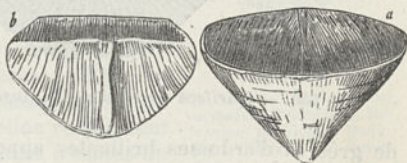


Fig. 529. — *Calceola sandalina*. Lam. Eifel et Devon Sud.
a Valve ventrale.
b Face interne de la valve dorsale.

collectionneurs connaissent la queue en forme d'éventail de ce fossile. Dans ce même groupe appelé, ainsi que nous l'avons dit, Calcaire Stringocephalus ou d'Eifel, en Allemagne, on a découvert de nombreux débris de poissons, parmi lesquels on peut citer le genre remarquable *Coccosteus*, recouvert de son armure osseuse à tubercules; ces ichthyolites ont servi, comme le fait observer Sir R. Murchison (*Siluria*, p. 362), à identifier le Devonien marin Moyen avec le Vieux Grès Rouge d'Angleterre et de Russie.

Au-dessous du Calcaire d'Eifel (type central et principal du Devonien sur le Continent), git un certain schiste que les auteurs allemands ont appelé *Calceola-Schiefer*, parce qu'il contient en abondance un fossile d'une structure très-curieuse, la *Calceola Sandalina* (fig. 529), ordinai-

rement regardée comme brachiopode, et que des naturalistes ont récemment rapportée au *Goniophyllum*. On suppose que ces *Calceola* seraient une forme anormale de l'ordre des *Zoantharia rugosa* (voir fig. 482, p. 563), différant de tous les coraux par l'opercule résistant dont ils seraient munis. Ce fossile n'est nullement rare dans le Calcaire schisteux du Devon Méridional, et se trouve confiné, comme la forme d'Eifel, au groupe Moyen de cette contrée.

Roches Devoniennes Inférieures. — On trouve sur la côte, à Lynmouth et aux environs, une grande série



Fig. 530. — *Spirifera mucronata*, Hall. Devonien de Pensylvanie.

de grès et d'ardoises brillantes appelée groupe Lynton (voir le tableau, p. 589), qui renferme des Crinoïdes, des Brachiopodes et des coraux; elle constitue le membre le plus inférieur du Devonien dans le Devon septentrional. Parmi les dix-huit espèces de toutes classes, énumérées par M. Etheridge, deux tiers sont communes au Devonien Moyen; une seule, pourtant, l'*Atrapa reticularis*, qu'on voit partout, peut être certainement identifiée avec les espèces Siluriennes. Parmi les formes caractéristiques, on remarque l'*Alveolites suborbicularis*, commune à cette formation sur le Rhin, et l'*Orthis arcuata*, très-largement répandue dans les localités du Devon septentrional. Du reste, on doit s'attendre à voir beaucoup augmenter le nombre des fossiles de cette formation à mesure que les couches auront été mieux explorées. Le grès à spirifères de Sandberger, que l'on voit dans les roches qui bordent le Rhin, entre Coblenz et Caub, appartient à cette division inférieure, et les mêmes spirifères à larges ailes sont représentés dans les couches Devoniennes de l'Amérique du Nord.

Parmi les Trilobites de cette ère, on remarque plusieurs

grandes espèces d'*Homalonotus* (fig. 531). Ce genre en lui-même est plutôt une forme Silurienne, mais les espèces épineuses qu'il fournit paraissent appartenir exclusivement au *Devonien Inférieur*; on les rencontre en Angleterre, en Europe et au Cap de Bonne-Espérance.

Devonien de Russie. — D'après Sir R. Murchison, les couches Devonniennes en Russie s'étendraient sur une région plus vaste que les Iles Britanniques. Lorsqu'elles se composent de grès, comme le *Vieux Grès Rouge* d'Écosse et de l'Angleterre centrale, elles contiennent des poissons fossiles souvent identiques pour l'espèce, mais plus souvent encore pour le genre, avec ceux de l'Angleterre; au contraire, lorsqu'elles sont formées de calcaire, elles renferment des coquilles semblables à celles du Devonshire. Cette circonstance remarquable confirme, d'après Sir Roderick, l'origine contemporaine d'abord assignée à ces formations, qui montrent deux types minéralogiques très-distincts en différents points de l'Angleterre (1). Les roches calcaires et arenacées de Russie alternent entre elles de telle sorte qu'il ne saurait subsister aucun doute sur leur synchronisme.

Couches Devonniennes aux États-Unis et au Canada. — Entre le Carbonifère et le Silurien intervient, aux États-Unis et au Canada, une grande série de formations qui se rapportent au groupe Devonien. Elles comprennent des couches d'origine marine, abondantes en coquilles et coraux, et d'autres d'origine littorale et d'eaux basses qui renferment un grand nombre de plantes terrestres. Les fossiles que l'on trouve dans les couches d'eaux basses ou d'eaux profondes, sont tout à fait

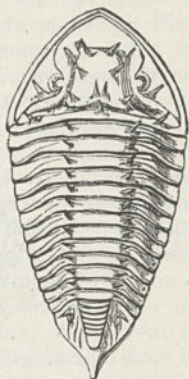


Fig. 531. — *Homalonotus armatus*. Burmeister. Devonien Inférieur; Daun, dans l'Eifel; et Devon Sup.

Observation. — Les deux rangées d'épines à la base du corps donnent une apparence de division en trois lobes plus prononcée qu'elle n'existe en réalité dans cette espèce.

(1) Murchison, *Siluria*, p. 329.

analogues à ceux d'Europe, car, dans certains cas, les espèces sont les mêmes. Sir W. Logan a constaté qu'il

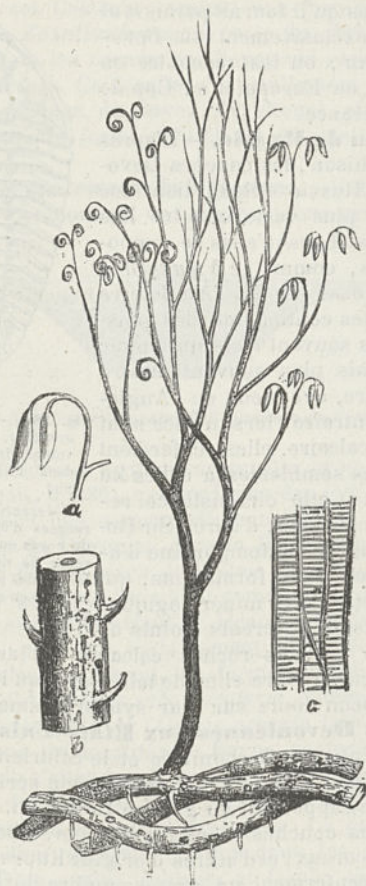


Fig. 532. — *Psilophyton princeps*, Dawson, *Geol. Quart. Journ.* Vol. XV, 1863; et *Canada Survey*, 1863.

Espèce caractéristique de toute la série Devonienne dans l'Amérique du Nord.
a Fruit; grandeur naturelle. — *b* Tige; grandeur naturelle. — *c* Tissu scalariforme de l'axe, fortement grossi.

existe dans la péninsule de Gaspé, au sud de l'estuaire du Saint-Laurent, dans le Canada oriental, une masse formée de grès, de conglomérat et de schiste qui se rapporte à la période en question, et qui est riche en débris végétaux mêlés à des épines de poissons. Plus bas, dans les grès de Gaspé, M. Dawson a recueilli, en 1869, un échantillon entier du genre *Cephalaspis*, forme si caractéristique, ainsi que nous l'avons déjà vu, du Vieux Grès Rouge Inférieur d'Écosse. Quelques-uns de ces grès offrent des ondulations à leur surface, et l'on a observé, vers la partie supérieure de toute la série, une couche mince de houille avec schiste carbonneux, mesurant ensemble une épaisseur de 76 millimètres. Cette couche repose sur un lit d'argile qui contient des racines de *Psilophyton* (voir fig. 532). Le Principal Dawson a montré qu'à plusieurs autres niveaux les radicules de cette même plante pénètrent les argiles, et y jouent le même rôle que les petites racines des Stigmariées dans la formation houillère.

Les ouvrages de Göppert, Unger et Bronn nous ont déjà appris que les plantes Européennes de l'époque Devonienne ressemblent génériquement, à peu d'exceptions près, à celles des formations Carbonifères. En 1859, le Docteur Dawson énumérait trente-deux genres et soixante-neuf espèces qu'il avait obtenus de l'Etat de New-York et du Canada. En parcourant son catalogue (1) de *Conifères*, *Sigillariées*, *Calamites*, *Astérophyllites*, *Lepidodendra*, de fougères des genres *Cyclopteris*, *Neuropteris*, *Sphenopteris*, etc., de fruits tels que, *Cardiocarpum* et *Trigonocarpum*, on se croirait en présence d'une liste de fossiles Carbonifères; et si l'on y remarque certaines différences dans les espèces, ou même la présence de quelques genres inconnus en Europe, on peut naturellement attribuer ces dissemblances à la distribution géographique et à la distance qui sépare l'Ancien monde du Nouveau. Mais heureusement, la formation houillère est complètement développée de l'autre côté de l'Atlantique et concorde singulièrement avec celle d'Europe tant par ses caractères lithologiques que par les espèces de ses plantes

(1) *Geol. Quart. Journ.* Vol. XV, p. 447. 1859; et vol. XVIII, p. 296 1862.

fossiles. La superposition vient aussi démontrer de la manière la moins équivoque les relations d'âge de ces deux séries, car on voit, aux États-Unis, les couches Devonienues affleurer de dessous les couches Carbonifères, sur les frontières de la Pensylvanie et du New-York, où les deux formations présentent une grande puissance.

Les plantes du Devonien d'Amérique se trouvent portées aujourd'hui, par le Docteur Dawson, au nombre de cent vingt, auquel il faut en ajouter quatre-vingts de la flore Européenne du même âge, de sorte que déjà la végétation de cette période commence à devenir moitié aussi riche que celle du terrain houiller, qui a été étudiée depuis beaucoup plus de temps et sur des étendues bien plus considérables. Le *Psilophyton*, dont nous avons parlé ci-dessus, serait considéré par le Docteur Dawson comme une lycopodiacee, à embranchement dichotome (voir *P. princeps*, fig. 532), avec tiges partant d'un rhizome, muni à sa partie inférieure d'aréoles circulaires, ressemblant beaucoup à celles des stigmariées, et projetant comme ces dernières des radicules cylindriques. Les extrémités de la plupart des petites branches sont enroulées de manière à ressembler aux frondes ou préfoliations en crosse des fougères; les feuilles ou bractées *a*, que l'on suppose appartenir à la même plante, ont été décrites par Dawson comme ayant des réceptacles des organes de la fructification. On a rencontré les débris du *Psilophyton princeps* dans tous les membres de la série Devonienne en Amérique, et le Docteur Dawson a reconnu dernièrement cette plante dans des échantillons du Vieux Grès Rouge provenant du nord de l'Écosse.

On pourrait expliquer le caractère monotone de la flore Carbonifère en supposant que nous n'avons en notre possession que la végétation provenant d'une suite unique de stations, consistant en larges surfaces marécageuses; mais le Docteur Dawson pense que ces plantes Devonienues se seraient développées sous l'influence de conditions géographiques plus variées, et avec plus d'un caractère analogue à celui des végétaux des plateaux élevés. Dans ce cas, la limitation de cette flore plus ancienne, représentée par tant de genres et d'espèces appartenant aux ordres gymnospermes et cryptogames, et

l'extrême rareté de plantes d'un degré supérieur nous conduisent naturellement à recourir à la théorie du développement progressif, bien qu'il soit difficile de nous contenter de cette explication.

Insectes Devoniens du Canada. — C'est en 1865 que l'on a découvert les plus anciens insectes connus dans les couches Devoniennes de Saint-John's, New-Brunswick ; ils furent rapportés par M. Scudder à quatre espèces de *Neuroptera*. L'un d'eux est un éphémère gigantesque qui mesurait 12 centimètres et demi d'envergure.

Ces insectes, observe le Docteur Dawson, montrent comme d'autres animaux anciens, une réunion remarquable de caractères que l'on trouve aujourd'hui dans des ordres d'insectes distincts, et l'on peut dire qu'ils constituent de véritables *types synthétiques*. C'est ainsi que l'on remarque dans un insecte d'ailleurs allié aux *Neuroptera* un appareil musical ou stridulant, comme celui du *cri-cri*. Cette conformation, dit le Docteur Dawson, si elle a été correctement interprétée par M. Scudder, nous donne une idée des bruits dont résonnaient les bois Devoniens, en éveillant dans notre imagination les bourdonnements et les chants des insectes qui animaient les solitudes de ces anciennes forêts si étranges.

CHAPITRE XXVI

GROUPE SILURIEN.

Classification des roches Siluriennes. — Formation de Ludlow et ses fossiles. — Lit à ossements du Ludlow Supérieur. — Schistes du Ludlow Inférieur avec *Pentamerus*. — Débris de poissons fossiles les plus anciens connus. — Découvertes progressives de vertébrés dans les roches anciennes. — Formation de Wenlock, ses coraux, cystidées et trilobites. — Groupe de Llandovery ou couches de transition. — Roches du Silurien Inférieur. — Lits de Caradoc et de Bala. — Brachiopodes. — Trilobites. — Cystidées. — Graptolites. — Schistes ardoisiers (flags) de Llandeilo. — Groupe Arenig ou des Stiperstones. — Équivalents étrangers du Silurien en Europe. — Faune Silurienne de Barrande. — Couches Siluriennes des États-Unis. — Couches équivalentes du Canada. — Rapports spécifiques de leurs fossiles avec ceux d'Europe.

Classification des roches Siluriennes. — Nous arrivons en descendant à cette division des roches Primaires ou Paléozoïques qui git immédiatement au-dessous du groupe Devonien ou Vieux Grès Rouge. Sir Roderick Murchison a proposé, le premier, la dénomination de *Silurien*, pour désigner une série de roches qu'il a étudiées et classées, occupant cette partie des Galles et de quelques autres contrées contiguës en Angleterre qui constitua jadis le royaume des *Silures*, tribu des anciens Bretons. Le tableau ci-après indique les deux principales divisions, Supérieure et Inférieure, des roches Siluriennes, ainsi que les sous-divisions moindres que l'on adopte ordinairement pour embrasser toutes les couches comprises dans le système Silurien de Sir Roderick Murchison. Nous traiterons dans le chapitre suivant, lorsque nous décrirons le groupe Cambrien, des formations situées au-dessous du groupe Arenig ou Stiper-Stones.

ROCHES SILURIENNES SUPÉRIEURES.

	Épaisseur en mètres.
1. — FORMATION DE LUDLOW :	
<i>a</i> Couches du Ludlow Supérieur	234
<i>b</i> Couches du Ludlow Inférieur	315
2. — FORMATION DE WENLOCK :	
<i>a</i> Calcaire et Schiste de Wenlock	Au-dessus
<i>b</i> Calcaire et Schiste de Woolhope, et Grès grossiers (grits) du Denbighshire	de 1,200
3. — FORMATION DE LLANDOVERY (Lits de transition entre le Silurien Supérieur et le Silurien Inférieur) :	
<i>a</i> Llandovery Supérieur (couches de May Hill)	240
Llandovery Inférieur	180—300

ROCHES SILURIENNES INFÉRIEURES.

1. — COUCHES DE BALA ET CARADOC, comprenant des roches volcaniques	3,600
2. — LLANDEILO FLAGS, comprenant des roches volcaniques.	1,350
3. — GROUPE ARENIG OU STIPER-STONES, comprenant des roches volcaniques	Au-dessus de 3,000

ROCHES SILURIENNES SUPÉRIEURES.

1. **Formation de Ludlow.** — Ce membre du groupe Silurien Supérieur mesure, ainsi qu'on le voit dans le tableau précédent, une épaisseur considérable, et se divise en deux parties : Ludlow Supérieur et Ludlow Inférieur. Chacune de ces divisions se distingue, près de la ville de Ludlow et en d'autres endroits des comtés de Shrop et de Hereford, par des débris organiques particuliers ; sur les cinq cents espèces au moins que l'on a trouvées dans la formation de Ludlow, prise dans son ensemble, cinq pour cent seulement sont communes au Devonien sus-jacent. Nous renvoyons l'étudiant aux excellents tableaux publiés dans la dernière édition de la *Siluria* de Sir Roderick Murchison pour voir la liste des débris organiques de toutes les classes qui sont distribués à travers les différentes sous-divisions des Siluriens Supérieur et Inférieur.

a. Ludlow Supérieur : Grès Downton. — Au sommet de cette division, on rencontre des couches de grès jaunâtre à grains fins, et des grès grossiers, durs et rougeâtres que Sir Roderick Murchison avait d'abord rap-

portés au Vieux Grès Rouge, sous le nom de *Tilestones* (pierres à tuile). Sous le rapport minéralogique, ce groupe forme une transition entre le Silurien et le Vieux Grès Rouge, dont les couches sont également en stratification concordante; mais aujourd'hui on s'est assuré que les fossiles ressemblent pour la plupart, spécifiquement, et tous par leur caractère général, à ceux des roches sous-jacentes du Ludlow Supérieur. Parmi ces fossiles on cite les *Orthoceras bullatum*, *Platyschisma helicites*, *Bellerophon trilobatus*, *Chonetes lata*, etc., ainsi que de nombreuses défenses de poissons.

Toutefois, ces lits généralement connus aujourd'hui sous le nom de *Grès de Downton*, sont classés comme formant le membre le plus récent du Silurien Supérieur. On les observe parfaitement à Kington, dans le Herefordshire, et à Downton Castle, près Ludlow, où ils sont exploités et fournissent des pierres à bâtir. A Kington comme à Ludlow, on trouve dans la formation des crustacés des genres *Pterygotus* (pour le genre, voir fig. 513, p. 585) et *Eurypterus*.

Lit à ossements du Ludlow Supérieur. — A la base des grès de Downton, on rencontre un lit à ossements qui mérite une attention particulière comme fournissant en quantité considérable le plus ancien exemple connu de poissons fossiles. Il présente ordinairement une ou deux bandes minces et brunes de fragments osseux à la jonction du Vieux Grès Rouge et des roches de Ludlow; ce lit fut observé pour la première fois par Sir R. Murchison, près de la ville de Ludlow où il atteint une épaisseur de 8 à 10 centimètres. On l'a suivi depuis sur une longueur de plus de 70 kilomètres, à partir de ce point jusque dans le Gloucestershire et autres Comtés, et généralement il n'a pas montré plus de 0^m 025 d'épaisseur, quoiqu'il puisse atteindre jusqu'à près de 0^m 30. Près de Ludlow, on observe deux lits à ossements, séparés par plus de 2 mètres de couches remplies de fossiles du Ludlow Supérieur (1). La même localité a fourni immédiatement au-dessus du lit à poissons supérieur de petits corps globulaires nombreux qui, suivant le D^r Hooker,

(1) Murchison, *Siluria*, p. 140.

seraient des sporanges d'une plante terrestre cryptogame, *Pachythea sphaerica*, probablement une lycopodiacée.

La plupart des restes de poissons de ce groupe ont été rapportés par Agassiz à son ordre des Placoïdes, quelques-uns au genre *Onchus*, auquel l'épine (fig. 533) semblerait appartenir. Les petites écailles (fig. 534) peuvent



Fig. 533. — *Onchus tenuistriatus*, Agass. Lit à ossements. Silurien Supérieur; Ludlow.



Fig. 534. — Écailles charnées d'un poisson-placoïde, *Thecodus Parvidens*, Ag. Lit à ossements. Ludlow Supérieur.

aussi être rapportées à un poisson placoïde. On pense, toutefois, que cet *Onchus* pourrait bien être un de ces poissons Acanthodiens, de l'ordre Ganoïde d'Agassiz, qui sont si caractéristiques de la base du Vieux Grès Rouge dans le Forfarshire, bien que les espèces de cette formation soient toutes différentes de celles des couches Siluriennes que nous examinons. A ces défenses de poissons ou Ichthyodorulites sont associés de nombreux crochets ou épines caudales, ressemblant beaucoup aux défenses de grands crustacés phyllopoïdes; ces organes ont été pris, et le sont encore fréquemment, pour des épines dorsales de poissons. On a découvert aussi dans ces lits la mâchoire et les dents d'un autre genre carnassier, le *Plectrodus mirabilis*, (fig. 535), avec des échantillons de *Pteraspis ludensis*. Comme on le remarque dans la plupart des lits à ossements, les dents et les os sont presque toujours à l'état de fragments roulés.



Fig. 535. — *Plectrodus mirabilis*, Agass. Lit à ossements. Ludlow Supérieur.

Grès gris et Mudstone, etc. — La sous-division du Ludlow Supérieur qui vient ensuite, est formée d'un grès calcaire gris, ou le plus souvent d'une roche micacée, qui se décompose en un limon mou et contient, outre les coquilles mentionnées à la p. 602, les *Lingula cornea*, *Orthis orbicularis*, une variété ronde de *O. elegantula* (fig.

536), *Modiolopsis platyphylla*, et *Grammisya cingulata*, qui sont toutes caractéristiques du Ludlow Supérieur. Les couches inférieures ou de Mudstone renferment la *Rhynch-*



Fig. 536. — *Orthis elegantula* (Dalm.).
Var. *Orbicularis*, Sow. Ludlow Supérieur.

Fig. 537. — *Rhynchonella*
navicula, Sow. Lits de Ludlow.

nella navicula (fig. 537), commune à ce lit et au Ludlow Inférieur. Comme cela arrive ordinairement dans les formations Paléozoïques plus anciennes que le Terrain Houiller, les mollusques Brachiopodes ou palliobranches prédominent sur les Lamellibranches (voir p. 619), bien que ceux-ci soient bien loin d'être rares. Entre autres genres, par exemple, on observe des *Avicula* et *Pterinea*, *Cardiola*, *Ctenodonta* (sous-genre de *Nucula*), *Orthonota*, *Modiolopsis* et *Palæarca*.

Les grès du Ludlow Supérieur présentent quelquefois des traces de rides qui indiquent un dépôt graduel; la même observation s'applique aux schistes argileux fins qui les accompagnent. Ces derniers sont d'une grande épaisseur et ont reçu en province le nom de *mudstones* (pierres de limon). Quelques-uns contiennent des tiges de Crinoïdes en position verticale, qui ont été évidemment fossilisées sur place à l'époque où elles croissaient au fond de la mer. La facilité avec laquelle ces roches, lorsqu'elles sont exposées aux injures du temps, se résolvent en limon (en terre), prouve que, malgré leur ancienneté, elles se trouvent encore presque à l'état où elles étaient lors de leur formation.

Couches du Ludlow Inférieur. — La masse principale de cette formation consiste en un schiste argileux gris foncé avec concrétions calcaires; son épaisseur maximum est de 300 mètres. Sur quelques points, et notamment à Aymestry, dans le Herefordshire, un calcaire sous-cristallin et argileux, quelquefois épais de 15 mètres, recouvre le schiste. En conséquence, Sir R. Murchison classe ce calcaire d'Aymestry comme occupant une

position intermédiaire entre le Ludlow Supérieur et le Ludlow Inférieur ; mais M. Lightbody fait observer qu'à

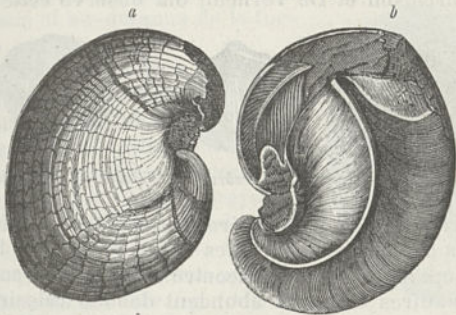


Fig. 538. — *Pentamerus Knightii* (Sow). Aymestry, demi-grandeur naturelle.
a Vue des deux valves unies. *b* Section longitudinale à travers les deux valves, montrant les cloisons ou plaques centrales.

Mocktrie, près Leintwardine, on rencontre les schistes du Ludlow Inférieur, avec leurs fossiles caractéristiques, tant au-dessus qu'au-dessous d'un calcaire semblable à celui dont nous venons de parler. Aux environs d'Aymestry et de Sedgeley, ce calcaire se distingue par l'abondance du *Pentamerus Knightii*, Sow. (fig. 538), fossile que l'on trouve aussi dans les schistes et calcaires du Wenlock. On a d'abord signalé ce genre de brachiopode au sein des couches Siluriennes ; c'est une forme exclusivement paléozoïque. Son nom dérive de πέντε (*pente*), cinq, et μέρος (*meros*) partie. Les deux valves sont, en effet, divisées par une cloison centrale qui forme quatre chambres, et, dans l'une des valves, la cloison elle-même contient une petite chambre, ce qui fait cinq en tout. Ces cloisons ont un développement énorme comparativement à ce qu'on observe chez toutes les autres coquilles brachiopodes et elles ont dû partager l'animal en deux parties à peu près égales ; néanmoins elles sont de la même nature que les cloisons



Fig. 539. — *Lingula Lewisii*, Sow.
 Abberley Hills.

ou plaques que l'on remarque à l'intérieur des *Spirifera*, *Uncites* et de plusieurs autres coquilles du même ordre. MM. Murchison et De Verneuil ont observé cette espèce



Fig. 540 — *Rhyntonella (Terebratula) Wilsoni*, Sow. Aymestry.

par myriades dans un calcaire blanc, d'âge Silurien, sur les rives de l'Is, au revers des monts Ourals, en Russie; une espèce semblable se rencontre fréquemment en Suède.

Trois autres coquilles abondent dans le calcaire d'Aymestry, ce sont : 1° la *Lingula Lewisii* (fig. 539); 2° la *Rhyntonella Wilsoni*, Sow. (fig. 540), appartenant également au Ludlow Inférieur et au Calcaire de Wenlock; 3° l'*Atrypa reticularis*, Linn. (fig. 541), très-répan due,

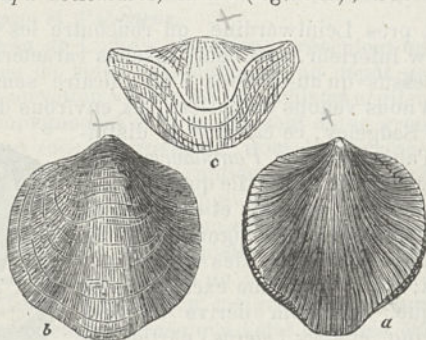


Fig. 541. — *Atrypa reticularis*, Linn. (*Terebratula affinis*. Min. Con.) Aymestry.

a Valve supérieure. — *b* Valve inférieure. — *c* Bord antérieur des valves.

car on la trouve partout dans le système Silurien Supérieur, et même, en montant, dans la série du Devonien Moyen.

Le calcaire d'Aymestry contient un grand nombre de coquilles, spécialement de brachiopodes, coraux et tri-

lobites, ainsi que d'autres fossiles dont le nombre total s'élève à 74 espèces, toutes communes, trois ou quatre exceptées, aux lits qui se trouvent au-dessus et au-dessous de la formation.

Le schiste du Ludlow Inférieur renferme, entre autres fossiles, plusieurs grands céphalopodes inconnus dans les roches plus récentes; ce sont les *Phragmoceras* de Broderip et *Lituites* de Breynius (voir figs. 542-543). Ce dernier genre est en partie droit et en partie enroulé en spirale très-aplatie. L'*Orthoceras Ludense* (fig. 544), de même que le Céphalopode que nous venons de citer, se trouve dans ce membre de la série.

On rencontre abondamment, dans le Ludlow Inférieur, une espèce de Graptolite, *G. priodon*, Bronn. (fig. 554, p. 614). Ce fossile qui se rapporte, quoique d'une manière douteuse,

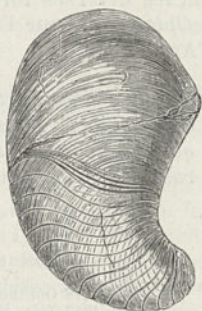


Fig. 542. — *Phragmoceras ventricosum*, J. Sow. (*Orthoceras ventricosum*, Stein.) Aymestry. Un quart de grandeur naturelle.

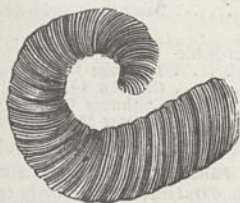


Fig. 543. — *Lituites (Trochoceras) giganeus*, J. Sow. Environs de Ludlow; Calcaires d'Aymestry et de Wenlock. Un quart de grandeur naturelle.

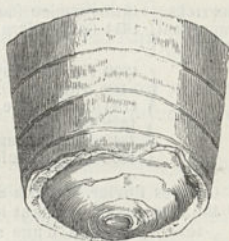


Fig. 544. — Fragment d'*Orthoceras Ludense*, J. Sow. Leintwardine, Shropshire.

à une forme d'hydrozoïde ou de polype sertularien, n'a pas encore été signalé dans les couches supérieures au Silurien.

Les asteries, ainsi que le fait remarquer Sir R. Murchison, sont loin d'être rares dans le Ludlow Inférieur.

Ces fossiles dont on connaît, dans la série de Ludlow, 6 genres éteints représentés par 18 espèces, nous rappellent les diverses formes vivantes des familles *Asteriadae* et *Ophiuridae*, que l'on trouve aujourd'hui dans les mers d'Angleterre.

Dates des découvertes relatives aux différentes classes de Vertébrés fossiles, montrant les progrès successifs qui ont été faits dans ce genre de recherches en explorant des roches d'une ancienneté reculée.

	Années.	Formations.	Localités.
MAMMIFÈRES	1798	Eocène Supérieur.	Paris (Gypse de Montmartre) ¹ .
	1818	Oolithe Inférieure.	Stonesfield ² .
	1847	Trias Supérieur.	Stuttgart ³ .
OISEAUX. . .	1782	Eocène Supérieur.	Paris (Gypse de Montmartre) ⁴ .
	1839	Eocène Inférieur.	Ile de Sheppey (Argile de Londres) ⁵ .
	1854	<i>Idem.</i>	Lits de Woolwich ⁶ .
	1855	<i>Idem.</i>	Meudon (Argile plastique) ⁷ .
	1858	Série chloritique ou Grès Vert Supérieur.	Cambridge ⁸ .
(comprenant amphibiés).	1863	Oolithe Supérieure.	Solenhofen ⁹ .
	1810	Permien (ou Zechstein). . .	Thuringe ¹⁰ .
POISSONS . .	1844	Carbonifère.	Saarbrück, près de Trèves ¹¹ .
	1709	Permien Moyen (Kupfer-Schiefer).	Thuringe ¹² .
	1793	Carbonifère Inférieur.	Glascow ¹³ .
	1828	Devonien.	Caithness ¹⁴ .
	1840	Ludlow Supérieur.	Ludlow ¹⁵ .
	1859	Ludlow Inférieur.	Leintwardine ¹⁶ .

¹ Georges Cuvier. *Bulletin de la Soc. Philom.* XX.

² En 1818, Cuvier visitant le Museum d'Oxford, décide sur le caractère mammifère d'une mâchoire provenant de Stonesfield. (Voir aussi ci-dessus, p. 443.)

³ Plieninger (Professeur). (Voir ci-dessus, p. 444.)

⁴ Cuvier, Ossements fossiles, Art. *Oiseaux*.

⁵ Owen (Professeur), *Geol. Trans.* 2^e série, vol. VI, p. 203. 1839.

⁶ Portion supérieure des couches de Woolwich, Prestwich, *Quart. Geol. Journ.* Vol. X, p. 157.

⁷ *Gastornensis Pariensis*, Owen, *Quart. Geol. Journ.* Vol. XII, p. 204. 1856.

⁸ Lit à coprolites, dans le Grès Vert Supérieur. (Voir ci-dessus, p. 378.)

⁹ *L'Archaeopteryx macrura*, Owen. (Voir ci-dessus, p. 433.)

¹⁰ Le monitor fossile de Thuringe. (*Protosaurus Speneri*, V. Meyer), a été figuré par Spener, de Berlin, en 1810. (Miscel. Berlin.)

¹¹ Voir ci-dessus, p. 527.

¹² Memorabilia Saxoniae Subterr. Leipsig, 1709.

¹³ History of Rutherglen (*Histoire de Rutherglen*), par le Rév. David Ure, 1793.

¹⁴ Sedgwick et Murchison, *Geol. Trans.*, 2^e série, vol. III, p. 141. 1828.

¹⁵ Sir R. Murchison. (Voir ci-dessus, p. 602.)

¹⁶ Voir p. 609.

Observation. — Nous avons omis, dans le tableau suivant, quoiqu'elles soient bien souvent invoquées, les preuves fondées sur les empreintes de pas, parce qu'elles sont moins exactes que celles qui sont basées sur les ossements et les dents.

Poisson fossile le plus ancien connu. — Jusqu'en 1859, on ne connaissait pas un exemple d'un poisson fossile antérieur au lit à ossements du Ludlow Supérieur; mais, cette année même, M. J. E. Leo, de Caerleon, membre de la Société géologique d'Angleterre, a trouvé un spécimen de Pteraspis, à Church Hill, près de Leintwardine, Shrospire, dans un schiste placé au-dessous du Calcaire d'Aymestry. Ce Pteraspis était associé à des coquilles fossiles de la formation du Ludlow Inférieur — coquilles qui diffèrent considérablement de celles qui caractérisent le Ludlow Supérieur déjà décrit. Cette découverte est d'un grand intérêt au point de vue de la théorie du développement progressif, parce que le genre Pteraspis est regardé par le Professeur Huxley comme allié à l'esturgeon et occupe, par conséquent, un rang qui est loin d'être inférieur dans la classe des poissons.

C'est un fait bien digne de remarque qu'on n'ait pas encore trouvé de restes de vertébrés dans aucune formation plus ancienne que le Ludlow Inférieur.

Quand on songe aux centaines de mollusques, Echinodermes, Trilobites, Coraux et autres fossiles qu'on a déjà obtenus des formations Siluriennes plus anciennes, on a le droit de se demander si jamais une étude, faite avec autant de soin et sur une aussi vaste échelle, d'une suite de roches fossilifères plus récentes dans la série, n'amènera pas un jour la découverte de quelque ichthyolite. Quoi qu'il en soit, même en présence des faits, on doit hésiter à conclure d'une façon définitive que le globe, après avoir été habité pendant des siècles par toutes les grandes classes d'invertébrés, soit resté complètement dépourvu d'animaux vertébrés.

Dans le Tableau précédent, p. 608, on a mis sous les

yeux du lecteur quelques dates de la découverte de différentes classes d'animaux dans les roches anciennes, pour lui faire saisir d'un coup d'œil la lenteur avec laquelle on a réussi à retrouver les traces de vertébrés dans des formations d'ancienneté reculée. De tels faits nous avertissent de ne pas trop nous hâter de conclure que le point où nous sommes actuellement arrivés dans notre examen rétrospectif fixe la date de la première apparition sur la terre d'une classe quelconque d'êtres organisés.

2. **Formation de Wenlock.** — Vient ensuite la formation de Wenlock, que l'on a divisée (voir tableau, p. 601) en *a*, Calcaire de Wenlock et schiste de Wenlock, et *b*, Calcaire de Woolhope et grès grossiers (grits) du Denbighshire.

A. Calcaire de Wenlock. — Ce calcaire, autrefois bien connu des collectionneurs sous le nom de Calcaire de Dudley, forme, dans le Shropshire, une crête continue qui s'étend sur une longueur de 32 kilomètres du sud-ouest au nord-est, à la distance de 1,600 mètres environ de l'escarpement presque parallèle du calcaire d'Aymestry. Cette sorte de protubérance allongée doit son existence à la solidité de la roche qui la constitue et au peu de résistance des schistes qui sont au-dessus et au-dessous. Près de Wenlock, la formation consiste en masses épaisses d'un calcaire subcristallin gris, rempli de coraux, d'encrinites et de trilobites. Elle est essentiellement de nature concrétionnée, et les concrétions, appelées *ball-stones* dans le Shropshire, mesurent parfois jusqu'à 24 mètres de diamètre. Celles-ci sont formées de carbonate de chaux pur, et la roche qui les entoure est plus ou moins argileuse (1). Dans les collines de Malvern, ce calcaire, suivant le Professeur Philips, est quelquefois oolithique.

Parmi les coraux dont cette formation est si riche, on remarque 53 espèces du *Corail-chaîne* (*Halysites catenularius*, fig. 545); c'est l'un des plus faciles à reconnaître et des plus largement répandus en Europe, dans toutes les divisions du groupe Silurien, depuis le Calcaire d'Aymestry jusque tout près de la base des roches du Llandeilo. On y rencontre aussi à profusion un autre corail,

(1) Murchison. *Siluria*, chap. vi.

le *Favosites Gothlandica* (fig. 546), constituant de larges masses hémisphériques, qui se divisent en fragments prismatiques et colonnaires, comme le montre la fig. 546 *b*. Une troisième forme, très-commune dans le Calcaire de Wenlock, est l'*Omphyma turbinatum* (fig. 547), qui, de même que plusieurs de ses analogues, nous présente une ressemblance frappante avec quelques coraux cupuliformes; mais tous les genres Siluriens appartiennent au type paléozoïque que j'ai signalé ci-dessus et offrent la disposition quadripartite de feuilletlets à cloisons dans l'intérieur de la coupe.

Les Crinoïdes, très-nombreux dans la formation, fournissent plusieurs espèces particulières de *Cyathocrinus* (pour le genre, voy. figs. 486-487,



Fig. 545. — *Halysites catenularius*, Linn. Siluriens Supérieur et Inférieur.

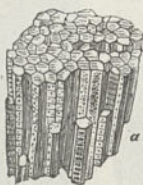


Fig. 546. — *Favosites Gothlandica*, Lam. Dudley.

a Portion d'une grosse masse, moindre que grandeur naturelle.

b Portion grossie, montrant les pores et les divisions en tubes.



Fig. 547. — *Omphyma turbinatum*, Linn. (*Cyathophyllum*, Goldf.). Calcaire de Wenlock, Shropshire.

p. 567) qui contribuent par leurs tiges calcaires, leurs bras et leurs coupes à la composition du Calcaire de Wenlock. Comme Cystidées, on n'y observe que peu de formes vraiment remarquables, et quelques-unes d'entre

elles sont spéciales au Silurien Supérieur, par exemple le *Pseudocrinites*, qui était armé de bras fixes, pennés (1) (fig. 548).



Fig. 548. — *Pseudocrinites bifasciatus*, Pearce. Calcaire de Wenlock, Dudley,



Fig. 549. — *Strophomena (Lepta depressa*, Sow.^{na})
Roches de Wenlock et de Ludlow.

Les Brachiopodes appartiennent la plupart aux espèces du calcaire d'Aymestry ; tels sont *Atrypa reticularis* (fig. 541, p. 604) et *Strophomena depressa* (fig. 549) ; mais cette dernière espèce se rencontre également depuis



Fig. 530. — *Calymene Blumenbachii*, Brong.
Couches de Wenlock,
Ludlow et Bala.

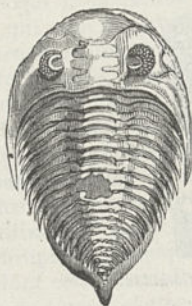


Fig. 531. — *Phacops (Asaphus) caudatus*,
Brong. Roches de Wenlock
et de Ludlow.



Fig. 532. — *Sphaerocochus mirus*, Beyrich;
enroulé, Calcaire de
Wenlock, Dudley ; aussi
dans l'Ohio, Amérique
du Nord.

les roches du Ludlow et à travers les schistes de Wenlock jusqu'au grès de Caradoc.

(1) E. Forbes, *Mem. Geol. Survey*, vol. II, p. 496.

Les Crustacés sont à peu près exclusivement représentés par les trilobites, qui montrent les formes les plus remarquables et dont 22 espèces sont particulières au dépôt. Le *Calymene Blumenbachii*, appelé le *Trilobite de Dudley*, était connu déjà depuis longtemps avant que sa véritable place eût été fixée dans le règne animal. On le rencontre souvent enroulé comme l'*Oniscus* commun, ou cloporté, et c'est là un état assez fréquent chez les trilobites pour nous autoriser à conclure que ces animaux avaient habituellement recours à ce moyen pour se protéger contre l'attaque de leurs ennemis. L'autre espèce commune est le *Phacops caudatus* (*Asaphus caudatus*), Brong. (fig. 551), remarquable par ses grandes dimensions et par sa forme aplatie. Le *Sphærexochus mirus* (fig. 552) se présente comme une boule lorsqu'il est enroulé, la partie antérieure, chez cet animal, étant extrêmement plate. L'*Homalonotus*, sorte de trilobite chez lequel la division tripartite de l'épiderme dorsal est à peine sensible (fig.

553), caractérise particulièrement cette division de la série Silurienne.

Schiste de Wenlock. — Cette roche, suivant Sir R. Murchison, constitue le membre le plus étendu et le plus persistant de la formation de Wenlock; le calcaire, en effet, s'y amincit souvent et finit par disparaître. De même que le Ludlow Inférieur, le schiste contient fréquemment des concrétions elliptiques de calcaire terreux, impur. Dans le district de Malvern, c'est une masse argileuse, en poussière fine, qui atteint à peine une épaisseur de 200 mètres; mais

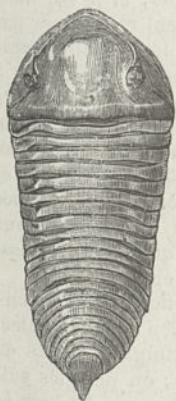


Fig. 553. — *Homalonotus delphinocephalus*, König
Calcaire de Wenlock.
Dudley Castle.

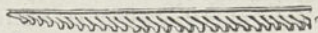


Fig. 554. — *Graptolithus Ludensis*, Murchison.
Schistes de Ludlow et de Wenlock.

dans les Galles, sa puissance dépasse 300 mètres et elle est exploitée pour ses ardoises et ses pierres à dalles

(*Flagstones*). Les fossiles les plus abondants y sont, outre les coraux, trilobites et quelques crinoïdes, plusieurs petites espèces d'*Orthis*, de *Cardiola*, et certaines espèces d'*Orthoceratites* à coquille très-mince.

On y rencontre aussi 6 espèces de *Graptolites*, groupe de fossiles sertulariens déjà mentionné (p. 607) comme étant confinés aux roches Siluriennes. Je reviendrai plus tard sur ces fossiles si caractéristiques du Silurien Inférieur (p. 622).

b. Lits de Woolhope. — Les lits de Woolhope, qui gisent au-dessous du schiste de Wenlock, sont d'une grande importance, bien qu'on ne les ait pas toujours reconnus comme une subdivision séparée du Wenlock. On les rencontre ordinairement sous forme de calcaires massifs ou nodulaires, reposant sur un schiste fin ou flagstone; d'autres fois, sous forme de grit grossier d'une grande épaisseur, comme dans les grès remarquables du Denbighshire. Ce grit forme une chaîne de montagnes qui traverse les Galles du Nord et du Sud, et le sol dans lequel on le rencontre se fait généralement remarquer par une grande stérilité. Il contient, outre les fossiles habituels du Wenlock, quelques autres espèces communes à la roche supérieure du Ludlow, telles que *Chonetes lata* et *Bellerophon trilobatus*. Les fossiles principaux du calcaire de Woolhope sont, *Illænus Barriensis*, *Homalotus delphinocephalus* (fig. 553), *Strophomena imbrex* et *Rynchonella Wilsoni* (fig. 540). Les espèces de ce dernier atteignent dans les lits de Woolhope des dimensions inusitées, et les échantillons en sont quelquefois aussi volumineux que ceux du calcaire de Wenlock.

Immédiatement au-dessous de la formation de Wenlock, on rencontre, en certains points, des schistes pâles, quelquefois de couleur pourpre, qui atteignent, près de Taranon, une épaisseur de 300 mètres; on peut les suivre, suivant MM. Jucker et Aveline, à travers Radnor et Montgomery, jusqu'aux Galles septentrionales. Ces géologues ont identifié ces schistes avec certains autres qui se trouvent au-dessus du Grès de May Hill, près de Llandovery, mais les fossiles qu'on y rencontre sont si rares, que leur position exacte reste très-incertaine.

3. Groupe de Llandovery. — Lits de transition.

— Viennent ensuite des couches sur la classification desquelles on diffère d'opinion, mais qui, dans le fait, doivent être considérées comme des lits de transition entre le Silurien Supérieur et le Silurien Inférieur. Je rangeais autrefois ces couches, comme certains auteurs, dans le Silurien Moyen; mais je me suis aperçu qu'elles ne méritent pas cette distinction, car, après avoir comparé leurs fossiles avec 1,400 espèces Siluriennes environ, j'ai reconnu que le nombre qui est particulier au groupe en question ne lui donne qu'une importance égale à celle des moindres sous-divisions, de celles, par exemple, des groupes du Ludlow ou de Bala. Je préfère donc regarder ces couches comme formant la base du Silurien Supérieur, auquel, sous le rapport du nombre plus que double des espèces, elles se rattachent bien plus qu'au Silurien Inférieur. Par ce moyen, la ligne de démarcation entre les deux grandes divisions est moins arbitraire, quoiqu'elle le soit encore, que par toute autre classification. Cette formation a reçu le nom de Roches de Llandovery, d'une ville située dans les Galles méridionales, aux environs de laquelle ces couches, parfaitement développées surtout sur une colline appelée Noeth Grüg, laissent voir clairement, malgré plusieurs failles, les rapports qui existent entre elles.

a. — *Llandovery Supérieur ou Grès de May Hill.* — Le groupe May Hill, aussi appelé groupe du *Llandovery Supérieur* par Sir R. Murchison, s'étend depuis l'ouest du Longmynd, en côtoyant Builth, Llandovery et Llandeilo, jusqu'à la mer dans la baie de Marlow, où il se montre particulièrement dans les falaises. Il consiste en grès jaunes et brunâtres avec nodules calcaires, et sa base est quelquefois formée d'un conglomérat dérivé de la désorganisation des roches du Silurien Inférieur. On avait cru d'abord que ces lits de May Hill faisaient partie de la formation du Caradoc, mais, depuis, le Professeur Sedgwick (1) a déterminé leur vraie position en les constituant la base du Silurien Supérieur proprement dit. Les portions les plus calcaires de la roche ont reçu le nom de Calcaire Pentamere, parce que le *Pentamerus*

(1) 1853. *Quart. Geol. Jura.* Vol. IX, p. 215.

oblongus (fig. 555) y est très-abondant. Ce fossile est ordinairement accompagné dans ces couches du P. (*Stricklandinia*) *livata* (fig. 556); et ces deux formes ont une

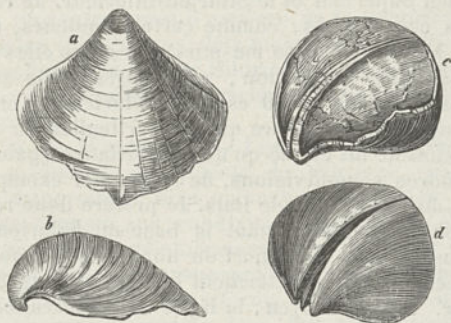


Fig. 555. — *Pentamerus oblongus*, Sow. Lits des Llandovery Supérieur et Inférieur.

- a, b.* — Vues de la coquille même, d'après les figures publiées par Murchison dans son *Système Silurien*.
c. — Moule avec un reste de la coquille, et avec le creux du septum central rempli de spath.
d. — Moule interne d'une valve, où l'espace autrefois occupé par le septum est représenté par une cavité dans laquelle on voit un relief de la chambre au dedans du septum.

distribution géographique étendue, car on les rencontre, tant en Russie qu'aux Etats-Unis, dans la même partie de la série Silurienne.



Fig. 556. — *Stricklandinia* (*Pentamerus*) *livata*, Sow.

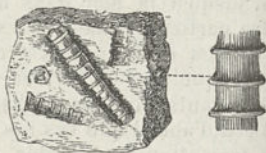


Fig. 557. — *Tentaculites annulatus*, Schlot: Moules intérieurs dans le Grès. Llandovery Supérieur, Eastnor Park, près de Malvern. Grandeur naturelle et grossi.

On connaît dans la division de May Hill, 228 espèces fossiles, qui appartiennent pour plus de la moitié à la

formation de Wenlock. Elles consistent en Trilobites des genres *Illænus* et *Calymene*; en Brachiopodes des genres *Orthis*, *Atrypa*, *Leptaena*, *Pentamerus*, *Strophomena* et autres; en Gastéropodes des genres *Turbo*, *Murchisonia* (pour le genre, voir fig. 576, p. 631) et *Bellerophon*; en Pteropodes du genre *Conularia*. Les Brachiopodes, dont on compte 66 espèces, se rapportent presque tous au Silurien Supérieur.

Parmi les fossiles du Grès coquillier du May Hill, on trouve, à Malvern, le *Tentaculites annulatus* (fig. 557), annélide probablement allié à la *Serpula*.

Roches du Llandovery Inférieur. — Au-dessous du groupe May-Hill viennent les couches du *Llandovery Inférieur*, qui se composent principalement de roches dures, schisteuses, et de lits de conglomérat d'une épaisseur de 180 à 300 mètres. Les fossiles y sont un peu rares dans les lits inférieurs, et sur les 128 espèces que l'on connaît, 11 seulement sont particulières à la formation; 13 sont communes au groupe de May Hill au-dessus, et 93 aux roches situées au-dessous. La *Stricklandinia* (*Pentamerus*) *levis*, que l'on trouve dans le *Llandovery Inférieur*, devient rare dans le Supérieur, et le *Pentamerus oblongus* (fig. 555), qui est la coquille caractéristique du *Llandovery Supérieur*, se rencontre, mais peu souvent, dans l'Inférieur.

ROCHES SILURIENNES INFÉRIEURES.

Le Silurien Inférieur a été divisé de la manière suivante : 1^o Groupe de Bala; 2^o Llandeilo Flags (ardoises de Llandeilo), et 3^o Llandeilo Inférieur ou Formation Arenig.

Couches de Bala et de Caradoc. — Le grès de Caradoc a été d'abord ainsi nommé par Sir R. Murchison d'une montagne qui porte le nom de Caer Caradoc, dans le Shropshire; ce lit se compose de grès coquilliers d'une grande puissance et contient quelquefois beaucoup de matière calcaire. Cette roche se montre fréquemment chargée d'un magnifique trilobite, appelé par Murchison *Trinucleus concentricus* (voir fig. 562, p. 620), fossile répandu depuis la base jusqu'au sommet de la formation,

et qui est ordinairement accompagné du *Strophomena grandis* (fig. 560) et *Orthis vespertilio* (fig. 559), ainsi que de plusieurs autres espèces.



Fig. 558. — *Orthis tricenaria*, Conrad. New-York ; Canada. Demi-grandeur naturelle.



Fig. 559. — *Orthis vespertilio*, Sow. Shropshire ; Gales du Nord et du Sud. Demi-grandeur naturelle.



Fig. 560. *Orthis (Strophomena) grandis*. Sow. Demi-grandeur. Lits de Caradoc, Horderley, Shropshire ; et Coniston, Lancashire.

Brachiopodes. — Rien n'est plus remarquable dans ces couches et dans celles du Silurien de toutes les régions en général, que la prédominance des Brachiopodes sur toutes les autres formes de mollusques. On ne peut expliquer la quantité considérable de ces animaux en supposant qu'ils ont habité des eaux d'une grande profondeur, car les découvertes récentes résultant de dragages pratiqués dans des mers profondes n'ont pas changé essentiellement le contraste qui se trouve exister entre l'état Paléozoïque et l'état actuel des choses. Les Brachiopodes que l'on rencontre vivants sont assez rares pour ne former que le quart environ de toute la faune bivalve; tandis que dans les roches Siluriennes, dont nous allons traiter et dans lesquelles ces animaux atteignent leur maximum, ils sont représentés par deux fois plus d'espèces que les bivalves Lamellibranches.

On peut dire, avec raison, que le nombre proportionnel de cette classe inférieure de mollusques va toujours en décroissant, à mesure que l'on avance des roches anciennes aux roches plus nouvelles. En effet, dans le Devonien d'Angleterre, par exemple, on compte 99 Brachiopodes et 58 Lamellibranches, tandis que dans le Carbonifère les proportions sont plus que renversées, car on y connaît 334 espèces de Lamellibranches et seu-

lement 157 de Brachiopodes. Dans les formations Secondaires ou Mésozoïques, la prédominance de bivalves d'un degré supérieur devient de plus en plus marquée, et si l'on arrive aux couches Tertiaires ou Cénozoïques, leur nombre approche de celui qu'on observe dans la création vivante.

A ce sujet, il n'est pas inutile d'apprendre à l'étudiant qu'un Brachiopode diffère des bivalves ordinaires, tels que moules, bucardes, etc., en ce qu'il est toujours équivalant et jamais complètement équivalve; la forme de chacune de ses valves étant symétrique, on peut le diviser en deux parties égales par une ligne tirée du sommet au milieu du bord de sa coquille.

Trilobites. — Dans les lits de Bala et de Caradoc, les Trilobites atteignent leur maximum, et sont représentés par 111 espèces se rapportant à 23 genres.

Burmeister, dans son ouvrage sur l'organisation des Trilobites, suppose que ces animaux nageaient à la surface des eaux dans les mers ouvertes et près des côtes, se nourrissant d'animalcules marins et ayant la faculté de se rouler en boules pour se protéger contre l'attaque de leurs ennemis. Il pense également qu'ils subissaient diverses transformations, analogues à celles des crustacés vivants. M. Barrande, auteur d'un admirable travail sur les roches Siluriennes de Bohême, a confirmé l'hypothèse de ces métamorphoses par des observations qu'il a faites sur plus de 20 espèces prises à différents âges, depuis la sortie de l'œuf jusqu'à l'état adulte. Il a étudié ces crustacés à partir du moment où ils ne montraient encore ni yeux, ni queue, ni articulations, jusqu'à celui où ils avaient acquis leur forme complète et le nombre entier de leurs segments. Ces changements s'opèrent avant que l'animal ait atteint la dixième partie de son complet développement, ce qui fait que l'on rencontre rarement les échantillons si délicats et si petits de ces divers états. J'ai emprunté à l'ouvrage de M. Barrande quelques figures représentant les métamorphoses du *Trinucleus* commun (figs. 561, 562). En 1870, M. Billings supposa, d'après un spécimen trouvé au Canada, que le Trilobite était pourvu de huit pattes, mais le Professeur Dana, ayant examiné complètement le fossile, fut conduit

à conclure que les organes en question n'étaient pas des pattes, mais qu'ils étaient les arcades à moitié calcifiées dans la membrane de la surface ventrale à laquelle étaient attachés les appendices foliacés ou pattes (1).



Fig. 561. — *Trinucleus concentricus* (*Tornatus*, Barr.), jeunes individus.

a Le plus jeune, grandeur naturelle, et le même grossi; pas d'anneaux encore.

b Un peu plus âgé. Une articulation au thorax.

c Encore plus âgé. Trois articulations au thorax. Les quatrième, cinquième et sixième segments se sont produits successivement, probablement chaque fois que l'animal a changé, par la mue, son enveloppe solide.

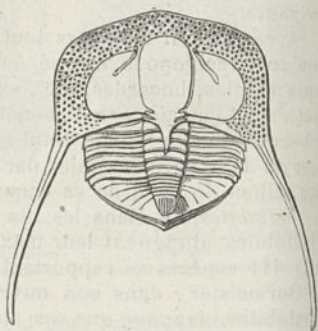


Fig. 562. — *Trinucleus concentricus*, Eaton. Syn., *T. Caractaci*, Murch. Irlande; les Galles; Shropshire; Amérique du Nord; Bohême.

On sait d'une manière positive que les roches très-épaisses, schisteuses et cristallines, des Galles du Sud, ainsi que celles de Snowdon et de Bala dans les Galles du Nord, supposées dans le principe plus anciennes que les grès Siluriens et les mudstones du Shropshire, sont du même âge que la formation de Caradoc et contiennent les mêmes restes organiques. A Bala, dans le Merionetshire, on rencontre un calcaire riche en fossiles, dans lequel on a recueilli deux genres d'asteries, *Protaster* et *Palæaster*. L'échantillon de ce dernier fossile (fig. 563) est presque aussi peu comprimé que s'il venait d'être jeté sur la plage. Outre ces étoiles de mer, ce dépôt a fourni une quantité considérable de ces corps particuliers que l'on a désignés sous le nom de *Cystidées*. Ce sont les *Sphæronites* des anciens auteurs, et ils ont été regardés par le Professeur E. Forbes comme des formes

(1) *Nature*, vol. IV. 1871, p. 152.

intermédiaires entre les Crinoïdes et les Echinodermes. L'*Echinosphærites* ici représenté (fig. 564) est caractéristique des couches de Caradoc dans les Galles, ainsi que des formations équivalentes de Suède et de Russie.

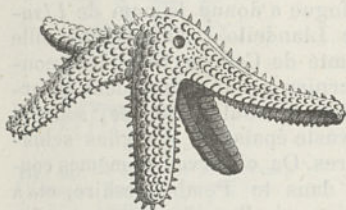


Fig. 563. — *Palæaster asperimus*;
Salt. Caradoc, Welshpool.

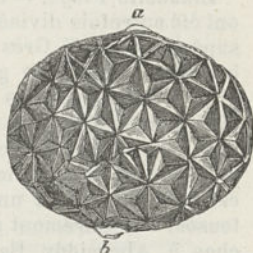


Fig. 564. — *Echinosphærites balticus*, Eichwald (de la famille des *Cystidæ*).
a Bouche. — b Point d'attache de la tige. Silurien Inférieur. Galles du Sud et du Nord.

Avec ce fossile on trouve plusieurs autres genres de la même famille, tels que les *Sphæronites*, *Hemicosmites*, etc. Parmi les mollusques, on cite les Pteropodes du genre *Conularia*, à grandes dimensions (pour le genre, voir fig. 527, p. 592). Cette formation a fourni 11 espèces environ de Graptolites ; on les a trouvées surtout dans certaines localités où abonde le limon noir. Suivie jusque dans l'intérieur de la Galles du Sud et jusqu'en Irlande, la formation perd beaucoup de son aspect minéralogique, tout en conservant ses fossiles caractéristiques. La faune connue du groupe de Bala comprend 565 espèces, dont 352 sont particulières à la formation, et 93 sont communes, ainsi qu'on l'a déjà constaté, aux roches sus-jacentes de Llandovery. Il est à remarquer que lorsque ces couches se présentent sous la forme de tuf trappéen (cendres volcaniques de De la Bèche), sur la crête du Snowdon, par exemple, on peut encore observer les espèces particulières qui les distinguent des lits du Llandeilo. La formation paraît généralement avoir eu son origine dans des eaux peu profondes, et sous ce rapport elle diffère du groupe que nous allons décrire. Le Pro-

fesseur Ramsay estime que les couches de Bala, y compris les roches volcaniques contemporaines, stratifiées ou non stratifiées, peuvent atteindre une épaisseur de 3,050 à 3,650 mètres.

Llandeilo Flags. — Les couches Siluriennes Inférieures ont été autrefois divisées par Sir R. Murchison, en groupe supérieur appelé Grès de Caradoc, déjà décrit, et groupe inférieur, auquel ce géologue a donné le nom de *Llandeilo Flags* (ardoises de Llandeilo), d'après une ville ainsi nommée dans le comté de Caermarthen. Les couches qui composent ce dernier groupe consistent en ardoises argileuses micacées de couleur foncée, souvent calcaires, couvrant une vaste épaisseur d'argiles schisteuses, ordinairement noires. On observe les mêmes couches à Abereiddy Bay, dans le Pembrokeshire, et à Builth, dans le Radnorshire, où elles alternent avec des matières volcaniques.

Une autre partie plus inférieure encore des roches de Llandeilo se compose d'un schiste ardoisier, noir, charbonneux, d'une épaisseur considérable, souvent chargé de sulfate d'alumine, et quelquefois, comme dans le comté de Dumfries, contenant des lits d'anthracite. On a pensé qu'une grande partie de cette matière charbonneuse pouvait être due à une vaste accumulation de débris d'animaux; en réalité, le nombre des Graptolites que contiennent ces couches est certainement considérable.



Fig. 565. — *Didymograpsus* (*Graptolites*) *Murchisonii*, Beck. Llandeilo Flags, Les Galles.

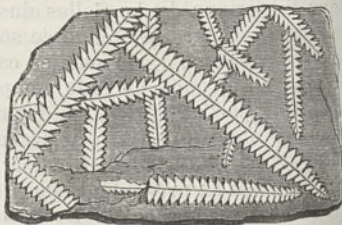


Fig. 566. — *Diplograpsus pristis*, Hisinger, Llandeilo Flags, Waterford.

Dans la Grande-Bretagne, 15 genres et environ 90 espèces de Graptolites se rencontrent dans les Llandeilo Flags et

dans les couches Arenig sous-jacentes. On y remarque les Graptolites doubles, c'est-à-dire à deux rangées de cellules, tels que le *Diplograpsus* (fig. 563).

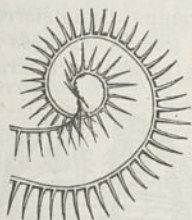


Fig. 567. — *Rastrites peregrinus*, Barrande. Ecosse; Bohême; Saxe. Llandeilo Flags.



Fig. 568. *Diplograpsus folium*, Hisinger. Dumfriesshire; Suède. Llandeilo Flags.

Les Brachiopodes des Llandeilo Flags, au nombre de 47 espèces, ressemblent, en général, à ceux du Grès de Caradoc, mais les autres mollusques de ces couches appartiennent en grande partie à des espèces différentes.

Dans les contrées d'Europe, en Russie et en Suède, par exemple, il n'existe pas dans cette formation de coquilles plus caractéristiques que les *Orthocératites*, ordinairement de grande taille, à siphon très-large et placé sur le côté au lieu de l'être au centre. (Voir fig. 569.)



Fig. 569. — *Orthoceras duplex*, Wahlenberg, Russie et Suède. Tiré de la *Siluria* de Murchison).

a Siphon latéral laissé à nu par l'enlèvement d'une partie de la coquille cloisonnée.

b Continuation du même, vu suivant une coupe transversale de la coquille.

Parmi les autres Céphalopodes de ce groupe, on cite le *Cyrtoceras* (voir p. 636), un *Orthoceras* légèrement courbé avec siphon sur la ligne dorsale, le *Bellerophon* (voir fig. 497, p. 569) et quelques coquilles Pteropodes (*Conularia*, *Theca*, etc.); dans les endroits où le sable abonde,

on a recueilli des bivalves lamellibranches à grandes dimensions. Les Crustacés y sont largement représentés par les Trilobites, qui paraîtraient avoir pullulé dans les mers Siluriennes, comme les crabes et les crevettes dans nos mers actuelles; la faune Silurienne d'Angleterre en a fourni jusqu'à 263 espèces. Les genres *Asaphus* (fig. 570), *Ogygia* (fig. 571) et *Trinucleus* (p. 620), caractérisent



Fig. 570. — *Asaphus Tyrannus*,
Murch. Llandeilo; Bishop's
Castle, etc.

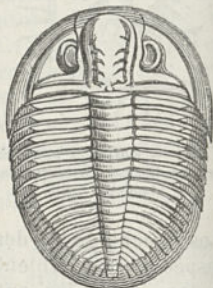


Fig. 571. — *Ogygia Buchii*, Burm.
Syn. *Asaphus Buchii*. Brong.
Builth, Radnorshire, Llandeilo,
Caermarthenshire.

d'une manière tranchée la faune Trilobitique, riche et variée, de cette période.

Au-dessous des schistes ardoisiers noirs du Llandeilo, on trouve encore une grande variété de nombreux Graptolites, et les genres de coquilles et de Trilobites caractéristiques des roches Siluriennes Inférieures peuvent être suivis vers le bas et sur une énorme profondeur, dans le Shropshire, le Cumberland et les Galles du Nord et du Sud, à travers les lits schisteux, alternant avec des roches trappéennes contemporaines de ces couches. Ces formations se composent de tufs et de laves; les tufs sont formés de matières analogues à celles que vomirait le cratère d'un volcan et qui se seraient déposées sur le lit de l'océan, soit d'une manière immédiate, soit après avoir été entraînées de la terre ferme au fond de la mer par l'action des eaux. L'ensemble de ces lits, y compris le Llandeilo Inférieur, atteindrait dans la Galles du Nord, suivant le Professeur Ramsay, une épaisseur de 1,000 mè-

tres, en y comprenant ceux du Llandeilo Inférieur, que nous allons décrire; cet ensemble de couches atteint aussi une très-grande puissance dans le Pembrokeshire des Galles du Sud. Les laves sont feldspathiques et ressemblent aux porphyres par leur structure; elles formeraient, d'après le même auteur, un agrégat de 760 mètres de profondeur.

Groupe Arenig ou des Stiper Stones (*Llandeilo Inférieur de Murchison*). — Immédiatement après, dans l'ordre descendant, et formant la base de la série, viennent les schistes et les grès, dans lesquels on rencontre, dans le Shorpshire, les roches quartzzeuses appelées *Stiper Stones*. Dès le principe, on ne considéra ces *Stiper Stones* que comme des couches quartzzeuses arénacées,

qui ne contenaient aucuns débris fossiles remarquables, à l'exception de fourreaux tubulaires d'annélides (voir fig. 563, *Arenicolites linearis*), qui sont excessivement communs dans le Silurien Inférieur du Shropshire, des Highlands Nord-Ouest d'Ecosse et de l'Etat de New-York, en Amérique. J'ai déjà dit que l'on trouvait ces cavités

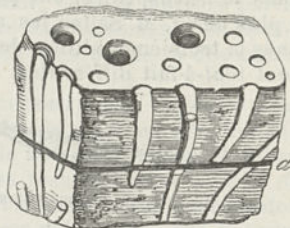


Fig. 572. — *Arenicolites linearis*, Hall. Couches Arenig. Stiper-Stones.
a Ligne de séparation entre les couches ou plans de stratification.

tubulaires par milliers dans les couches quartzzeuses blanches du Silurien Inférieur qui recouvrent en stratification discordante la formation Cambrienne, dans la montagne de Queenaig, Sutherlandshire (voir fig. 82, p. 118). J'en ai vu de semblables, au retrait de la marée, dans les sables du canal de Bristol, près de Minhead, où elles sont formées par certains vers aplatis (lobworms), que les pêcheurs recueillent pour amorcer leurs hameçons. En 1835, lorsque Sir R. Murchison donna le nom de Silurien à toute la série, il considéra les *Stiper Stones* comme formant la base du système Silurien, mais on n'a jamais pu obtenir de faune fossile qui permit seule au géologue de tracer une ligne déterminée entre ce membre de la série et les Llandeilo Flags situés au-dessus, ou les roches si

épaisses que l'on voit au-dessous former les collines du Longmynd et qui ont été appelées *Granvacke non fossilifère*. Le Professeur Sedgwick a décrit, en 1863, des couches reconnues positivement du même âge que ces dernières, et aussi largement développées dans la montagne d'Arenig, Merionethshire; cet auteur étudia en même temps les schistes argileux de Skiddaw, dans le Lake-District du Cumberland, et il les regarda comme appartenant à la même époque, bien que, dans les deux cas, les fossiles obtenus ne permissent pas, vu leur petit nombre, de déterminer exactement les rapports chronologiques des deux formations. Les recherches faites plus tard par MM. Sedgwick et Harkness, dans le Cumberland, et par Sir R. I. Murchison et les ingénieurs du Gouvernement, dans le Shropshire, ont porté le nombre de ces espèces à plus de 60. M. Salter les a examinées, et l'on peut voir dans la troisième édition de *Siluria* (p. 52, 1859), qu'elles sont tout-à-fait différentes de celles des roches susja-



Fig. 573. — *Didymograpsus geminus*, es. Hisinger. Suède.

centes des Llandeilo Flags. Parmi ces fossiles, on cite comme caractéristiques les *Obolella plumbea*, *Æglina binodosa*, *Ogygia Selwynii*, *Didymograpsus geminus* (fig. 573) et *D. Hirundo*.

Cependant, quoique les espèces soient distinctes dans cette formation, les genres y sont, pour la plupart, identiques avec ceux qui caractérisent les roches Siluriennes situées au-dessus, et l'on ne trouve entremêlées dans ces lits aucune des espèces caractéristiques, Cambriennes ou primordiales, dont nous allons justement parler. On peut dire de même pour une rangée de couches qui gisent au-dessous des roches Arenig, dans l'île de Ramsay et en d'autres localités voisines de Saint-David's. Ces lits, ordinairement appelés lits de Tremadoc, et que nous allons décrire, offrent déjà 22 nouvelles espèces, principalement Lamellibranches et Trilobites, que nous ont fait connaître tout récemment les travaux du Docteur

Hicks (1). Il conviendrait donc de regarder ce groupe Arenig, comme formant la base du grand système Silurien, — système qui, par l'épaisseur de ses couches et par les témoignages qu'il contient de modifications dans la vie animale, offre une valeur supérieure aux Devonien, Carbonifère ou autres divisions principales de date primaire ou secondaire.

Il serait hasardeux d'émettre une opinion sur l'origine de ces couches, en se basant simplement sur leur épaisseur, sans tenir compte des fluctuations considérables qui ont eu lieu dans la vie animale entre les époques des Llandeilo et du groupe de Ludlow, surtout en présence de l'énorme accumulation de roches Siluriennes observées dans la Grande-Bretagne et spécialement dans les Galles, roches qui proviennent, pour la majeure partie, de l'action ignée, et non pas exclusivement des dépôts ordinaires de sédiments de rivières ou de la désorganisation de falaises.

Dans les Archipels volcaniques, aux Canaries, par exemple, ne voyons-nous pas les deux causes les plus puissantes connues, l'eau et le feu, simultanément à l'œuvre pour produire d'immenses résultats dans un laps de temps comparativement court? Les coulées incessantes de laves — les pluies de cendres volcaniques sur la terre et les mers — le sable meuble, la poussière de scories, les particules de roches réduites à l'état de cailloux ou de sable, et entraînées à la mer dans des canaux fortement inclinés par les rivières et les torrents — de longues lignes de côtes rongées à leur base par l'action destructive d'un océan profond et ouvert, — toutes ces actions réunies peuvent former des masses considérables de matières, dans un espace de temps qui serait insuffisant pour qu'il se produisît un changement notable dans les espèces. Il doit y avoir néanmoins une limite à l'épaisseur des masses rocheuses, même de celles qui se sont déposées dans des circonstances aussi favorables, car, en jugeant par analogie, nous voyons que les régions tertiaires volcaniques ne fournissent aucun exemple de roches sédimentaires ou ignées, atteignant une puis-

(1) *Trans. Brit. Assoc. 1866. Proc. Liverpool. Geol. Soc. 1863.*

sance de près de 8,000 mètres, sans que la faune ait changé pendant toute la durée de la formation; et encore cette épaisseur n'est-elle pas comparable à celle des roches des Galles qui s'élève jusqu'à 15,000 mètres. Si donc l'observation nous autorise à porter à 7,600 mètres la masse d'un seul système tel que le Silurien, nous pouvons nous attendre à trouver dans la série suivante des roches sous-jacentes un tout autre ensemble d'espèces ou même de genres fossiles. Les faits paraissent confirmer ces prévisions. Je terminerai mon exposé des formations Siluriennes d'Angleterre par le groupe du Llandeilo Inférieur ou d'Arenig, et dirai quelques mots de leurs équivalents étrangers, avant de passer à l'examen de roches plus anciennes que le Silurien.

Couches siluriennes du Continent Européen. —

Sur le Continent Européen, la série Silurienne occupe une large surface, mais elle n'a jusqu'à présent montré une grande épaisseur dans aucun pays. En Norwège et en Suède, par exemple, sa puissance totale atteint à peine 300 mètres, bien que les Siluriens Supérieur et Inférieur d'Angleterre y soient représentés. En Russie, les couches Siluriennes connues jusqu'à ce jour paraissent moins épaisses encore qu'en Scandinavie, et sont constituées principalement par le groupe Llandeilo, ou par un calcaire contenant le *Pentamerus Oblongus*, au-dessous duquel gisent des couches avec fossiles correspondant à ceux du Llandeilo d'Angleterre. La roche la plus inférieure avec débris organiques que l'on ait découverte jusqu'à ce jour est le Grès à *Ungulites* ou Grès Grossier (Grit) à *Obolus* de Saint-Pétersbourg; cette roche est probablement contemporaine des Llandeilo Flags des Galles.

Les schistes et les grits des environs de Saint-Pétersbourg contiennent dans leurs couches sableuses des grains verts, et présentent un état de conservation remarquable, eu égard à leur haute antiquité. Les Brachiopodes dominants sont l'*Obolus* ou Ungulite de Pander que l'on trouve aussi dans le calcaire de Wenlock, et une *Siphonotreta* (fig. 574, 575), commune à la fois aux Silurien Supérieur et Inférieur d'Angleterre.

Parmi les grains verts de ces couches sablonneuses,

M. Ehrenberg a (1854) découvert les débris de foraminifères consistant en moules de cellules ; sur cinq ou six formes, trois, suivant lui, se rapporteraient aux genres *Textularia*, *Rotalia* et *Guttulina*.

COQUILLES DES COUCHES FOSSILIFÈRES LES PLUS INFÉRIEURES
CONNUES DE RUSSIE.



Fig. 574. — *Siphonotreta unguiculata*, Eichwald ; du grès Silurien le plus inférieur, grès à *Obolus* de Saint-Petersbourg.

a Extérieur de la valve perforé.
b Intérieur de la même, montrant la terminaison du canal situé en dedans (Davidson).

Fig. 575. — *Obolus Apollinis*, Eichwald ; de la même localité.

a Intérieur de la valve ventrale ou plus large.
b Extérieur de la valve supérieure ou dorsale (Davidson, *Palæontograph. Monog.*).

Dans l'année 1846, ainsi que je l'ai déjà dit, M. Joachim Barrande, après avoir exploré dix ans la Bohême, et avoir recueilli plus de 1,000 espèces de fossiles, a affirmé qu'il existait dans cette contrée, au-dessous du Devonien, trois faunes distinctes. A la première faune, la plus ancienne de toutes celles que l'on connut dans ce pays, il a donné le nom d'Etage C, ses deux premiers étages A et B, consistant en roches cristallines et métamorphiques, et en schistes dépourvus de fossiles. Il a été prouvé plus tard que cet Etage C, ou zone primordiale, était l'équivalent du Cambrien Supérieur, que nous décrivons dans le chapitre suivant. La seconde faune, Etage D, cadre avec le Silurien Inférieur de Murchison, tel que cet auteur l'a défini à l'origine, lorsqu'on n'avait encore découvert aucuns fossiles au-dessous des Stiper Stones. La troisième faune, Etages EFG, concorde avec le Silurien Supérieur du même auteur. Barrande avait entrepris, sans l'assistance du Gouvernement et avec ses seules ressources, le relèvement géologique de la Bohême ; avant son exploration, on n'avait obtenu, de cette contrée, que 20 fossiles à peine, et lui, en 1850, en avait déjà

retiré jusqu'à 4,100 espèces, savoir : 250 Crustacés (principalement Trilobites), 250 Cephalopodes, 160 Gastéropodes et Pteropodes, 130 Mollusques acephales, 210 Brachiopodes, 110 Coraux et autres fossiles.

Les recherches ultérieures de M. Barrande ont élevé le nombre des espèces Cephalopodes à 970, et celui des Trilobites à près de 400 ; elles ont presque doublé la plupart des autres groupes. Cette faune Silurienne de Bohême renferme une quantité si considérable de cephalopodes, qu'on pourrait vraiment la considérer comme étant l'époque spéciale de ces animaux.

Couches Siluriennes aux États-Unis. — La formation Silurienne peut être avantageusement étudiée dans les États de New-York, de l'Ohio, et autres pays, au Nord et au Sud des grands lacs du Canada. Dans ces contrées, de même qu'en Russie, les couches sont presque horizontales, et se montrent plus riches en fossiles bien conservés qu'en tout autre pays d'Europe. Dans l'État de New-York, où la succession des lits et des fossiles qu'ils contiennent ont été étudiés avec beaucoup de soin par les géologues du Gouvernement, on a adopté les sous-divisions de la première colonne du tableau suivant :

Subdivisions des couches Siluriennes du New-York (couches inférieures au Grès d'Oriskany ou base du Devonien).

NOMS CONSACRÉS DANS LE NEW-YORK.	ÉQUIVALENTS ANGLAIS.
1. Calcaire à Pentamères, supérieur.	} Silurien Supérieur (ou formations de Ludlow et de Wenlock).
2. Calcaire à Encrines.	
3. Calcaire Schisteux à Delthyris.	
4. Calcaire à Pentamères et à Tentaculites.	
5. Groupe de chaux hydratée.	
6. Groupe Salifère d'Onondaga.	
7. Groupe du Niagara.	
8. Groupe de Clinton	} Lits de transition, Groupe de Llandoverly.
9. Grès de Medina.	
10. Conglomérat d'Oneida.	
11. Grès gris.	} Silurien Inférieur (ou formations de Caradoc et de Bala, de Llandeilo et d'Arenig).
12. Groupe d'Hudson River.	
13. Calcaire de Trenton.	
14. Calcaire de Black-River.	
15. Calcaire de Bird's-Eye.	
16. Calcaire de Chazy.	
17. Grès calcifère	

J'ai donné, dans la seconde colonne, les équivalents supposés d'Angleterre. MM. de Verneuil, Sharpe, le Professeur Hall, E. Billings, et tous les paléontologistes Européens ou Américains admettent une correspondance générale très-marquée dans la succession des formes fossiles et même des espèces, depuis les couches supérieures jusqu'aux dernières dans l'ordre descendant; mais il est impossible d'établir le parallélisme pour chaque petite sous-division.

On ne peut douter que le Calcaire de Niagara sur lequel la rivière du même nom se précipite à la grande cascade, et les schistes qui se trouvent au-dessous, ne correspondent au calcaire de Wenlock et au schiste argileux d'Angleterre. Parmi les espèces que l'on trouve dans cette formation, en Amérique et en Europe, on peut citer les *Calymene Blumenbachii*, *Homalonotus delphinocephalus* (fig. 553, p. 613), ainsi que plusieurs autres Trilobites; les *Rhynchonella Wilsoni* (fig. 540, p. 606), *Retzia cuneata*, *Orthis elegantula*, *Pentamerus galeatus*, et différents autres Brachiopodes; l'*Orthoceras annulatum* parmi les coquilles céphalopodes, et le *Favosites gothlandica*, avec d'autres grands coraux.

Le Groupe de Clinton, contenant le *Pentamerus oblongus* et *Stricklandinia*, et se rapprochant bien plus par ses espèces fossiles des couches qui le recouvrent, que de celles qui le supportent, est l'équivalent du Groupe Llandovery ou lits de transition.

Le Groupe d'Hudson River et le Calcaire de Trenton s'accordent paléontologiquement avec le Caradoc ou groupe de Bala, contenant comme eux plusieurs espèces de Trilobites, tels que *Asaphus (Isotelus) gigas*, *Trinucleus concentricus* (fig. 562, p. 620), ainsi que diverses coquilles, *Orthis striatula*, *Orthis biforata* (ou *O. lynx*), *O. porcata* (*O. occidentalis* de Hall) et *Bellerophon bilobatus*. Dans le Calcaire de Trenton se rencontre *Murchisonia gracilis* (fig. 576), fossile également commun aux couches des Llandeilo d'Angleterre.



Fig. 576. — *Murchisonia gracilis*, Hall.
Fossile caractéristique du Calcaire de Trenton. Le genre est commun dans les roches du Silurien inférieur.

Dans son rapport sur les mollusques que j'avais recueillis au sein des couches de l'Amérique du Nord, M. D. Sharpe (1) a conclu que le nombre des espèces communes aux roches Siluriennes des deux côtés de l'Atlantique, varie entre 30 et 40 pour cent. Ce résultat, qu'une étude comparative plus étendue modifiera sans doute dans l'avenir, prouve néanmoins que la plupart des espèces ont une distribution géographique très-étendue. Un nombre comparativement minime de gasteropodes et de bivalves lamellibranches est seulement, paraît-il, susceptible d'identification avec les fossiles d'Europe, tandis que plus des deux cinquièmes des brachiopodes, dont ma collection est principalement composée, ne présentent pas de différences sensibles. On a dit, pour expliquer ces faits, que la plupart des brachiopodes récents (spécialement ceux du type des *Orthis*) vivent dans les eaux profondes, et qu'ils ont dû se répandre sur une plus vaste étendue que les coquilles habitant près des côtes. La prédominance des mollusques bivalves de cette classe particulière a fait donner quelquefois à la période Silurienne le nom *d'âge des brachiopodes*.

Au Canada, de même que dans l'Etat de New-York, le Grès de Postdam git au-dessous des roches calcaires ci-dessus mentionnées, mais il contient une série différente de fossiles, comme on le verra plus tard. On a reconnu des couches Siluriennes sur des points du globe encore plus éloignés de l'Europe, par exemple, dans l'Amérique du Sud, en Australie et dans l'Inde. Partout le facies de la faune, ou les types de la vie organique, permet de reconnaître l'origine contemporaine des roches ; mais les espèces fossiles sont différentes et montrent le peu de fondement de l'ancienne hypothèse qui admettait au sein des *mers primordiales*, la diffusion universelle d'une faune spécifique uniforme ; des provinces géographiques distinctes ont évidemment existé aux temps les plus anciens comme aux plus modernes.

(1) *Quart. Geol. Journ.* vol. VI.

CHAPITRE XXVII

GROUPES CAMBRIEN ET LAURENTIEN.

Classification du Groupe Cambrien, et ses équivalents en Bohême. — Cambrien Supérieur. — Schistes ardoisiers de Tremadoc et leurs fossiles. — *Lingula* Flags. — Cambrien Inférieur. — Lits Meneviens. — Groupe de Longmynd. — Grès grossiers (grits) de Harlech, avec grands Trilobites. — Schistes ardoisiers de Llanberis. — Roches Cambriennes de Bohême. — Zone primordiale de Barrande. — Métamorphoses des Trilobites. — Roches Cambriennes de Suède et de Norwége. — Roches Cambriennes des États-Unis et du Canada. — Grès de Postdam. — Série Huronienne. — Groupe Laurentien, Supérieur et Inférieur. — *Eozoön Canadense*, fossile le plus ancien connu. — Gneiss fondamental d'Écosse.

GROUPE CAMBRIEN.

La publication du *Système Silurien*, faite en 1839, par Sir Roderick Murchison, après cinq ans de travaux, avait si bien établi sur des bases paléontologiques et stratigraphiques, les caractères des roches Siluriennes Supérieures et Inférieures, qu'il était facile de reconnaître et d'identifier ces formations dans toutes les autres parties de l'Europe et dans l'Amérique Septentrionale, même dans les contrées où les fossiles différaient spécifiquement de ceux de la région classique d'Angleterre, où ils avaient été étudiés pour la première fois.

Pendant que Sir R. T. Murchison, en 1833, explorait, dans le Shropshire et sur les confins des Galles, les couches qu'en 1835 il nomma le premier Siluriennes, le Professeur Sedgwick étudiait les roches des Galles du Nord, que ces deux géologues considéraient à cette époque comme étant de date plus ancienne, et pour lesquelles Sedgwick proposa, en 1836, la dénomination de *Cambrien*. Plus tard,

on trouva qu'une grande partie des couches schisteuses des Galles du Nord, que l'on supposait plus anciennes que les lits du Llandeilo et les Stiper-stones, n'occupaient pas en réalité une position inférieure relativement aux couches du Silurien Inférieur de Murchison, mais qu'elles étaient des ondulations prolongées du même système, contenant des fossiles spécifiquement identiques, quoiqu'ils fussent en général plus rares et moins bien conservés dans ce dernier groupe en raison des changements apportés dans les roches par l'action métamorphique. La dénomination de *Cambrien* n'était plus applicable à ces roches, quoiqu'elle continuât d'être attribuée aux couches inférieures à la formation des Stiper-Stones et qui étaient plus anciennes que celles du groupe Silurien Inférieur tel qu'on l'avait défini à l'origine. Ce n'est qu'en 1846, dans les Galles, qu'on trouva des fossiles dans les Lingula Flags; on verra la place de cette formation dans le tableau ci-dessous. Cependant Barrande avait déjà publié l'explication d'une riche collection de fossiles qu'il avait découverts en Bohême; il reconnaissait une partie de cette faune comme correspondant en âge à celle des Siluriens Supérieur et Inférieur de Murchison, et donnait à l'autre, qu'il regardait comme plus ancienne, le nom de *Faune Primordiale*, parce que les fossiles renfermés dans ces roches montraient des caractères suffisamment distincts pour qu'on eût le droit de les rapporter à une autre période plus ancienne. Ils consistaient principalement en Trilobites génériquement différents de ceux que l'on rencontre dans les formations Siluriennes sus-jacentes. On trouva plus tard ces genres particuliers dans des roches occupant une position correspondante dans les Galles, et je continuerai de désigner celles-ci sous le nom de Cambriennes, parce que les découvertes récemment faites en Angleterre semblent introduire la faune première ou type primordial de Barrande, dans des couches même antérieures à toutes les formations fossilifères de Bohême.

Par cette qualification de primordiale donnée à sa faune, M. Barrande avait l'intention d'exprimer son opinion personnelle que les fossiles de ces roches témoignaient de la première apparition des phénomènes vivants sur cette planète, et que, par conséquent, il n'y avait pas lieu de

fourni dans les ardoises de Tremadoc 68 espèces, sur lesquelles 60 sont propres à la formation et 4 passent en haut aux couches supérieures, montrant ainsi entre les formations Siluriennes et Cambriennes une ligne de démarcation plus tranchée qu'aucune de celles qu'on connait dans la série Paléozoïque. Nous avons déjà vu que dans les Sliper Stones ou groupes d'Arenig, où les espèces sont distinctes, les genres concordent avec les types du Silurien ; mais, dans ces ardoises de Tremadoc, où les espèces sont aussi particulières, il existe un mélange à peu près égal des types Siluriens avec ceux que Barrande a désignés sous le nom de *primordiaux*. Il faut dire, à la vérité, que dans notre exploration rétrospective des champs du passé, nous entrons ici dans un nouveau domaine de la vie. Les Trilobites d'espèces nouvelles, mais de genres propres au Silurien Inférieur, appartiennent aux *Ogygia*, *Asaphus* et *Cheirurus* ; ceux qui se rapportent aux types primitifs ou faune primordiale

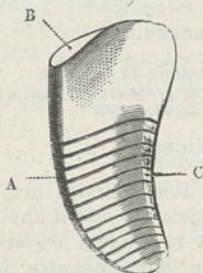


Fig. 577. — *Cyrtoceras precor*,
Silt, Roches du Llandeilo et de Tremadoc.
Galles du Nord.

a Crête dorsale, place du siphon.
b Ouverture. — c Crête ventrale.



Fig. 578. — *Theca*
(*Cleidotheca*) *operculata*,
Lits inférieurs
de Tremadoc. Tremadoc.

de Barrande, aussi bien qu'aux ardoises à Lingules des Galles, comprennent les *Dikelocephalus*, *Conocoryphe* (voir, pour les genres, figs. 587 et 591) (1), *Olenus* et *Angelina*. Le genre *Bellerophon* est représenté dans les ardoi-

(1) Ce nom a été substitué à celui de *Conocephalus* de Barrande ; il exprime le même genre et n'a été changé que parce que les entomologistes en avaient déjà pris possession.

ses de Tremadoc par des fossiles spécifiquement distincts de ceux des mêmes genres du Silurien Inférieur; on trouve aussi dans ces schistes les Pléropodes *Theca* (fig. 578) et *Conularia*, mais on n'y a pas découvert de Graptolites. La *Lingula* (*Lingulella*) *Davisii* est répandue dans toute l'étendue de la formation de la base au sommet, et relie celle-ci avec la zone suivante que nous allons décrire. Les ardoises de Tremadoc sont tout à fait locales et semblent être confinées à une petite partie des Galles du Nord; mais le Docteur Hicks, tout récemment, a découvert et complètement exploré des couches du même âge, au Cap de Saint-David et à l'île Ramsey, dans les Galles du Sud. Il suppose qu'elles reposent en stratification discordante sur les Lingula Flags, et qu'elles passent graduellement à ceux-ci par degrés insensibles (1). On rencontre 12 espèces de Lamellibranches dans les lits de Tremadoc, à l'île de Ramsey, et cette formation est aujourd'hui la plus ancienne connue dans laquelle on les ait trouvées. Deux genres, les *Glyptarca* et *Davidia*, sont nouveaux. Les Echinodermes y sont représentés par une magnifique étoile de mer du genre *Palasterina* et par un Encrinite du genre *Dendocrinus* (2). On n'a pas encore découvert de Céphalopodes plus bas que ce groupe, et l'on n'y connaît que deux espèces particulières, *Cyrtoceras præcox* (fig. 577) et *Orthoceras sericeum*.

Lingula Flags. — Immédiatement au-dessous des ardoises de Tremadoc, dans les Galles du Nord, on rencontre des flagstones (ardoises en dalles) et des ardoises micacées, dans lesquelles M. Davis a recueilli, en 1846, une *Lingula* (*Lingulella*) (fig. 580), nommée ainsi après lui et d'où vient la dénomination d'ardoises à *Lingules* (Lingula Flags). Ces lits, qui sont paléontologiquement les équivalents de la zone primordiale de Barrande, sont représentés par des strates de plus de 1,500 mètres de puissance; ils ont été étudiés principalement aux environs de Dolgelly, Ffestiniog, et Portmadoc, dans les Galles du Nord, ainsi qu'à St-David's, dans les Galles du Sud. Ils ont fourni 35 espèces de fossiles

(1) Hicks, *Proc. of. Geol. Assoc.*, vol. III, n° 3, 1873.

(2) Hicks, *Quart. Geol. Journ.*, vol. XXIX, p. 42.

environ, dont six seulement se rencontrent dans les roches de Tremadoc sus-jacentes; mais les deux formations se trouvent étroitement alliées par plusieurs genres caractéristiquement *primordiaux* qu'elles possèdent en commun. Les formes principales de ces couches sont *Dikelocephalus*, *Olenus* (fig. 581), *Paradoxides*, *Conocoryphe* et *Hymenocaris* (fig. 579), genre de crustacé phyllope entièrement confiné aux Lingula Flags. Suivant M. Belt, qui a consacré beaucoup d'attention à ces lits,



Fig. 579. — *Hymenocaris vermicanda*, Salter. Crustacé Phyllope. Demi-grandeur naturelle.



Fig. 580. — *Lingulella Davisii*, M' Coy. *a* Demi-grandeur naturelle. *b* Tordue par le clivage.



Fig. 581. — *Olenus micrurus*, Salter. Demi-grandeur naturelle.

Lingula Flags de Dolgelly et Ffestiniog; Galles du Nord.

les données paléontologiques permettent déjà de subdiviser les Lingula Flags en trois sections : groupes de Dolgelly, de Ffestiniog et de Maentwrog (1).

Dans le Merionetshire, dit le Professeur Ramsay, les Lingula Flags atteignent leur plus grand développement; dans le Carnarvonshire, ils s'amincissent de manière à perdre les deux tiers de leur épaisseur dans l'espace de 18 kilomètres environ. Dans l'île d'Anglesey et sur les bords du Menai Straits les Lingula Flags et les couches de Tremadoc manquent totalement, et le Silurien inférieur repose directement sur les couches du Cambrien inférieur.

CAMBRIEN INFÉRIEUR.

Lits Meneviens. — Immédiatement au-dessous des Lingula Flags se rencontre une série de flags (ardoises

(1) *Geol. Mag.*, vols. IV et V, 1867 et 1838.

en dalles) et de schistes ardoisiers de couleur noire et gris foncé, qui alternent à la partie supérieure de la formation avec des lits de grès; le tout atteignant une épaisseur de 150 à 180 mètres. Autrefois classés, pour des causes purement lithologiques, comme formant la base des Lingula Flags, ces couches, d'après MM. Hicks et Salter (1), dont les travaux nous ont à peu près appris tout ce que l'on sait de ces fossiles, auraient leurs genres les plus caractéristiques tout à fait inconnus dans les Lingula Flags, et en contiendraient plusieurs, tels que *Microdiscus* et *Paradoxides*, qui caractérisent le groupe sous-jacent du Groupe Longmynd. Ces auteurs ont donc proposé, et selon moi avec juste raison, de placer ces lits au sommet du Cambrien Inférieur, et de les appeler *Meneviens*, de Menevia qui est le nom ancien de St-David's. C'est aux environs de cette localité, dans les Galles du Sud, et près de Dolgelly et Maentwrog, dans les Galles du Nord, que ces couches peuvent être parfaitement étudiées; elles sont les équivalents de l'Étage C de la zone primordiale de Barrande. On y a recueilli 50 espèces, et le groupe est vraiment très-riche en fossiles, relativement à son origine si ancienne. Les Trilobites y sont de fortes dimensions; le *Paradoxides Davidis* (voir fig. 582), le plus grand fossile de ce genre que l'on connaisse en Angleterre, et qui mesure de 58 à 60 centimètres de long, est particulier à ces lits Meneviens. En se reportant au Trilobite Bohémien du même genre (fig. 586, p. 542), le lecteur s'apercevra tout d'abord combien ces fossiles, bien que de dimensions si différentes, se ressemblent entre eux, en Bohême et dans les Galles; il pourra faire la même observation pour d'autres espèces de ces deux régions

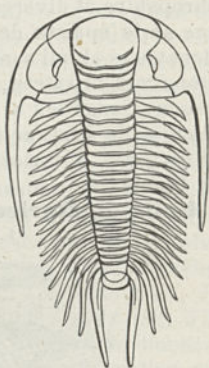


Fig. 582. — *Paradoxides Davidis*, Salter.
Demi-grandeur naturelle;
Lits Meneviens de Saint-David's et Dolgelly.

(1) *British Association* (Rapports, 1863, 1866, 1865) et *Quart. Geol. Journ.*, vol. XXI. XXV.

et remarquer qu'elles y sont étroitement alliées, et même pour la plupart communes. On va voir que la faune Suédoise, dont nous allons parler, se rapproche encore bien plus des Meneviens Gallois. Dans toutes ces contrées, une différence également marquée se trouve exister entre les fossiles Cambriens et ceux des roches Siluriennes Supérieures et Inférieures. Le Trilobite, aux segments les plus nombreux, *Erinnys venulosa*, se trouve ici à côté des genres qui en ont le moins, tels que *Agnotus* et *Microdiscus*. De même, les Trilobites sans yeux se rencontrent avec ceux qui ont ces organes le plus développés, comme, par exemple le *Microdiscus* d'un côté et l'*Anopolenus* de l'autre.

GROUPE DE LONGMYND.

Où rencontre dans les Galles du Nord et du Sud, dans le Shropshire et diverses parties de l'Irlande et de l'Écosse, une série épaisse de couches, plus anciennes que les lits Meneviens et qui sont composées de grès grossiers et conglomérats olivâtres, pourpres, rouges et gris. Le Professeur Sedgwick a désigné cette série sous le nom de Groupe de Longmynd ou de Bangor. Elle comprend : 1^o les grès d'Harlech et de Barmouth; et 2^o les ardoises de Llanberis.

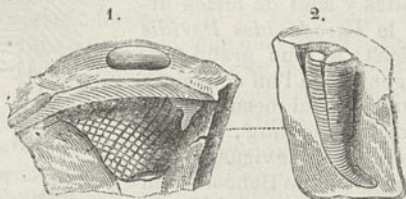
Grits de Harlech et ardoises de Llanberis. —

Fig. 583. — *Histioderma Hibernica* (Kin.). Lits d'Oldhamia. Bray Head, Irlande.

1. Coupe montrant l'ouverture du fourreau et le tube avec ses réseaux ou lignes entrecroisées, produites probablement par un ver de mer ou annélide tentaculé.
2. Extrémité inférieure et recourbée du tube avec cinq lignes transversales.

Les grès de cette période atteignent dans les collines de Longmynd une puissance de 1,800 mètres, sans aucune

interposition de matières volcaniques; et dans certaines parties du Merionetshire elles mesurent une plus grande épaisseur. Jusqu'à ces derniers temps la faune de ces roches avait la réputation d'être très-pauvre.

A l'exception de cinq espèces d'annélides, mises en lumière par M. Salter, dans le Shropshire, et par le Docteur Kinahan à Wicklow, et d'une forme indécise, *Palæopyge Ramsayi*, ces grès passaient pour être dépourvus de restes organiques. Mais voilà qu'aujourd'hui, grâce aux travaux de M. Hicks (1), ces couches ont fourni, à St-David's, une riche faune de Trilobites, Brachiopodes, Phyllopoies et Ptéropodes qui démontre, avec le concours d'autres fossiles, que l'état de l'organisation à cette période reculée était loin d'être aussi bas qu'on le supposait. Les découvertes ont déjà donné 25 espèces se rapportant à 17 genres; sur ce nombre 12 genres et 8 espèces sont communs au groupe Menevien, — « proportion bien supérieure, dit M. Hicks, à celle que l'on observe entre les deux groupes, si dissemblables sous le rapport lithologique et comprenant des couches d'une puissance aussi considérable. »

Le Docteur Hicks a trouvé dans ces grès grossiers de Harlech un nouveau genre de Trilobite, appelé *Plutonia Sedgwickii*; sa grandeur est comparable à celle du *Paradoxides Davidis*, déjà mentionné; il a des yeux parfaitement développés, et est entièrement couvert de tubercules raboteux. On rencontre, dans les mêmes couches, d'autres genres de Trilobites, savoir: *Conocoryphe*, *Paradoxides*, *Microdiscus* et le Ptéropode *Theca* (fig. 578); ils sont tous représentés par des espèces particulières aux grès de Harlech. Les grès de cette formation présentent souvent des ondulations; ils ont été laissés évidemment à sec aux basses eaux, de sorte que leur surface a pu se dessécher au soleil, se contracter, et, par suite, présenter des crevasses. On y remarque aussi des empreintes de gouttes de pluie, analogues à celles que nous avons figurées p. 542. On rencontre des fossiles encore plus anciens dans les schistes Rouges Inférieurs du groupe Harlech de St-David's, qui recouvrent im-

(1) *British Assoc. Report.* 1868.

médiatement les séries de conglomérat et de hornstone. Les formes qu'on a trouvées jusqu'à ce jour sont *Lingulella ferruginea*, *L. Primæva* et *Leperditia primæva*; elles constituent les traces les plus reculées de vie (l'*Eozoön* excepté, que nous allons mentionner) qu'on ait encore trouvées. La masse de 450 mètres d'épaisseur, qui fait suite à cette formation et qui est composée de grès jaunes verdâtres, verts et rouges, n'a fourni aucuns débris organiques.

Les ardoises de Llanberis et de Penrhyn dans le Carnarvonshire, y compris les couches sablonneuses qui les accompagnent, atteignent quelquefois l'épaisseur considérable de 900 mètres. Ces couches ne sont peut-être pas plus anciennes que celles de Harlech et de Barmouth, car elles peuvent bien représenter les dépôts de limon fin du fond de la même mer, sur les bords de laquelle se seraient accumulés les sables ci-dessus mentionnés. En

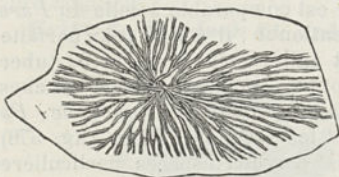


Fig. 584. — *Oldhamia radiata*,
Forbes. Wickow, Irlande.

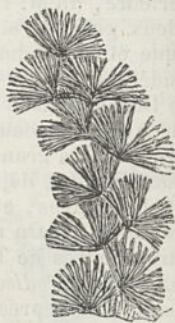


Fig. 585. — *Oldhamia antiqua*.
Forbes. Wicklow, Irlande.

Irlande, à Bray Head, juste en face d'Anglesey et de Carnarvon, quelques-unes de ces roches schisteuses ont fourni deux espèces de zoophytes auxquelles feu le Professeur Forbes a donné le nom d'*Oldhamia*. La nature de ces fossiles est encore sujette à discussions parmi les naturalistes.

Roches Cambriennes de Bohême (*Zone primordiale de Barrande*). — J'ai déjà dit, en traitant des cou-

ches Siluriennes de Bohême, p. 590, que Barrande, dans l'année 1846, avait donné le nom d'Etage C à la faune la plus ancienne qu'il eut découverte dans cette contrée. Il est aujourd'hui prouvé que cet Etage C ou zone primordiale est l'équivalent des subdivisions des groupes Cambriens que nous avons déjà décrits sous les noms de lits Meneviens et de Lingula Flags. Il a trouvé au sein de cette zone, en Bohême, des Trilobites des genres *Paradoxides*, *Conocoryphe*, *Ellipsocephalus*, *Sao*, *Arionellus*,

FOSSILES DES COUCHES FOSSILIFÈRES LES PLUS INFÉRIEURES DE BOHÈME, OU *Zone primordiale* DE BARRANDE.

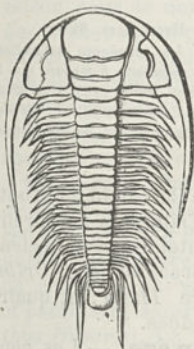


Fig. 586. — *Paradoxides Bohemicus*, Barr. Environ demi-grandeur naturelle.



Fig. 587. — *Conocoryphe striata*. Syn., *Conocephalus striatus*, Emmrich. Demi-grandeur naturelle. Ginetz et Skrey.



Fig. 588. *Agnostus integer*, Beyrich. Grandeur naturelle et grossi.



Fig. 589. — *Agnostus Rex*, Barr. Grandeur naturelle. Skrey.

Hydrocephalus et *Agnostus*. Ces Trilobites primordiaux ont tous, suivant M. Barrande, une physionomie qui leur est propre, et qui dépend de la multiplicité de leurs segments thoraciques, ainsi que de la diminution de leur bouclier caudal ou pygidium.

L'un des Trilobites *primordiaux* ou du Cambrien Supérieur, fossile du genre *Sao*, forme que l'on n'a encore rencontrée jusqu'à présent sur aucun point du globe, a fourni à M. Barrande un magnifique exemple des métamorphoses de ces animaux, qu'il a pu suivre dans plus de

vingt phases successives de leur développement. J'ai représenté, dans les figures ci-dessous, quelques-unes de ces transformations, afin que le lecteur puisse prendre une idée de la manière graduelle dont apparaissaient les différents segments du corps et des yeux.

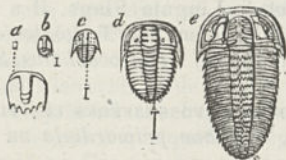


Fig. 590. — *Sao hirsuta*, Barrande : à ses divers âges. Skrey.

Les petites lignes au-dessous des figures indiquent les grandeurs naturelles.

Chez les plus jeunes, *a*, on ne voit encore aucun segment ; à mesure que la métamorphose s'avance, *b*, *c*, les segments du corps commencent à se développer ; à l'âge indiqué en *d*, les yeux apparaissent, mais les sutures faciales ne sont pas achevées ; *e* représente l'animal à l'état complet de développement, moitié grandeur naturelle.

En Bohême, la faune primordiale de Barrande emprunte exclusivement son importance aux Trilobites nombreux et particuliers qu'elle contient. Toutefois, ces anciens schistes ont fourni deux genres de Brachiopodes, *Orthis* et *Orbicula*, un Ptéropode du genre *Theca*, et quatre Echinodermes de la famille des Cystidées.

Cambrien de Suède et de Norwège. — Les couches Cambriennes des Galles sont représentées en Suède, et les fossiles en ont été décrits par un éminent naturaliste, M. Angelin, dans sa *Palæontologica Suecica* (1852-4). Les schistes alunifères, ainsi qu'on les appelle dans le pays, sont des roches argileuses horizontales qui gisent, en stratification concordante, sous certaines couches du Cambrien Inférieur que l'on rencontre dans la montagne Kinnekulle, au sud du grand Lac Wener, en Suède. Ces schistes contiennent des Trilobites appartenant aux genres *Paradoxides*, *Olenus*, *Agnostus* et autres, dont quelques-uns, le dernier mentionné par exemple, présentent des formes rudimentaires, sans yeux et avec les segments du corps peu développés ; chez d'autres, comme les *Paradoxides*, les segments sont excessivement multipliés.

Ces particularités s'accordent avec les caractères des crustacés que l'on rencontre dans les couches Cambriennes des Galles; et le D^r Torrell a récemment découvert, en Suède, le *Paradoxides Hicksii*, fossile bien connu du Cambrien Inférieur.

A la base des couches Cambriennes qui, en Suède, sont parfaitement horizontales aux environs du Lac Wener, se trouvent des grès quartzeux ondulés, avec traces de vers et perforations d'annélides, analogues à celles que l'on voit dans les grès grossiers d'Harlech, faisant partie du groupe de Longmynd. On a supposé que quelques-uns de ces vides avaient été formés par des plantes, mais la chose est fort douteuse. Ces grès ont été désignés en Suède sous le nom de *grès fucoides*. L'épaisseur totale des roches Cambriennes en Suède, à partir des lits équivalents de Tremadoc jusqu'à ces grès fucoides, ne monte pas au-dessus de 90 mètres; les grès en question paraissent correspondre aux couches de Longmynd, et M. Torrell les considère comme étant plus anciennes qu'aucune roche primordiale fossilifère de Bohême.

Cambrien des Etats-Unis et du Canada (*Grès de Postdam*). — Cette formation, ainsi que nous l'apprend Sir W. Logan, a 210 mètres de puissance au Canada; la portion supérieure se compose d'un grès à fucoides, percé de petits trous verticaux qui sont très-caractéristiques et paraissent avoir été produits par des annélides (*Scolithus linearis*). La portion inférieure est un conglomérat avec cailloux roulés de quartz. J'ai visité les grès de Postdam, sur les rives du Saint-Laurent et sur les bords du lac Champlain; dans certaines localités, à Keesville, par exemple, ce grès est quartzeux, à grains fins, passant presque à un vrai quartzite. Il se divise en couches horizontales à surfaces ondulées, tout à fait semblables aux ardoises à lingules (*Lingula Flags*) d'Angleterre, et remplies d'une petite *Obolella* de forme ronde, si abondante, qu'elle divise la roche en plans parallèles, comme les écailles de mica dans certains grès micacés. Parmi les coquilles de cette formation, dans le Wisconsin, on cite des espèces de *Lingula* et d'*Orthis*, et plusieurs trilobites du genre primordial *Dikelocephalus* (fig. 591). Sur les bords du Saint-Laurent, près de Beauharnais et ailleurs, on a

observé à la surface des lits ondulés de nombreuses empreintes de pas fossiles qui seraient dues, suivant le Professeur Owen, à plusieurs espèces d'un animal articulé, probablement voisin du Crabe Royal ou *Limulus*.

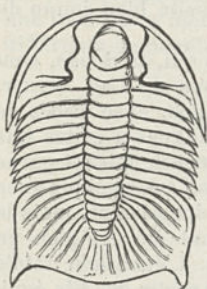


Fig. 591. — *Dikelocephalus Minnesotensis*. Dale Owen. Un tiers de diamètre. Grand crustacé du Groupe *Olenus*. Grès de Postdam. Chutes de Sainte-Croix sur le Mississipi Supérieur.

D'après les investigations récentes des naturalistes du Canada, les grès de Postdam reposent certainement sur des ardoises et des schistes, s'étendant depuis New-York jusqu'à Terre-Neuve, et occupés par une série de trilobites. Ces formes, quoique d'espèces distinctes, ressemblent aux genres fossiles que l'on a trouvés dans les couches du Cambrien Supérieur d'Europe.

Série Huronienne. — Immédiatement au-dessous du Cambrien Supérieur, on rencontre des couches

que Sir W. Logan a désignées sous le nom de série *Huronienne*. Cette série, d'une énorme épaisseur, se compose principalement de quartzite, et de grandes masses d'ardoises chloritiques, de couleur verdâtre, qui renferment quelquefois des galets de roches cristallines, provenant de la formation Laurentienne que nous allons décrire. Bien que les calcaires soient rares dans cette série, on en a reconnu une bande de 90 mètres d'épaisseur, qu'on a pu suivre sur une étendue considérable jusqu'au nord du lac Huron. On y trouve des lits de greenstone intercalés en stratification concordante dans les membres quartzeux et argileux de cette série. Ces couches, d'une épaisseur de 5,500 mètres environ, n'ont encore fourni aucun débris organique; elles reposent en stratification discordante sur les roches Laurentiennes.

GROUPE LAURENTIEN.

L'exploration géologique exécutée sous la direction de Sir W. E. Logan a fait connaître, vers le nord du fleuve

Saint-Laurent, une série énorme de roches cristallines de gneiss, micaschiste, quartzite et calcaire, de plus de 9,000 mètres d'épaisseur; elles ont reçu le nom de Laurentiennes et leur étendue connue jusqu'à présent se déploie déjà sur une surface d'environ 517,776 kilomètres carrés. Ces couches, plus anciennes que le Cambrien fossilifère et que la série Huronienne, ont dû subir de grandes perturbations avant la formation du grès de Postdam et des autres roches *primordiales* ou Cambriennes. Une moitié de ce Laurentien, la partie la plus ancienne, se trouve en position discordante par rapport à la portion plus nouvelle de la même série.

Laurentien Supérieur ou série du Labrador. —

Le Groupe Supérieur, dépassant en épaisseur 3,000 mètres, consiste en roches cristallines stratifiées, dans lesquelles on n'a pas encore trouvé de débris organiques. Ces roches se composent en grande partie de feldspaths, dont la composition varie depuis l'anorthite jusqu'à l'andesine, ou depuis ces sortes de minéraux renfermant moins de un pour cent de potasse et de soude jusqu'à celles qui contiennent plus de sept pour cent de ces alcalis, avec prédominance de la soude. Ces roches feldspathiques forment parfois des masses montagneuses, sans aucun mélange d'autres minéraux; quelquefois aussi, elles renferment du pyroxène qui passe à l'hypersthène, et souvent elles ont une texture granitique. Une des variétés de ces roches est identique au labradorite, roche iridescente du Labrador. Les montagnes Adirondack, dans l'Etat de New-York, appartiennent à la même série, et l'on suppose que la roche hypersthène de Skye, qui ressemble minéralogiquement à cette formation, est peut-être du même âge géologique.

Laurentien inférieur. — Cette série, d'environ 6,000 mètres d'épaisseur, se présente, comme nous l'avons dit, en stratification discordante par rapport à la précédente; elle se compose en grande partie de gneiss de teinte rougeâtre et de feldspath orthoclase; sur quelques points, on rencontre des couches de quartz presque pur, de 120 à 180 mètres d'épaisseur, des lits intercalés de schistes micacés et à hornblende, ainsi que des calcaires ordinairement cristallins. On y a découvert aussi du gra-

phite, et l'on a supposé naturellement que ce carbone pur a pu être d'origine organique avant de subir le métamorphisme.

On a suivi plusieurs de ces calcaires à de grandes distances, et l'un d'eux à une puissance de 250 à 600 mètres. Dans celui qui offrait la masse la plus considérable, Sir W. Logan observa, en 1859, une espèce de corps organique présentant beaucoup de ressemblance avec le fossile Silurien appelé *Stromatopora rugosa*, et qui avait déjà été obtenu, l'année précédente, par M. J. McMuller, au Grand Calumet, sur la rivière Ottawa. En 1864, M. Dawson de Montréal a examiné ce fossile, et, à l'aide du microscope, il a pu en découvrir la structure, qui est celle d'un Rhizopode ou Foraminifère. Le docteur Carpenter et le professeur T. Ruppert Jones ont confirmé depuis cette opinion, en comparant la structure de ce fossile à celle bien connue du nummulite. Cet animal paraîtrait s'être développé par la superposition successive de couches minces, et avoir formé des banes de calcaire, analogues aux polypiers des coraux actuels. Des parties du squelette originel, consistant en carbonate de chaux, sont encore dans un état de parfaite conservation, et certains vides espacés dans le fossile calcaire ont été comblés par de la serpentine et de l'augite blanche. Le docteur Dawson a donné à ces débris organiques, les plus anciens que l'on connaisse, le nom d'*Eozoon Canadense* (fig. 592, 593); leur antiquité est telle que l'espace de temps qui les sépare de l'époque du Cambrien Supérieur ou du Grès de Potsdam serait égal, suivant Sir W. Logan, à celui qui s'est écoulé entre le grès de Potsdam et les calcaires nummulitiques de la période Tertiaire. Les roches Laurentiennes et Huroniennes mesurent ensemble une épaisseur de 15,000 mètres, et le Laurentien Inférieur a subi des perturbations avant le dépôt de la formation plus nouvelle de la même série. On doit s'attendre naturellement à découvrir d'autres preuves de discordance sur plus d'un point, dans une succession aussi considérable de couches.

Le Laurentien Supérieur diffère minéralogiquement, ainsi qu'on l'a vu, du Laurentien Inférieur, et la présence de galets de gneiss dans les conglomérats Huroniens

tendrait à prouver que les couches Laurentiennes étaient déjà dans un état métamorphique, avant qu'elles eussent été brisées à leur partie supérieure pour fournir des ma-

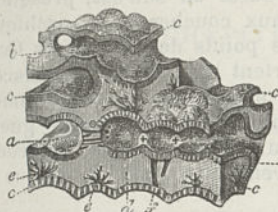


Fig. 592.



Fig. 593.

Fig. 592. — *Eozoon Canadense*, Daw. (puis Carpenter). Corps organique le plus ancien connu.

a Chambres de la rangée inférieure communiquant en $+$ et séparées des chambres adjacentes en \odot par une cloison intermédiaire, traversée par des passages. — *b* Chambres d'une rangée supérieure. — *c* Parois des chambres traversées par de fins tubules. (Ces tubules passent avec un parallélisme uniforme de la surface interne à la surface extérieure, et débouchent à des intervalles régulièrement espacés entre eux.) — *d* Squelette intermédiaire, composé d'une substance coquillière homogène, et traversé par des passages pétreux (*f*) qui réunissent les chambres des deux rangées. — *e* Système de canal dans le squelette intermédiaire, montrant les prolongements sarcoïdiques arborescents. (La figure 593 montre ces corps dépouillés de leur chaux.) — *f* Passages pétreux.

Fig. 593. — Portion de roche naturelle, débarrassée de sa chaux, qui montre le système de canal et les différentes couches; la finesse des plans ne laisse voir qu'une ou deux rangées parallèles. Grandeur naturelle.

tériaux à la série Huronienne. N'eût-on pas même découvert l'Eozoon, qu'on pouvait raisonnablement conclure, par analogie, que, de même que les quartzites avaient été d'abord à l'état de sables, et que le gneiss et le mica-schiste dérivait des grès et des schistes argileux, de même les masses calcaires, de 120 à 300 mètres d'épaisseur, étaient d'origine organique. On croit généralement aujourd'hui que tel a été le cas pour les Calcaires Silurien, Devonien, Carbonifère, Oolithique et Crétacé, ainsi que pour ces roches nummulitiques de date tertiaire qui portent les marques de l'affinité la plus intime avec les bancs d'Eozoon du Laurentien Inférieur. La roche stratifiée la plus ancienne d'Ecosse est celle que Sir R. Murchison a appelée *gneiss fundamental*, roche qui se trouve

dans le nord-ouest du Ross-Shire et dans le Sutherlandshire (voir fig. 82, p. 118) et qui constitue la masse entière de l'île de Lewis, dans les Hébrides. Elle plonge dans la direction du nord-ouest au sud-est, presque à angles droits par rapport aux couches métamorphiques des Grampians. En certains points des Highlands Occidentaux, ces gneiss supportent en stratification discordante le Cambrien Inférieur et diverses roches métamorphiques. Il est très-probable que cet ancien gneiss d'Ecosse est peut-être du même âge que le groupe grand Laurentien que l'on rencontre dans l'Amérique du Nord.

CHAPITRE XXVIII.

ROCHES VOLCANIQUES.

Forme extérieure, structure et origine des montagnes volcaniques. — Cônes et cratères. — Examen de l'hypothèse des *cratères de soulèvement*. — Roches Trappéennes. — Dérivation de ce mot. — Des minéraux les plus abondants dans les roches volcaniques. — Tableau des analyses des minéraux dans les roches volcaniques et hypogènes. — Minéraux semblables dans les météorites. — Théorie de l'isomorphisme. — Roches Basaltiques. — Roches Trachytiques. — Formes spéciales de structure. — Formes colonnaire et globulaire. — Dykes et veines de Trapp. — Couches altérées par les dykes volcaniques. — Conversion de la craie en marbre. — Intrusion de Trapp dans les couches. — Rapports des roches Trappéennes avec les produits des volcans actifs.

J'ai décrit jusqu'à présent les roches aqueuses ou fossilifères; il me reste à traiter de celles qu'on appelle volcaniques, dans le sens le plus large du mot. Supposons que *a a*, dans le dessin ci-dessous, représentent des formations cristallines, granitiques et métamorphi-



Fig. 594. — *a* Formations Hypogènes stratifiées et non stratifiées.
b Formations aqueuses. — *c* Roches volcaniques.

ques, *b b* des couches fossilifères, et *c c* des roches volcaniques. On observera quelquefois ces dernières, comme nous l'avons dit dans le premier chapitre, perçant à travers *a* et *b*; dans quelques cas aussi elles seront superpo-

sées à celles-ci; et accidentellement elles alterneront avec les couches *b b*.

Forme extérieure, structure et origine des montagnes volcaniques. — L'origine des cônes volcaniques à sommets cratériformes a été expliquée dans les *Principes de Géologie* (chap. XXIII à XXVII), où nous avons donné la description du Vésuve, de l'Etna, de Santorin et de l'île Barren. Les parties les plus anciennes de ces montagnes ou îles, formées longtemps avant les temps historiques, montrent, sous le rapport de la structure et de l'aspect extérieur, des caractères absolument semblables à ceux de la plupart des volcans éteints d'une ancienneté encore plus reculée. Ces derniers ont évidemment été le résultat d'une série compliquée d'opérations qui ont varié de nature suivant les circonstances; ainsi, par exemple, l'accumulation des matières a pu se produire au-dessus ou au-dessous du niveau de la mer, la lave sera sortie d'une ou de plusieurs bouches contiguës, et les produits, enfin, de la fusion dans les régions souterraines, auraient pu contenir plus ou moins de silice, d'alumine, de potasse, de soude, de chaux, d'oxyde de fer, etc. Nous connaissons parfaitement les effets des éruptions survenues au-dessus des eaux, c'est-à-dire de celles que l'on désigne sous le nom de subaériennes ou supramarines, et, cependant, les produits même de ces explosions affectent des dispositions si nombreuses que leur interprétation a donné naissance à une foule d'opinions contradictoires dont nous examinerons quelques-unes dans ce chapitre.

Cônes et Cratères. — Dans les régions où l'éruption volcanique s'est faite à ciel ouvert, et dont la surface n'a jamais été, depuis, soumise à aucune dénudation aqueuse de quelque importance, les cônes et les cratères présentent le trait le plus frappant de la classe de formations dont nous traitons ici. On voit plusieurs centaines de cônes dans la France centrale, dans les anciennes provinces de l'Auvergne, du Velay et du Vivarais; ils offrent, pour la plupart, un arrangement linéaire, et forment des chaînes entières de montagnes. Bien qu'aucune éruption n'ait eu lieu dans cette contrée depuis les temps historiques, on peut suivre encore d'une manière

très-distincte les coulées de lave qui, descendues de différents cratères, se sont dirigées vers les vallées voisines. L'origine du cône et du cratère n'est point difficile à expliquer, car de nos jours on en a vu plusieurs tout à fait semblables se produire par les éruptions volcaniques. Une crevasse ou fente s'ouvre d'abord au sein de la terre, et par cette solution de continuité s'échappent bientôt d'énormes quantités de vapeurs et de gaz. Les explosions sont violentes au point de faire éclater la roche dans laquelle s'ouvre l'évent volcanique, et de lancer de l'intérieur des fragments de pierre qui, se heurtant violemment dans les airs, retombent ensuite en atomes sur le sol. En même temps s'élève par la cheminée ou soupirail duquel les gaz s'étaient échappés, une pierre fondue ou *lave*. Quoique extrêmement lourde, cette lave est soulevée par le pouvoir d'expansion des fluides gazeux comprimés dans sa masse, et principalement des vapeurs aqueuses, tout comme on voit de l'eau bouillir à la surface d'un vase lorsque, dans son fond, la vapeur a commencé de se produire par l'action de la chaleur. D'énormes quantités de lave arrivent ainsi à l'air, où elles se séparent en fragments et acquièrent une texture spongieuse par le développement subit des gaz qui s'y trouvaient emprisonnés; elles donnent lieu dès lors à des *scories*; d'autres portions se réduisent à l'état de poudre ou de poussière impalpable. La chute sur le sol, autour de l'orifice d'éruption, des différentes matières rejetées, donne lieu à un monticule conique dans lequel les enveloppes successives de sable et de scories forment des bandes qui plongent suivant toutes les directions, à partir de l'axe central. Cependant un vaste creux, appelé *cratère*, est resté au milieu du monticule, ouvert au passage continuel, ascendant, de la vapeur et des autres fluides gazeux. Quelquefois la lave coule par-dessus les bords de ce cratère; elle augmente ainsi l'épaisseur des parois du cône en même temps qu'elle double leur solidité; mais d'autrefois elle rompt le cône sur un point de sa circonférence (fig. 595) et souvent alors elle coule d'une fissure située au pied du monticule, ou à une certaine distance de sa base.

Quelques géologues ont supposé à tort, d'après les

observations faites sur les cônes récents d'éruption, que la lave qui se solidifie sur des pentes fortement inclinées a toujours une structure scoriacée ou celluleuse, et jamais cette texture pleine qu'offrent les roches vulgairement connues sous le nom de *trappéennes*. Trompés par cette théorie, ils sont allés jusqu'à croire que si la matière fondue coule à l'origine sur une pente de plus de quatre ou cinq degrés, elle n'acquiert jamais en se refroidissant une texture compacte. Conséquents avec eux-mêmes, partout où ils trouvent dans une montagne volcanique des coulées de matière pierreuse, inclinées sous des angles de 5 à 20° ou même de plus de 30, ils se croient autorisés à conclure que ces lits ont été, dans le principe, horizontaux, et, plus tard seulement, amènés à leur forte inclinaison par un soulèvement ultérieur. Les partisans de cette théorie ont donné le nom de *cratères de soulèvement* à ces montagnes en forme de dôme, qui présentent une cavité au centre, et des lits inclinés suivant une pente excentrique allant dans tous les sens, et que l'on désigne sous le nom de plongement *quâquâversal*.



Fig. 593. — Partie de la chaîne de volcans éteints, appelée Monts Dôme, Auvergne. (Scrope.)

Comme feu Leopold von Buch, auteur de ce système, avait choisi l'île de Palma, l'une des Canaries, pour exemple typique de cette forme de montagnes volcaniques, je visitai cette île, en 1854, en compagnie de mon ami M. Hartung, et acquies la conviction qu'elle doit son origine à une série d'éruptions de même nature que celles qui ont formé les petits cônes dont nous avons déjà parlé. Dans quelques montagnes volcaniques les plus anciennes ou Miocènes, telles que les Mont-Dore et du Cantal dans la France du Centre, on rencontre de ces masses en forme de dôme que l'on a prétendu avoir été formées par sou-

lèvement, qu'elles possèdent ou non une grande cavité centrale comme à Palma. Cette cavité, lorsqu'elle existe, est due probablement à une ou plusieurs fortes explosions semblables à celles qui, au temps de Pline, ont détruit une grande partie de l'ancien Vésuve, etc. Des catastrophes analogues ont dû entraîner, dans les âges historiques, la troncature sur une grande échelle de grands cônes à Java et ailleurs (1).

Parmi les objections qui, dans ces cas, me paraissent fatales à la théorie de soulèvement de von Buch, je signalerai l'impossibilité d'admettre que des formations volcaniques, s'étendant, comme à Palma, sur un espace dont le plus petit diamètre mesure 95 à 112 kilomètres, aient pu s'accumuler sous forme de laves, de tufs, de brèches volcaniques ou de conglomérats, sans bientôt donner naissance à une montagne aussi élevée que celles qu'elles forment de nos jours. En supposant même que ces couches fussent d'abord horizontales, qu'elles aient été plus tard soulevées par une force dont la puissance au centre les aurait uniformément inclinées sur tous les côtés, et qu'un cratère central ait été formé par explosion ou par l'agrandissement d'une ouverture médiane, résultant de la continuité interrompue des roches, on devrait s'attendre naturellement à voir les ravins principaux ou vallées s'élargir aux environs de la cavité centrale; il n'en est rien: le bord du grand cratère de Palma et des autres anciens volcans du même genre est entier sur plus des trois quarts de la circonférence totale.

Si l'on voit des dykes dans les précipices qui environnent ces cratères ou cavités centrales, ils attestent certainement l'existence de fentes qui ont été remplies par de la matière liquide. Mais on ne peut rapporter aucune des dislocations qui ont produit ces fentes à la période supposée du soulèvement paroxysmal de la fin; car si le grand cratère central eût existé lorsque ces fissures commencèrent à se former, la matière en fusion aurait, au lieu de s'infiltrer dans ces espaces étroits, coulé dans le bas de la cavité et l'aurait oblitérée jusqu'à un certain point. Si l'on accorde toute l'importance qu'elles mé-

(1) *Principes*, vol. II., pp. 73 et 186.

ritent à la quantité de matière enlevée par la dénudation subaérienne dans les montagnes volcaniques très-anciennes et aux grandes explosions par suite desquelles les cônes ont été tronqués dans les volcans en activité, il n'est nullement nécessaire d'invoquer l'hypothèse extraordinaire des cratères par soulèvement pour expliquer la structure de montagnes telles que Ténériffe, Grande-Canarie, Palma, ou de celles de la France centrale, de l'Etna et du Vésuve, localités que j'ai toutes examinées. Quant à l'Etna, les observations que j'ai faites en 1857 démontrent que les laves modernes, pour la plupart de date connue, ont formé des lits continus de pierre compacte, même sur des pentes de 15, 36 et 38 degrés, et, dans le cas de la lave de 1852, de plus de 40 degrés. L'épaisseur de ces bandes tabulaires varie de 45 centimètres à 8 mètres; en même temps les relations de ces courants de lave avec les roches environnantes, et celles des parties scoriacées et compactes entre elles sont de nature à démontrer que ces produits n'ont pas pu changer d'inclinaison après leur solidification (1).

Nomenclature des roches trappéennes. — Lorsque les géologues commencèrent à examiner attentivement la structure des contrées septentrionales de l'Europe, ils ignoraient presque complètement les phénomènes relatifs aux volcans actuels. Rencontrant certaines roches dépourvues pour la plupart de stratification et d'une composition minérale particulière, ils leur donnèrent différents noms, tels que basalte, greenstone, porphyre, tuff-trapp, et amygdaloïde. A toutes ces roches que l'on avait reconnu appartenir à une même famille, Bergmann appliqua la dénomination de *Trapp*, d'après *trappa* (suédois) qui signifie suite de gradins. Ce nom fut depuis très-généralement adopté dans la nomenclature scientifique; on avait, en effet, observé que plusieurs des roches de cette classe se présentaient en grandes masses tabulaires d'étendue inégale, de manière à former une succession de terrasses ou de gradins.

En se familiarisant peu à peu avec les éjections des volcans en activité, les géologues se convainquirent de

(1) Mémoire sur le Mont Etna, *Phil. Trans.* 1858.

plus en plus que ces produits étaient identiques aux roches trappéennes. Toutes les coulées de lave moderne offrent entre elles quelques différences de caractère et de composition, et sur les points même où l'on n'en peut reconnaître aucune dans les proportions de silice, alumine, chaux, potasse, fer et autres éléments matériels, on remarque que les résultats minéralogiques sont souvent dissemblables, et cela pour des raisons encore inexplicées. De même, la différence qui existe, sous le rapport de la silice contenue, entre deux laves coulant d'une même montagne à deux périodes séparées, est parfois si grande qu'il en résulte des roches pour lesquelles on établit des familles distinctes, malgré toutes les gradations intermédiaires qui peuvent exister entre les deux extrêmes; il arrive même que quelques-unes de ces roches, formant une transition d'une classe à l'autre, soient assez abondantes pour mériter des noms spéciaux. Les roches contenant un excès de silice (de 60 à 80 pour cent) ont été appelées par plusieurs minéralogistes roches *acides*, tandis qu'ils ont désigné sous le nom de *basiques* celles qui renferment au contraire une petite proportion de silice (de 45 à 55 pour cent) et une grande quantité des bases : chaux, potasse, magnésie, oxyde de fer, etc. Toutefois, je ne saurais adopter ces termes, parce qu'ils sont fondés sur des distinctions à propos desquelles les chimistes ne sont pas d'accord. Le mot *acide* a malheureusement une signification toute différente de celle qu'on veut exprimer techniquement, et, d'un autre côté, les mots trachytique (comme synonyme d'acide) et basaltique (comme synonyme de basaltique) me paraissent répondre complètement à l'objet qu'on se propose et bien plus faciles à comprendre par tous les étudiants en géologie. On pourrait multiplier ces espèces à l'infini, mais les dimensions de ce traité élémentaire ne me permettent d'énumérer que les principales, celles sur la composition et la propriété desquelles on est le moins en désaccord.

Minéraux les plus abondants dans les roches volcaniques. — Les minéraux qui forment les éléments principaux de ces roches ignées sont en petit nombre. Immédiatement après le quartz, qui est presque de la silice pure ou de l'acide silicique, les plus importants sont

Analyse des Minéraux qui abondent le plus

(Dans l'avant-dernière colonne de ce tableau, les lettres employées signifient :
perte que fasse le minéral, lorsqu'il

	Silice.	Alumine.	Sesquioxyde de fer.
GROUPE DU QUARTZ.			
<i>Quartz</i>	100.00	. . . . .	. . . . .
<i>Tridymite</i>	100.00	. . . . .	. . . . .
GROUPE DU FELDSPATH.			
<i>Orthoclase</i> . Carlsbad, dans le granite (Bulk)	65.23	18.26	0.27
— Sanidine, dans le trachyte de Drachenfels (Rammels- berg)	65.87	18.53	. . . . .
<i>Albite</i> . Arendal, dans le granite (G. Rose)	68.46	19.30	. . . . .
<i>Oligoclase</i> . Ytterby, dans le granite (Ber- zélius)	61.55	23.80	. . . . .
— Ténériffe, dans le trachyte (Deville)	61.55	22.03	. . . . .
<i>Labradorite</i> . Hitteroe, dans la Roche Labrador (Waaze)	51.39	29.42	2.90
— Islande, dans la roche vol- canique (Damour)	52.17	29.22	1.90
<i>Anorthite</i> . Harzburg, dans le diorite (Streng)	45.37	34.81	0.59
— Hécla, dans la roche volca- nique (Waltershausen)	45.14	32.10	2.03
<i>Leucite</i> . Vésuve, 1811, dans la lave (Rammelsberg)	56.10	23.22	. . . . .
<i>Nepheline</i> . Miask, dans la miascite (Sheerer)	44.30	33.25	0.82
— Vésuve, dans la roche vol- canique (Arfvedson)	44.11	33.73	. . . . .

dans les Roches Volcaniques et Hypogènes.

F, Fluorine ; Li, Lithium ; E, Eau. Dans la plupart des cas, l'eau est la seule est soumis à l'action de la chaleur.)

Protoxyde de fer et manganèse.	Chaux.	Magnésie.	Potasse.	Soude.	Éléments divers.	Poids spécifique.
.....	.....	.....	.....	.....	.....	2.6
.....	.....	.....	.....	.....	.....	2.3
.....	trace.	.....	14.66	1.45	.....	} 2.55
.....	0.95	0.39	10.32	3.42	E. 0.44	
0.28	0.68	.....	.....	11.27	.....	2.61
.....	3.18	0.80	0.38	9.67	.....	2.65
.....	2.81	0.47	3.44	7.74	.....	2.59
.....	9.44	0.37	1.10	5.63	E. 0.71	2.72
.....	13.11	.....	.....	3.40	.....	2.71
.....	16.52	0.83	0.40	1.45	E. 0.87	} 2.74
0.78	18.32	.....	0.22	1.06	.....
.....	.....	.....	20.59	0.57	.....	2.48
.....	0.32	0.07	5.82	16.02	.....	2.59
.....	.....	.....	.....	20.46	E. 0.62	2.60

	Silice.	Alumine.	Sesquioxyde de fer.
GROUPE DU MICA.			
<i>Muscovite</i> . Finlande, dans le granite (Rose)	46.36	36.80	4.53
<i>Lepidolite</i> . Cornouailles, dans le granite (Regnault)	52.40	26.80	. . . . .
<i>Biotite</i> . Bodennais (V. Kobell)	40.86	15.13	13.00
— Vésuve, dans les roches volcaniques (Chodnef) . .	40.91	17.71	11.02
<i>Phlogopite</i> . New-York, dans le calcaire métamorphique (Rammelsberg)	41.96	13.47	. . . . .
<i>Margarite</i> . Naxos (Smith)	30.02	49.52	1.65
<i>Chlorite</i> . Dauphiné (Marignac)	26.88	17.52	29.76
<i>Ripidolite</i> . Pyrénées (Delesse)	32.10	18.50	. . . . .
<i>Talc</i> . Zillerthal (Delesse)	63.00	. . . . .	. . . . .
GROUPE DE L'AMPHIBOLE ET DU PYROXÈNE.			
<i>Tremolite</i> . Saint-Gothard (Rammelsberg).	58.55	. . . . .	. . . . .
<i>Actinolite</i> . Arendal, dans le granite (Rammelsberg)	56.77	0.97	. . . . .
<i>Hornblende</i> . Faymont, dans le diorite (Deville)	41.99	11.66	. . . . .
— Etna, dans les roches volcaniques (Waltershausen)	40.91	13.68	. . . . .
<i>Ouralite</i> . Oural (Rammelsberg)	50.75	5.65	. . . . .
<i>Augite</i> . Bohême, dans la dolérite (Rammelsberg)	51.12	3.38	0.95
— Vésuve, dans la lave de 1858 (Rammelsberg) . . .	49.61	4.42	. . . . .
<i>Diallage</i> . Harz, dans le Gabbro (Rammelsberg)	52.00	3.10	. . . . .
<i>Hypersthène</i> . Labrador, dans la Roche Labrador (Damour)	51.36	0.37	. . . . .
<i>Bronzite</i> . Groenland (V. Kobell)	58.00	1.33	11.14
<i>Olivine</i> . Carlsbad, dans le basalte (Rammelsberg)	39.34	. . . . .	. . . . .
— Monte-Somma, dans les roches volcaniques (Walmstedt)	40.08	0.18	. . . . .

Protoxyde de fer et manganèse.	Chaux.	Magnésie	Potasse.	Soude.	Éléments divers.	Poids spécifique.
.....	.....	.....	9.22	.....	F. 0.67 E. 1.84	2.90
1.50	.....	.....	9.14	.....	F. 4.18 Li. 4.85	2.90
.....	.....	22.00	8.83	.....	E. 0.44	2.70
.....	0.30	19.04	9.96	.....	.....	2.75
2.67	0.34	27.12	9.37	.....	F. 2.93 E. 0.60	2.81
.....	10.82	0.48	4.25	.....	E. 5.55	2.99
.....	.....	13.84	.....	.....	E. 11.33	2.87
0.06	.....	36.70	.....	.....	E. 12.10	2.61
trace.	.....	33.60	.....	.....	E. 3.40	2.68
.....	13.90	26.63	.....	.....	F.E. 0.34	2.93
5.88	13.56	21.48	.....	.....	E. 2.20	3.02
22.22	9.55	12.59	.....	1.02	E. 1.47	3.20
17.49	13.44	13.19	.....	.....	E. 0.85	3.21
17.27	11.59	12.28	.....	.....	E. 1.80	3.14
8.08	23.54	12.82	.....	.....	.....	3.36
9.08	22.83	14.22	.....	.....	.....	3.25
9.36	16.29	18.51	.....	.....	E. 1.10	3.23
22.59	3.09	21.31	.....	.....	.....	3.39
.....	.....	29.66	.....	.....	.....	3.20
14.85	.....	45.81	.....	.....	.....	3.40
15.74	.....	44.22	.....	.....	.....	3.33

ces silicates que l'on a classés communément sous les divers titres de feldspath, mica, hornblende ou augite, et olivine. Le tableau ci-dessus que j'ai dressé avec la collaboration si précieuse de M. David Forbes, montre l'analyse chimique et les variétés de ces minéraux. Il renferme, en outre, le poids spécifique des différentes espèces minéralogiques, dont nous expliquerons plus tard (p. 668) l'application géologique, lorsque nous nous occuperons de déterminer les roches que forment ces minéraux.

On remarquera qu'on a omis dans ce tableau plusieurs minéraux qui, bien que très-communs, sont considérés plutôt comme éléments accessoires qu'essentiels des roches dans lesquelles on les rencontre (1). On peut citer, par exemple, le Grenat, l'Epidote, la Tourmaline, l'Idocrase, l'Andalusite, la Scapolite, les divers Zéolithes et plusieurs autres Silicates un peu moins fréquents. On trouve aussi comme constituants normaux de plusieurs roches ignées, quoique relativement en petite proportion, la Magnétite, la Titanoferrite, les pyrites de Fer et l'Apapite ou phosphate de chaux. Les autres sels de chaux, y compris le carbonate de cette roche ou calcite, se présentent assez souvent, mais ils sont invariablement les produits d'une action chimique secondaire.

Les Zéolithes, minéraux que nous venons de mentionner, et que l'on appelle ainsi parce qu'ils bouillonnent au chalumeau et passent à l'état vitreux par la fusion, diffèrent, par leur composition chimique, de tous les autres éléments minéralogiques des roches volcaniques, en ce qu'ils sont des silicates hydratés qui contiennent de 10 à 25 pour cent d'eau. Ils abondent dans quelques roches trappéennes et laves anciennes, où ils comblent les cavités celluleuses et les interstices disséminés dans la masse rocheuse; on les trouve rarement, même en petite quantité, dans les laves récentes, et ils sont considérés le plus souvent comme des produits secondaires, fournis par l'action de l'eau sur les autres composants des roches. Parmi les zéolithes, on peut citer, comme se rencontrant le plus fréquemment, les espèces Analcime, Stilbite, Natrolite et Chabazite.

(1) Voir, pour les analyses de ces minéraux, les ouvrages de minéralogie de Dana et Bristow.

Groupe du quartz. — Le microscope a démontré que le quartz pur existe dans les laves bien plus souvent qu'on ne l'avait d'abord supposé. On a prétendu que le quartz du granite, ayant un poids spécifique de 2.6, n'était pas d'origine purement ignée, parce que la silice obtenue par fusion dans le laboratoire n'offre qu'une pesanteur spécifique de 2.3. Mais M. David Forbes a constaté que le quartz existant à l'état libre dans les trachytes reconnues pour avoir coulé comme la lave, possède le même poids spécifique que le quartz ordinaire du granite; de plus, les recherches récentes de Von Rath et autres minéralogistes prouvent que la Tridymite, qui n'est que de la silice cristallisée du poids spécifique de 2.3 (voir tableau, p. 658) est très-fréquente dans les roches volcaniques de Mexico, d'Auvergne, du Rhin et d'autres localités, bien qu'on ne s'y soit pas aperçu de sa présence jusqu'à ce jour.

Groupe du Feldspath. — Dans ce groupe (tableau p. 658) les cinq espèces minéralogiques que l'on rencontre le plus ordinairement dans la composition élémentaire des roches sont : 1° l'Orthoclase, appelé aussi feldspath commun ou potassique; 2° l'Albite ou feldspath sodique, minéral qui joue un rôle bien inférieur à celui qu'on lui avait d'abord attribué, parce qu'on avait trop souvent appliqué cette dénomination à ce qu'on a reconnu depuis être de l'Oligoclase; 3° l'Oligoclase ou feldspath sodique calcaire, qui contient plus de soude que de chaux, et dont le minéral andesite ou andesine est considéré comme une variété; 4° la Labradorite ou feldspath calcaire sodique qui, au contraire de l'oligoclase, renferme plus de chaux que de soude; 5° l'Anorthite ou feldspath calcaire. Ces deux dernières espèces de feldspath se rencontrent rarement dans la composition des roches contenant du quartz.

Par l'emploi de ces expressions, feldspath potassique, feldspath sodique, etc., on a seulement pour but, il ne faut pas l'oublier, de fixer l'attention sur l'alcali ou terre alcalisée qui prédomine dans le minéral, et l'on ne se propose pas d'affirmer l'absence des autres éléments que l'on y rencontre le plus souvent en petite proportion. Ainsi, le feldspath potassique (Orthoclase) contient pres-

que toujours un peu de soude, et souvent des traces de chaux et de magnésie; il en est de même pour les autres minéraux. Les qualifications de *vitreux* et *compacte* données au feldspath s'appliquent seulement à la structure de ces corps, et non à leur composition ou à leurs caractères spécifiques; et l'étudiant doit s'attendre à trouver l'un quelconque de ces feldspaths dans l'une ou l'autre de ces conditions, car l'état vitreux paraît provenir d'un refroidissement rapide, et l'état compacte de conditions défavorables à la cristallisation. On remarque aussi très-communément que ce feldspath appelé compacte est un mélange de plusieurs espèces feldspathiques et qu'il renferme souvent du quartz et d'autres matières minérales étrangères qu'on ne peut découvrir qu'à l'aide du microscope. Lorsqu'on examine les feldspaths dans les roches, il est également indispensable de bien faire attention au changement d'éclat et de couleur, résultats d'une décomposition commençante à laquelle toutes les variétés sont plus ou moins sujettes.

Les feldspaths rangés suivant leur système de cristallisation sont *monocliniques*, c'est-à-dire avec un axe incliné obliquement, ou *tricliniques*, c'est-à-dire avec trois axes affectant tous une inclinaison oblique les uns par rapport aux autres. Rangés selon leur clivage, ces mêmes minéraux sont dits *orthoclastiques*, lorsque leur fracture se fait toujours à angle droit, ou *plagioclastiques*, lorsque les clivages sont obliques les uns par rapport aux autres. L'Orthoclase est orthoclastique et monoclinique; tous les autres feldspaths sont plagioclastiques et tricliniques. On reconnaît souvent le dernier groupe à la présence de cinq stries parallèles, produites par la jonction imparfaite des cristaux, au point où ils se confondent l'un dans l'autre.

Minéraux dans les météorites. — Il a été démontré par Rammelsberg que la variété du groupe feldspathique, connue sous le nom d'Anorthite, existe dans la pierre météorique; et l'analyse de ce minéral a prouvé qu'il est presque identique par ses proportions chimiques à celui de même nature que l'on trouve dans les laves des volcans modernes. De même, la Bronzite (Enstatite) et l'Olivine contenues dans les météorites se montrent, par

l'analyse, tout à fait proches de ces espèces minérales dans les roches ordinaires.

Groupe du Mica. — Quant aux micas, les quatre espèces principales (tableau p. 660) contiennent toutes de la potasse dans la même proportion, mais elles diffèrent beaucoup entre elles sous le rapport de la quantité et de la nature de leurs autres éléments. La Muscovite est souvent désignée sous le nom de mica commun ou potassique; la Lepidolite est caractérisée par un supplément de lithium; la Biotite renferme une grande proportion de magnésie et d'oxyde de fer; et enfin la Phlogopite contient beaucoup plus de la première substance. La Muscovite ou la Lepidolite sont très-communes dans les roches quartzieuses. L'espèce mica, très-fréquente dans les roches volcaniques récentes, gabbros et diorites, est ordinairement de la Biotite, tandis que l'espèce si commune dans les calcaires métamorphiques est le plus souvent, sinon toujours, de la Phlogopite.

Groupe de l'Amphibole et du Pyroxène. — Les minéraux qui forment dans le tableau le groupe de l'Amphibole et du Pyroxène diffèrent un peu entre eux par leurs formes cristallines, quoiqu'ils appartiennent tous au système monoclinique. Le terme Amphibole est un nom général que l'on donne à toutes les diverses variétés des Hornblende, Actinolite, Tremolite, etc., tandis qu'on peut comprendre sous la désignation de Pyroxène les Augite, Malacolite, Sahlite, Diopside, Hypersthène, Bronzite, etc. Les deux divisions se relient tellement entre elles par leurs caractères cristallographiques et leur composition chimique et elles se fondent si complètement l'une et l'autre dans l'Ouralite (voir p. 660) qu'il est peut-être préférable de les réunir dans un seul et même groupe.

Théorie de l'isomorphisme. — L'histoire des changements successifs d'opinion relativement à l'isomorphisme est vraiment curieuse et instructive. Werner distingua le premier l'augite du hornblende, et la séparation qu'il en proposa obtint plus tard la sanction de Haüy, Mohs et autres célèbres minéralogistes. Il fut constaté que la forme des cristaux différait dans les deux espèces, de même que la structure indiquée par le *clivage*, c'est-à-dire par cette sorte d'opération qui consiste à diviser le

minéral à l'aide d'un ciseau, ou par le choc d'un marteau, dans la direction suivant laquelle il cède le plus facilement. L'analyse prouva aussi que l'augite contenait habituellement plus de chaux, moins d'alumine, et pas du tout d'acide fluorique; ce dernier principe, quoiqu'on ne le trouve pas toujours dans le hornblende, entre cependant souvent, en quantité minime, dans sa composition. Ajoutons à ces caractères l'observation d'un fait géologique particulier : c'est que les deux substances, l'augite et l'hornblende, sont très-rarement associées dans la même roche; l'augite se trouve dans les roches telles que la Dolerite et le Basalte, qui renferment très-peu de silice, et l'hornblende se rencontre dans celles où la silice est en excès comme dans le Granite et la Syenite. On a remarqué aussi que, dans les scories cristallines des hauts-fourneaux, les formes augitiques sont fréquentes, tandis que celles du hornblende manquent totalement; d'après cette circonstance on a pensé que le hornblende a pu résulter d'un refroidissement lent, et l'augite d'un refroidissement rapide. Cette manière de voir a été confirmée par un fait : Mitscherlich et Berthier sont parvenus à produire artificiellement de l'augite, mais n'ont jamais pu parvenir à faire du hornblende. Récemment, Gustave Rose a fondu une masse de hornblende dans un fourneau en porcelaine, et a trouvé qu'en se refroidissant ce minéral ne reprenait pas sa forme première, mais prenait invariablement celle de l'augite. Le même minéralogiste a observé dans les roches de Sibérie certains cristaux d'Ouralite (voir le tableau p. 660), qui présentaient le clivage et la composition chimique du hornblende, tandis qu'ils avaient la forme extérieure de l'augite.

Si, d'après de tels faits, on est en droit de conclure que la même substance peut prendre indifféremment la forme cristalline du hornblende ou celle de l'augite, suivant le refroidissement plus ou moins rapide de la masse fondue, il est certain, d'autre part, que la variété communément appelée augite et qui se reconnaît à une forme cristalline particulière, contient d'ordinaire plus de chaux et moins d'alumine que le hornblende proprement dit, bien que les quantités de ces éléments ne pa-

raissent pas toujours être les mêmes. Sans aucun doute, les faits et les expériences que nous avons relatés ci-dessus, démontrent la très-étroite parenté du hornblende et de l'augite; mais cependant la convertibilité d'une espèce en l'autre par la fusion et par une nouvelle cristallisation ne saurait peut-être prouver leur identité absolue. En effet, souvent il existe au sein d'un cristal quelques portions qui ne sont point en combinaison chimique avec le reste. Par exemple, le carbonate de chaux a quelquefois entraîné une quantité considérable de silice sous la forme cristalline qui lui est propre; la silice s'y trouvait mécaniquement mêlée à l'état de sable, et cependant elle n'a pas empêché le carbonate de chaux de cristalliser suivant son système. Ceci est un cas extrême; mais en maintes autres circonstances, un ou plusieurs des ingrédients du cristal ont été exclus de l'union chimique parfaite; et, après fusion, lorsque la masse se cristallise de nouveau, les mêmes éléments ont pu très-bien se combiner dans des proportions semblables ou différentes, et ainsi produire un minéral nouveau; ou bien l'un des principes gazeux de l'atmosphère, l'oxygène par exemple, s'est uni avec un ou plusieurs des éléments composants, avant que la matière ait passé de l'état de fusion à l'état solide.

Les quantités variables d'impuretés ou matières étrangères dont nous venons de parler, et qui peuvent se rencontrer dans tous les échantillons, excepté dans les cristaux les plus transparents et les plus parfaits, expliquent en partie les désaccords que présentent les résultats obtenus par les chimistes, même les plus exercés, dans l'analyse d'un même minéral. Des cristaux déclarés d'abord appartenir à une seule espèce, d'après les caractères physiques, la forme cristalline et les propriétés optiques, ont été souvent reconnus par d'habiles expérimentateurs comme composés d'éléments distincts. Ce désaccord parut, dans le principe, devoir renverser toute la théorie atomique, c'est-à-dire la doctrine qui admet une relation fixe et constante entre la forme cristalline, ou structure du minéral, et sa composition chimique. Toutefois, l'anomalie apparente qui menaçait de jeter la con-

fusion dans l'ensemble de la science minéralogique, ne tarda pas à se dissiper devant des principes fixes, au moyen des découvertes faites par le professeur Mitscherlich, de Berlin. Ce savant avança que la composition des minéraux, qui avait d'abord paru si variable, était gouvernée par une loi générale à laquelle il donna le nom d'*isomorphisme* (de ἴσος, *isos*, égal, et μορφή, *morphé*, forme). D'après cette loi, les éléments d'une espèce minérale donnée ne sont pas absolument et toujours de la même nature et de la même qualité; mais l'un d'eux peut être remplacé par une portion équivalente d'un autre analogue. C'est ainsi que, dans l'augite, en place d'une partie de la chaux se trouve quelquefois du protoxyde de fer ou du manganèse, sans que néanmoins la forme du cristal et l'angle de ses plans de clivage subissent le moindre changement. Ces substitutions corrélatives d'éléments particuliers ne sauraient toutefois dépasser certaines limites.

Roches Basaltiques. — Les deux principales familles de roches trappéennes ou volcaniques sont les basaltes et les trachytes, qui diffèrent entre eux par la quantité de silice qu'ils contiennent respectivement. Les roches basaltiques sont comparativement pauvres en silice, car elles renferment moins de 55 pour cent de ce minéral, qui ne s'y trouve aucunement à l'état pur ou de quartz libre, en dehors du reste de la gangue. Les basaltes renferment plus de chaux et de magnésie que les trachytes; de sorte qu'ils sont plus lourds que ces derniers, indépendamment des oxydes de fer qui s'y trouvent fréquemment et forment quelquefois plus du quart de la masse totale. Abich a donc conseillé de peser ces roches pour apprécier leur composition, dans les cas où il est impossible d'isoler leurs minéraux constituants. Ainsi, le basalte de Staffa, qui contient 47,80 pour cent de silice, a pour pesanteur spécifique 2,95; tandis que le trachyte, qui recèle 66 pour cent de silice ne pèse spécifiquement que 2,68; le trachyte porphyrique contenant 69 pour cent de silice ne pèserait que 2,58. Si donc on choisit une roche de composition intermédiaire, par exemple, la plus abondante au Pic de Ténériffe qu'Abich appelle Trachyte-dolerite, sa teneur en silice étant intermédiaire, c'est-à-dire

de 58 pour cent, elle pèsera 2,78, ou, par conséquent, plus que le trachyte et moins que le basalte (1).

Basalte. — Les différentes variétés de cette roche se distinguent par les noms de basaltes, anamesites et dolerites; dénominations qui ne servent, toutefois, qu'à désigner des différences de texture sans signifier qu'il en existe une quelconque sous le rapport de la composition minérale ou chimique. Le terme *basalte* n'est employé que lorsque la roche est compacte, amorphe, semi-vitreuse, et qu'elle se brise avec une cassure conchoïde parfaite; lorsqu'elle se présente avec une texture uniformément cristalline, quoique à grains très-serrés, on lui donne le nom d'*Anamesite* de ἀνάμεσος intermédiaire; et si elle offre une cristallisation assez grossière pour qu'on puisse en reconnaître à l'œil les divers éléments constituants, on l'appelle *Dolerite* (de δολέρος, trompeur) par allusion à la difficulté qu'on a pour la distinguer de certaines roches connues comme plutoniques. Le mot *Tachylite* a été appliqué au basalte qui a pris l'aspect du verre volcanique et qui ne se distingue de l'obsidienne que par une grande densité et plus de douceur.

Le *Melaphyre* est souvent impossible à distinguer du basalte par son apparence extérieure, car, quoiqu'il soit rarement aussi pesant, aussi compacte ou aussi foncé que celui-ci, il peut offrir parfois toutes ces variétés de texture. Ces deux roches se composent de feldspath triclinaire, avec plus ou moins d'olivine, d'oxyde de fer magnétique ou titanifère, et d'une petite proportion de nepheline, de leucite et d'apatite; le basalte contient ordinairement beaucoup plus d'olivine que le mélaphyre; mais ces deux roches se ressemblent fortement par leur composition chimique, bien que les mélaphyres renferment habituellement plus de silice et d'alumine, avec moins d'oxyde de fer, de chaux et de magnésie, que les basaltes. Le terme *Mélaphyre*, quoique très-connu par l'emploi qu'en ont fait quelques auteurs, présente une signification très-vague, et n'a qu'une mince valeur scientifique. Plusieurs de ces dits *Mélaphyres* ne sont en réalité que de purs basaltes qui ont été quelquefois altérés plus tard par l'action chimique.

(1) Dr Daubeny, *On Volcanos*, 2^e édit., pages 14 et 15.

Greenstone. — Ce nom a été généralement donné à tout mélange grenu, composé de hornblende et de feldspath, ou d'augite et de feldspath. La dénomination de *Roche-Labrador* s'applique à un composé de labradorite ou feldspath-labrador et d'hypersthène ; quand l'hypersthène prédomine dans la roche, elle prend le nom de *Roche-Hypersthène*, *Hypersthénite* ou *Hyperite*. Le *Diorite*, le *Gabbro* et la *Diabase* sont des roches très-cristallines qui servent à relier les formations volcaniques avec les formations plutoniques, nous en parlerons donc dans le chapitre XXXI.

Roches Trachytiques. — Le nom de trachyte, dérivé de *τραχύς*, grossier, a d'abord été donné à une roche feldspathique grossièrement grenue, rugueuse et âpre au toucher. Dans la suite, le mot a été appliqué à d'autres roches telles que les clinkstone et obsidienne, qui ont la même composition minérale, mais il ne l'a pas été dans le sens primitif, à cause des différences de structure que montraient ces corps. Les variétés de feldspath qu'on rencontre dans les roches Trachytiques sont invariablement celles qui contiennent les plus grandes proportions de silice, c'est-à-dire de 60 à 70 pour cent de ce minéral. Dans la pâte sont habituellement disséminés des cristaux de feldspath vitreux, de mica, et quelquefois de hornblende. Quoique le quartz ne soit pas un élément nécessaire de cette roche, on l'y rencontre très-souvent, et les trachytes quartzeux se montrent largement développés dans un grand nombre de districts volcaniques. Sous ce rapport, les trachytes diffèrent entièrement des membres de la famille Basaltique et se rapprochent beaucoup plus par leur composition des granites.

Obsidienne. — L'Obsidienne, le Pichstone (*Rétinite*) et le Pearlstone (*Perlite*) ne sont que les sortes d'un verre volcanique qui résulte de la fusion des roches trachytiques. Ces minéraux diffèrent entre eux par les degrés de refroidissement plus ou moins grand qu'ils ont subi lorsqu'ils étaient à l'état de fusion. L'Obsidienne est noirâtre, vert foncé ou gris de cendre ; opaque en masse, elle est transparente sur les bords. Le Pichstone a le brillant de la résine et est souvent d'une couleur plus claire que l'obsidienne.

Clinkstone ou *Phonolite*. — Parmi les roches étroitement alliées aux trachytes, ou celles dans lesquelles les feldspaths sont riches en silice, le *Clinkstone* ou *Phonolite* est remarquable par sa structure fissile et sa tendance à la division laminaire, — caractère qui l'a fait employer quelquefois comme pierre à couvrir (tégulaire). Il sonne lorsqu'on le frappe avec un marteau; de là son nom. Il est compacte et ordinairement d'une couleur gris-bleu ou brunâtre; il se compose de cette variété de feldspath orthoclase qu'on appelle sanidine, ainsi que de nepheline et souvent d'une petite quantité de hornblende. Le nom de *Clinkstone* a parfois été appliqué arbitrairement à une pure variété de felstone. Le seul vrai *Phonolite* qu'on ait encore reconnu en Angleterre est celui de *Wolff Rock*, en vue de la côte des Cornouailles.

Roches volcaniques remarquables par des formes spéciales de structure. — On désigne communément un grand nombre de roches volcaniques sous des noms qui indiquent seulement leur structure, mais qui seraient d'un mauvais usage s'ils servaient à établir des distinctions entre ces roches, c'est-à-dire à signifier qu'elles diffèrent entre elles par leur composition minérale ou chimique. Aussi les expressions *Porphyre trachytique*, *Tuf trachytique*, etc., se rapportent à la même roche présentant des conditions différentes d'agrégation mécanique ou de développement cristallin; il serait mieux, dans ces cas, de faire usage d'adjectifs, et de dire *trachyte porphyrique*, *trachyte tufacé*, etc.; mais comme ces termes sont d'un emploi général, nous croyons utile de diriger sur eux l'attention de l'étudiant géologue.

Le *Porphyre* appartient à cette classe; il est très-caractéristique des formations volcaniques. Lorsque des cristaux distincts d'un ou de plusieurs minéraux sont disséminés au sein d'une pâte terreuse ou compacte, la roche prend le nom de *porphyre* (voir fig. 596). Ainsi le trachyte est ordinairement porphyrique; car, dans cette roche, tout comme dans un grand nombre de laves modernes, il existe des cristaux de feldspath. Mais certains porphyres fournissent aussi des cristaux d'augite, d'olivine et d'autres minéraux. Si la pâte est du *greenstone*, du basalte ou du *pichstone* (pierre à poix, rétinite), la roche peut recevoir

le nom de *porphyre-greenstone*, *porphyre-pitchstone* (retinite porphyroïde), et ainsi de suite. L'ancien type classique de cette roche est le porphyre rouge d'Égypte, bien connu sous le nom de *Rosso antico* (Rouge antique).



Fig. 596. — Porphyre.
Cristaux blancs de feldspath dans une pâte noire de hornblende et de feldspath.

Il consiste, suivant M. Deless, en une pâte feldspathique rouge dans laquelle sont disséminés des cristaux roses de feldspath oligoclase, avec quelques particules de hornblende (Amphibole) et des grains de minerai de fer oxydé (fer oligiste). Le *Porphyre rouge quartzifère* est une roche beaucoup plus siliceuse, contenant environ 70

ou 80 pour cent de silice, tandis que le porphyre d'Égypte n'en recèle que 62 pour cent.

Amygdaloïde. — C'est encore une forme de roche ignée qui admet toute espèce de composition, et qui n'est particulière à aucune période géologique. Elle comprend toute roche dans laquelle sont répandus, au travers d'une pâte de wacke, de basalte, de greenstone ou autre sorte de trapp, des nodules arrondis ou amygdalaires de minéraux divers, tels que calcédoine, agate, spath calcaire ou zéolithe. Son nom dérive du mot grec *amygdalon*, amande. L'origine de sa structure n'est pas difficile à trouver, car on peut suivre les progrès de sa formation dans les laves modernes. De petites cavités ou cellules ont été formées dans la matière en fusion par les bulles de vapeur ou de gaz, après ou pendant la consolidation; ces espaces, devenus vides, ont été graduellement remplis par une substance qui s'est séparée de la masse ou qui s'est infiltrée par voie aqueuse. Comme les bulles se sont parfois allongées par la coulée de la lave avant son refroidissement complet, les contenus de ces cavités ont la forme d'amandes. Dans certains trapps amygdaloïdes d'Écosse, dans lesquels les nodules sont décomposés, les cellules vides offrent une enveloppe lustrée ou vitreuse; et, sous

ce rapport, elles ressemblent tout à fait aux laves scoriacées, ou au laitier des hauts-fourneaux.

La figure ci-contre représente un morceau détaché de la partie supérieure d'une coulée de lave basaltique, en Auvergne. La moitié en est scoriacée, et les cellules en sont parfaitement vides; l'autre moitié est amygdalaire, et ses cavités sont totalement remplies de carbonate de chaux qui forme des noyaux blancs.

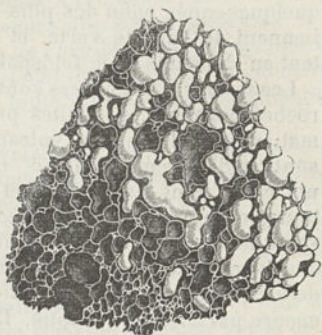


Fig. 597. — Lave scoriacée, convertie en partie en amygdaloïde, Montagne de la Veille, département du Puy-de-Dôme (France).

Lave. — Cette dénomination est un peu vague; on l'a appliquée à toute matière en fusion ayant coulé de soupiraux volcaniques. Lorsqu'une telle matière se consolide à ciel ouvert, la partie supérieure est plus ou moins scoriacée, et la masse devient de plus en plus compacte dans le sens de la profondeur, ou suivant qu'elle s'est consolidée plus lentement et sous une pression plus forte. Toutefois, à la partie inférieure d'un courant de lave, on rencontre très-souvent une petite portion de roche scoriacée, formée par la première nappe très-mince de matière liquide qui précède souvent la coulée principale et se solidifie sous une faible pression.

Les laves les plus compactes sont souvent porphyriques; les portions scoriacées elles-mêmes contiennent quelquefois des cristaux imparfaits provenant de roches plus anciennes où ces cristaux préexistaient, et qui n'ont pas été fondus à cause de leur nature moins fusible. La matière en fusion qui s'élève dans un cratère, ou même celle qui vient à s'infiltrer dans quelque fissure des flancs du cône, prend le nom de lave; cependant cette expression appartient plus proprement à la pâte fluide qui a coulé à l'air libre, ou sur le lit d'un lac ou d'une mer. Les laves présentent toute espèce de composition; quelques-unes sont trachytiques, celles du Pic de Ténériffe;

grand nombre sont basaltiques, celles du Vésuve et de l'Auvergne; d'autres sont andésitiques, celles du Chili; quelques-unes enfin des plus modernes, au Vésuve, contiennent de l'augite verte, et plusieurs de l'Etna consistent en dolérites avec feldspath labrador (1).

Les *scories* et les *ponces* sont à mentionner aussi comme roches poreuses, produites par l'action des gaz sur des matières que la chaleur volcanique a fondues. Les *scories* sont ordinairement d'une couleur brun-rougeâtre et noire; ce sont les cendres et le laitier des laves basaltiques ou augitiques. La *ponce* est une substance légère, spongieuse et fibreuse, produite par l'action des gaz sur des laves trachytiques et autres; toutefois, les rapports de son origine à la composition de la lave ne sont pas encore parfaitement établis. De Buch prétend que jamais elle ne se rencontre sur les points où le feldspath labrador est exclusif.

Cendre ou tuf volcanique, Tuf trapp. — Les petits fragments angulaires de scorie et de ponce dont il a été question ci-dessus, ainsi que la poussière de ces mêmes roches, lancés par les explosions volcaniques, forment les tufs, qui abondent dans toutes les contrées à volcans actifs, où de véritables pluies de ces matières, entremêlées de petits fragments d'autres roches éjectées du cratère, et plus ou moins brûlés, sont tombées sur la terre ou dans la mer. Les tufs, alors, sont souvent mêlés de coquilles, et sont stratifiés. Leur pâte est quelquefois liée par un ciment calcaire, ce qui produit une pierre susceptible d'un beau poli. Dans le cas même où il n'existe que peu ou pas de chaux, les éléments qui composent les tufs ordinaires montrent une grande tendance à s'unir entre eux. On a fréquemment appliqué le terme de *cendre volcanique* à des roches de tous âges que l'on supposait provenir d'une matière éjectée, à l'état de fusion, d'orifices volcaniques. On observe parfois des lits extrêmement compacts de substances volcaniques, stratifiés avec des roches fossilifères; ce sont, dans quelques cas, des tufs, bien que leur densité ou compacité soit telle qu'ils ressemblent à plusieurs de ces sortes de trapp que l'on rencontre dans les dykes ordinaires.

(1) G. Rose, *Ann. des Mines*, tom. VIII, p. 32.

Wacke. — On a donné le nom de *wacke* à divers trapps décomposés qui appartiennent aux roches de la famille basaltique, c'est-à-dire à celles qui sont pauvres en silice. Le *wacke* ressemble à de l'argile brune ou jaunâtre et passe graduellement de l'état mou à celui de dolérite dure, de *greenstone* ou de toute autre roche trappéenne d'où il est dérivé.

Agglomérat. — Dans le voisinage des émanations volcaniques, on observe fréquemment des accumulations de fragments anguleux de roches qui ont été produits, pendant les éruptions, par l'action explosive de la vapeur battant en brèche les formations pierreuses sous-jacentes et les chassant dans l'atmosphère. Ces fragments tombent en pluie tout autour du cône ou cratère, et peuvent se répandre même jusqu'à une certaine distance sur la contrée environnante. Les fragments consistent habituellement en diverses variétés de laves scoriacées et compactes ; mais d'autres sortes de roches, telles que du granite ou même des calcaires fossilifères y sont mêlées ; en somme, on y observe toute substance à travers laquelle les gaz, dans leur expansion, ont pu se frayer un passage. Le vent a pu favoriser la dispersion de ces matériaux, par ses variations de direction ou d'intensité ; ils se sont sans doute aussi groupés selon la pente du cône le long duquel ils ont roulé, et suivant la force des pluies qui accompagnent souvent les irrptions. Mais si le pouvoir de l'eau, ou celui des vagues et des courants de la mer suffit pour transporter des fragments à de grandes distances, il ne manque pas aussi d'émousser leurs angles, et dès lors la formation est un *conglomérat*. Si parfois des portions globulaires de scories abondent dans un agglomérat, elles peuvent ne pas devoir leur forme arrondie à l'attrition. Lorsque tous les fragments anguleux appartiennent à des roches volcaniques, la masse est dite ordinairement brèche volcanique.

La *Latérite* est une roche rouge et ressemblant à de la brique ; elle est composée de silicate d'alumine et d'oxyde de fer. Les petits lits rouges, nommés *lits d'ocre*, qui séparent entre elles les laves de la Chaussée des Géants et que l'on a souvent appelés Bole ou Lithomarge, pa-

raissent être analogues aux latérites de l'Inde. M. Delesse a reconnu en eux des trapps imprégnés d'oxyde rouge de fer, partiellement réduits à l'état de kaolin. Par une décomposition plus avancée, ils deviennent de l'argile colorée d'ocre rouge. Deux des laves de la Chaussée des Géants sont séparées par un lit de lignite; il n'est donc pas improbable que les bandes rouges que l'on voit dans les falaises d'Antrim soient le résultat de la décomposition atmosphérique. A Madère et aux îles Canaries, les courants de lave d'origine subaérienne sont souvent séparés par des bandes rouges de latérite qui probablement ont été d'anciens sols formés par la décomposition des surfaces des coulées. Plusieurs de ces sols primitifs sont devenus rouges dans l'atmosphère par l'oxyde de fer, et d'autres ont été calcinés et ont pris la couleur rouge-brique au contact des laves fondues et brûlantes. Ces bandes rouges sont quelquefois prismatiques, et les petits prismes sont perpendiculaires aux nappes de lave. L'argile rouge et la marne de la même couleur qui ont été formées, comme nous l'avons dit plus haut, par la désagrégation de la lave, des scories et du tuf, se sont souvent accumulées sur de grandes épaisseurs dans les vallées de Madère, où elles ont été apportées par l'action alluviale; quelques-unes aussi des couches épaisses de latérite qui se trouvent dans l'Inde peuvent avoir eu la même origine. Toutefois, dans cette partie du globe, spécialement dans le Decan, le mot *latérite* paraît avoir été trop vaguement employé pour correspondre à la définition donnée ci-dessus de ce minéral. Le sol végétal, dans les jardins des faubourgs de Catane qui ont été couverts par la lave de 1869, a été calciné ou converti en une couche de pierre rouge-brique, semblable à de la latérite; on peut la voir encore aujourd'hui supportant l'ancienne coulée de lave.

Structures colonnaire et globulaire. — La structure colonnaire est l'une des formes caractéristiques que prennent les roches volcaniques, et qu'offrent souvent d'une manière très-frappante les laves basaltiques. Les colonnes sont quelquefois droites, d'autres fois elles sont courbées et tordues d'une façon étrange; en coupe, elles sont polygonales et souvent divisées dans le sens lon-

gitudinal par des joints équidistants, qui offrent parfois des surfaces courbes d'articulation. Dans certains cas, on voit les angles d'une division de colonne faire saillie et former des espèces d'apophyses qui s'adaptent dans des poches qui leur correspondent dans les divisions adjacentes. On rencontre souvent des colonnes de diverses sortes dans la même coulée de lave; celles qui sont droites et à articulations épaisses se trouvent dans la partie inférieure, et les formes plus petites, courbées, dans la portion inférieure; la ligne de jonction entre les deux variétés est, dans la plupart des cas, très-distinctement marquée. C'est à cette combinaison particulière de colonnes aux formes variées que l'île de Staffa doit sa physionomie si pittoresque et si renommée; ces magnifiques dispositions se montrent aussi dans plusieurs laves de date récente.

Comme il est entendu que le trapp colonnaire a d'abord été à l'état fluide, les prismes sont dits être toujours dirigés perpendiculairement aux surfaces de refroidissement. Par conséquent, si ces surfaces sont courbes au lieu d'être perpendiculaires ou horizontales, les colonnes devront être inclinées sous des angles de toute espèce.

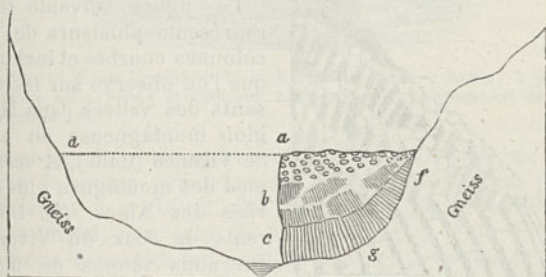


Fig. 598. — Lave de La Coupe d'Ayzac, près d'Antraigue, dans le département de l'Ardèche.

On peut admirer un magnifique exemple de ce phénomène dans une vallée du Vivarais, contrée montagneuse du midi de la France, où, vers le milieu d'une région de gneiss, le géologue rencontre à l'improviste plusieurs cônes volcaniques de sable meuble et de sco-

ries. Du cratère du l'un de ces cônes, appelé la Coupe d'Ayzac, un courant de lave est descendu vers le fond d'une vallée étroite qu'il occupe entièrement, excepté sur les points où la rivière Volant et les torrents qu'elle reçoit ont coupé et enlevé des portions de la lave solide. L'esquisse ci-dessus (fig. 598) retrace ce qui reste de cette lave sur un de ces points. Il est évident que la coulée a rempli jadis la vallée entière jusqu'au niveau marqué par la ligne ponctuée *d, a*; mais la rivière a graduellement tout entraîné au-dessous de cette ligne, et le torrent tributaire *a*, de son côté, ouvert une large brèche dans le sens transversal. La coupe nous montre, en premier lieu, qu'ici comme dans le reste de la contrée, la lave se compose de trois parties : une supérieure *a*, scoriacée; une moyenne *b*, formée de prismes irréguliers; et une inférieure *c*, à colonnes régulières, verticales sur les rives du Volant, où elles ont pour support une base horizontale de gneiss; elles sont inclinées sous un angle de 45° en *g*, et presque horizontales en *f*. Leur position, sur tous ces points, a été déterminée d'après la loi que nous avons

établie, c'est-à-dire par la forme de la vallée originelle.

La figure suivante (599) représente plusieurs de ces colonnes courbes et inclinées que l'on observe sur les versants des vallées dans la région montagneuse au nord de Vicence (Italie), et vers le pied des montagnes plus élevées des Alpes (1). Différents de ceux du Vivarais que nous venons de mentionner, les basaltes du Vicentin sont évidemment d'origine sous-marine, et les vallées actuelles ont été,

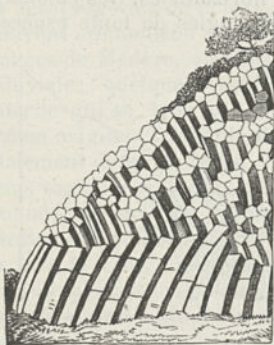


Fig. 599. — Basalte colonnaire dans le Vicentin (Fortis).

depuis, creusées par la dénudation.

La structure colonnaire n'est nullement particulière aux

(1) Fortis, *Mem. sur l'hist. nat. de l'Italie*, t. I, p. 233, pl. 7.

roches trappéennes où l'augite domine; elle est aussi commune aux trachytes et à d'autres roches feldspathiques de nature ignée. Dans ces dernières, toutefois, elle fournit rarement ces formes polygonales régulières avec boules et joints articulés, qui forment un trait si remarquable dans la plupart des colonnes basaltiques. Nous avons déjà dit que les colonnes basaltiques se divisaient souvent par joints transversaux. Quelquefois les segments, au lieu de se montrer angulaires, présentent une forme sphéroïdale, produite ordinairement par l'action de l'at-



Fig. 600. — Piliers basaltiques de la Käsegrotte, Bertrich-Baden, à moitié chemin entre Trèves et Coblenz. La hauteur de la grotte est de 2 à 2 mètres 1/2.

mosphère, de sorte que chaque pilier est formé par une série de boules, ordinairement aplaties, comme on peut l'observer à la *Grotte des Fromages* (Bertrich-Baden), dans l'Eifel, non loin de la Moselle (fig. 600). En cet endroit, le basalte fait partie d'une petite coulée de lave qui peut avoir de 9 à 12 mètres, et qui est sortie de l'un des nombreux cratères volcaniques encore debout sur les hauteurs environnantes.

Dans certaines masses de greenstone, de basalte et d'autres roches trappéennes en décomposition, la structure colonnaire est tellement accentuée que la roche a l'apparence d'un tas de gros boulets de canon. Suivant M. Delesse, le milieu de chaque sphéroïde aurait été un

centre de cristallisation autour duquel les différents éléments de la roche se seraient disposés symétriquement



Fig. 601. — Pitchstone globiforme. Chiaja di Luna. Ile de Ponza (Scrope).

pendant le refroidissement; et en même temps, dit cet auteur, ce milieu eût constitué un centre de contraction produit par ce même refroidissement. La forme globulaire des sphéroïdes serait donc le résultat combiné de la cristallisation et de la contraction (1). C'est à cette même contraction qu'on peut attribuer certains cas de structure colonnaire que l'on observe dans les strates sédimentaires, telles que cendres volcaniques, schistes et grès, qui ont été chauffés par suite de leur proximité de dikes volcaniques.

M. Scrope a donné comme exemple de cette structure un trachyte résineux, ou rétinite porphyrique, dans l'une des îles Ponza, qui s'élèvent au milieu de la Méditerranée, en vue de la côte de Terracine et de Gaëte. Les boules ont un diamètre qui varie de quelques millimètres à près d'un mètre, et elles sont de forme ellipsoïdale (voir fig. 601). La roche en entier est à l'état de décomposition, « et lorsque les boules, » dit M. Scrope, « sont restées exposées pendant quelque temps aux injures de l'air, elles se séparent, au simple toucher, en nombreuses calottes concentriques, semblables à celles d'une racine bulbeuse, avec un noyau compacte à l'intérieur. Les lames de ce noyau ne sont pas aussi avancées en décomposition; mais au choc violent du marteau, elles s'exfolient facilement (2). » On peut

(1) Delesse, sur les roches globuleuses, *Mém. de la Soc. géol. de France*, 2^e série, tom. IV.

(2) Scrope, *Geol. Trans.*, 2^e série, vol. II, p. 203.

observer aussi cette structure sphéroïdale dans la cendre volcanique à Burntisland et ailleurs.

Dykes volcaniques ou trappéens. — Les variétés principales des roches trappéennes, basalte, greenstone, trachyte, etc., se trouvent parfois en dykes traversant les formations stratifiées ou non stratifiées. D'autres fois ce sont des masses informes qui pénètrent ces formations ou les recouvrent; ou bien, enfin, elles sont à l'état de feuillets horizontaux intercalés dans les couches. Nous avons déjà parlé des fentes que l'on observe dans toutes les espèces de roches, et dont certaines mesurent jusqu'à plusieurs mètres de largeur; ces fentes sont remplies tantôt de terre ou de fragments anguleux, tantôt de sable et de cailloux. Supposons qu'au lieu de ces sortes de matières, une certaine quantité de pierre fondue ait été injectée dans la fente béante, et qu'elle s'y soit consolidée, nous aurons une masse tabulaire qui ressemblera à un mur, et que nous appellerons un dyke de trapp. Il n'est pas rare de rencontrer des dykes de ce genre traversant des couches peu consistantes, telles que tuf, scories, ou schiste argileux, qui, plus altérables que le trapp, auront été souvent emportées par la mer, les rivières ou la pluie. Dans ces différents cas, les dykes se montreront en saillies contre un escarpement ou à la

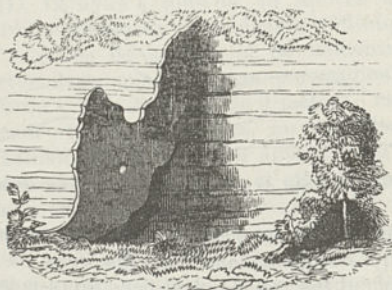


Fig. 602. — Dyke dans la vallée située près de Brazen Head, Madère. (D'après un dessin du Capitaine Basil Hall, de la Marine Royale.)

surface même de la contrée (voir fig. 602) comme on

peut le voir à Madère et dans plusieurs parties de l'Écosse.

Dans les îles d'Arran et de Skye, ainsi qu'en d'autres parties de l'Écosse où le grès, le conglomérat et diverses roches dures sont traversées par des dykes de trapp, le phénomène inverse a lieu: le dyke s'est décomposé plus rapidement que la roche encaissante, il a disparu de la fissure, laissant ouverte de nouveau la fente primitive qui s'étend jusqu'à une distance de plusieurs mètres de la côte. Assez fréquemment dans l'île d'Arran et sur d'autres points en Écosse, les couches, à leur contact avec le dyke et jusqu'à une certaine distance de celui-ci, ont été endurcies au point de résister à l'action de l'atmosphère bien plus que le dyke lui-même ou que les roches voisines. Lorsque pareil cas se présente, deux murs parallèles de couches endurcies font saillie au-dessus du niveau général de la contrée et suivent la direction du dyke. La fig. 603 retrace le plan d'un dyke ramifié de greenstone que j'ai observé, et qui traverse le grès sur la côte voisine de Kildonan Castle, dans l'île d'Arran. Le rameau le plus fort varie de 1^m50 à 2^m10 d'épaisseur; il donne l'échelle des dimensions pour les autres.

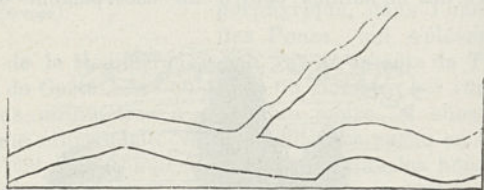


Fig. 603. — Plan horizontal de dykes de Greenstone traversant le grès, (Arran.)

Aux Hébrides et en d'autres pays, les mêmes masses de trapp qui occupent dans tous les sens la surface du sol, et cachent les roches stratifiées sous-jacentes, reparaissent le long des falaises et se prolongent en bas sous forme de veines ou de dykes qui, probablement, vont rejoindre d'autres masses de roches ignées à une profondeur plus grande.

On rencontre parfois dans les dykes toutes les variétés de roches trappéennes telles que trachyte, basalte, greens-tones, et les différents felstones. Les trapps amygdaloïdes s'y trouvent aussi, quoique plus rarement; enfin on y signale aussi des tufs et des brèches, car les matériaux de cette dernière catégorie peuvent avoir été précipités dans des fissures béantes au fond de la mer, ou bien être retombées en pluie dans leur intérieur, pendant des éruptions qui ont eu lieu sur terre. Certains dykes de trapp se continuent sans interruption sur des kilomètres entiers, en suivant une direction presque rectiligne: c'est ce qu'on observe dans le nord de l'Angleterre. Dans ce cas, les fissures qui ont été remplies doivent avoir été d'une longueur extraordinaire.

Roches altérées par des dykes volcaniques. —

Après les remarques qui précèdent sur la forme et la composition des dykes, je dois décrire les altérations que ceux-ci produisent quelquefois dans les roches qui les touchent ou les avoisinent. Ces changements sont ordinairement ceux que l'on peut attendre de la chaleur intense d'une matière en fusion et des gaz qui s'y trouvent emprisonnés.

Plas-Newydd: Dyke traversant un schiste. — M. Henslow a décrit un exemple frappant de ce genre de phénomène qu'il a observé aux environs de Plas-Newydd, Anglesea (1). Le dyke a plus de 40 mètres de largeur; c'est une roche composée de feldspath triclinique et d'augite. Les couches de schiste et de calcaire argileux qu'il traverse dans une direction perpendiculaire, sont altérées jusqu'à une distance de 9 mètres, et même, en quelques endroits, de 11 mètres, au delà des bords du dyke. Le schiste, à mesure qu'il approche du trapp, devient de plus en plus compacte, et atteint son maximum d'endurcissement au point de jonction. Là il perd en partie sa structure schisteuse, mais on distingue encore ses divisions en lits parallèles. Sur plusieurs points, ce schiste est converti en jaspe porcelanique dur. Dans la portion la plus endurcie de la masse, les coquilles fossiles, principalement les *Producti*, sont presque détruits;

(1) *Cambridge Transactions*, vol. I, p. 402.

cependant on reconnaît encore assez souvent leurs empreintes. Le calcaire argileux a subi des changements analogues : en approchant du dyke, il a perdu de plus en plus sa texture terreuse, et il a fini par devenir grenu et cristallin ; mais le phénomène le plus curieux, c'est l'apparition, au sein du schiste, de nombreux cristaux d'analcime et de grenat qui sont exclusivement limités aux portions de la roche affectée par le dyke (1). Certains cristaux de grenat, contiennent jusqu'à 20 pour cent de chaux ; cette base provient de la décomposition des coquilles fossiles du *Productus*. Le professeur Sedgwich a observé le même minéral, dans des circonstances très-analogues, à High-Teesdale, où le fait se produit également dans un schiste et un calcaire altérés par le basalte (2).

Antrim. Dyke traversant la craie. — En plusieurs localités du comté d'Antrim, nord de l'Irlande, on voit la craie à silex traversée par des dykes basaltiques. La craie y est convertie en un marbre grenu dans le voisinage du basalte ; le changement s'étend quelquefois jusqu'à 2 ou 3 mètres de la paroi du dyke, c'est près du point de contact qu'il est plus prononcé, et il s'efface graduellement, en s'éloignant de ce point, jusqu'à ce qu'enfin l'action cesse d'être sensible. « Le produit le plus rapproché du dyke, » dit le docteur Berger, « est un calcaire cristallin brun foncé, dont les cristaux se clivent aussi larges que ceux du calcaire grossier primitif (*métamorphique*) ; plus loin, la roche est saccharine, par conséquent arénacée et à grains fins. Puis on y observe une variété compacte présentant l'aspect de la porcelaine, et d'une couleur gris-bleuâtre ; cette roche devient, vers sa limite extrême, d'un blanc-jaunâtre et passe insensiblement à la craie non altérée. Les silex, dans la craie altérée, ont généralement acquis une couleur gris-jaunâtre (3). » Toute trace de débris organiques a disparu dans la portion la plus cristalline du calcaire.

La figure 604 représente trois dikes basaltiques traversant la craie sur une largeur seulement de 27 mètres.

(1) *Cambridge Transactions*, vol. I, p. 410.

(2) *Ibid.*, vol. II, p. 175.

(3) Dr Berger, *Geol. Trans.*, 1^{re} série, vol. III, p. 172.

La craie contiguë aux deux dykes extrêmes est convertie en marbre finement grenu *mm*; il en est de même pour les masses comprises entre les dykes et pour celle qui

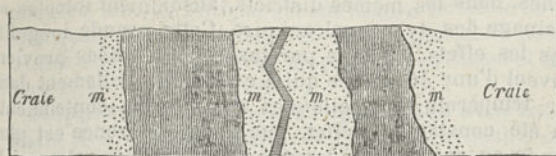


Fig. 604. — Dykes basaltiques dans la craie, dans l'île de Rathlin. Antrim. Vue en plan prise sur la plage. (Conybear et Buckland) (1).

occupe le centre. Certaines fois le changement éprouvé par la craie est de nature chimique, et la roche n'est pas seulement indurée et cristallisée, mais aussi dolomitisée. Le contraste complet de composition et de couleur des roches intruses et des roches envahies rend, dans ces sortes de cas, les phénomènes excessivement clairs et intéressants. Un autre dyke, dans le nord-est de l'Irlande, a converti une masse de grès rouge en hornstone (silex corné). Par l'action d'un troisième, un schiste du terrain houiller a pris, en durcissant, le caractère d'un schiste siliceux; ailleurs, l'argile schisteuse du Lias s'est transformée également en schiste siliceux, tout en conservant de nombreuses empreintes d'ammonites (2).

En présence de tous ces phénomènes, on devait s'attendre à rencontrer des couches de houille, substance essentiellement combustible, modifiées extraordinairement au contact de roches fondues. Effectivement, dans la même contrée d'Antrim, certain dyke de greenstone, traversant un lit de houille, a réduit celle-ci à l'état de cendre jusqu'à la distance de 2^m75 de chaque côté. A Cockfield-Fell, dans le nord de l'Angleterre, on remarque de semblables changements; des échantillons pris à 30 mètres d'un trapp ne se distinguent pas de la houille ordinaire; ceux que l'on distingue plus près du dyke sont à l'état de cendre et ont tout à fait les caractères du coke; enfin les

(1) *Geol. Trans.*, 1^{re} série, vol. III, p. 210, et pl. 10.

(2) *Ibid.*, vol. III, p. 213, et Playfair, *Illustration de la théorie Huttonnienne*, § 253.

échantillons pris au contact même du dyke sont convertis en une substance qui ressemble à de la suie (1).

Cependant, il n'est pas rare de rencontrer les mêmes roches, dans les mêmes districts, absolument intactes au voisinage des dykes volcaniques. Cette grande inégalité dans les effets produits par les roches ignées provient souvent d'une différence qui a existé originellement dans leur température et celle des gaz qu'elles contenaient; il a été constaté, en effet, que cette différence est plus grande en certaines laves que dans d'autres, et pour la même lave elle se modifie à mesure que le courant s'éloigne plus ou moins de son point de départ. La conductibilité pour la chaleur a pu varier aussi dans les roches envahies, suivant leur composition, leur structure, les dislocations qu'elles ont subies, et peut-être encore selon la quantité d'eau (si susceptible d'être chauffée) qu'elles recélaient. Dans certains cas, les éléments de ces roches ont dû se trouver associés en proportions voulues pour passer rapidement à l'état de combinaison chimique et former de nouveaux minéraux; au contraire, dans d'autres cas, la masse a pu être plus homogène, ou les proportions des éléments ont pu être moins aptes à subir l'association définie.

Il faut aussi tenir compte de cette circonstance qu'une fissure tantôt se remplit d'une lave qui commence immédiatement à se refroidir, et tantôt donne passage à un courant de matière fondue qui peut monter pendant des jours et des mois pour alimenter des coulées qui inondent la surface de la contrée sus-jacente, ou pour s'échapper sous la forme de scories de l'intérieur d'un cratère. De plus, si les parois d'une crevasse sont chauffées par la vapeur brûlante avant que la lave s'élève, comme nous savons que cela arrive de nos jours sur les flancs de certains volcans, le calorique additionnel fourni par le dyke et ses gaz agira avec bien plus d'énergie.

Intrusion de trapp entre les couches. — Il n'est pas rare que des masses de trapp soient intercalées dans les couches, et conservent sur de larges étendues un parallélisme exact avec les plans de stratification. Ces masses

(1) Sedwick, *Camb. Trans.*, vol. II. p. 37.

ont dû, sur quelques points, se frayer latéralement un passage entre les divisions des lits, — direction suivant laquelle le fluide en marche rencontrait une résistance moindre, surtout lorsque aucune fissure verticale ne communiquait avec la surface, et qu'une puissante pression hydrostatique s'exerçait au moyen des gaz chassant la lave vers la partie supérieure.

Rapports des roches Trappéennes avec les produits des volcans actifs. — Quand on réfléchit sur les modifications décrites ci-dessus qu'éprouvent les couches près de leur contact avec les dykes de trapp; quand on songe à la complète analogie et souvent à l'identité de composition et de structure des roches appelées trappéennes et des laves vomies par les volcans en activité, on comprend difficilement qu'on ait pu se demander sérieusement, pendant plus d'un demi-siècle, si les trapps étaient d'origine ignée ou d'origine aqueuse. Jusqu'à un certain point, on admettait une différence réelle entre les formations trappéennes et celles que l'on désigne plus spécialement sous le nom de volcaniques. Une grande partie des roches trappéennes que l'on avait étudiées d'abord dans le nord de l'Allemagne et en Norwége, en France et en Ecosse, etc., semblaient avoir été formées entièrement sous l'eau ou injectées dans les fissures et entre les couches; rien n'annonçait qu'elles eussent jamais coulé à l'air ou sur le fond d'une mer peu profonde. Par conséquent, lorsqu'on comparait ces produits d'actions ignées sous-marines ou souterraines aux cônes inconsistants de scories friables, de tuf et de lave, ou bien aux coulées étroites, la plupart scoriacées et poreuses, qu'on observe au Vésuve et à l'Etna, la ressemblance ne laissait pas que de paraître éloignée et équivoque. C'était, en réalité, comme si l'on eût comparé les racines d'un arbre à ses feuilles et à ses branches; tous ces organes, bien que faisant partie d'une même plante, diffèrent cependant entre eux de forme, de texture, de couleur, de mode d'accroissement et de position. Un cône extérieur, accompagné de ses cendres meubles et de sa lave poreuse, est comparable au feuillage léger et aux branches; les roches cachées au-dessous le sont aux racines; mais il ne suffit pas de dire du volcan :

..... *Quantum vertice in auras
Æthereas, tantum radice in Tartara tendit.*

Autant le sommet s'élève vers la région éthérée, autant les racines descendent dans les profondeurs du Tartare.)

car la *racine* ou base du cône descend littéralement jusqu'au Tartare, c'est-à-dire jusqu'aux régions du feu souterrain, et la portion cachée dans les profondeurs de l'abîme est probablement toujours plus importante par le volume et l'extension que celle qui est visible au-dessus du sol.

On a déjà vu avec quelle fréquence des masses épaisses de couches avaient été enlevées sur d'immenses surfaces (voir chap. VI) ; ce fait peut nous expliquer la disparition de toute partie proéminente de l'enveloppe extérieure d'anciens volcans sous-marins ou sub-aériens, d'autant plus que les matières qui forment cette enveloppe sont toujours les plus légères et les plus destructibles. La forme abrupte sous laquelle les dykes de trapp se terminent à la surface (fig. 605) et les cailloux de trapp usés par les

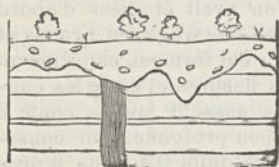


Fig. 605. — Couches interceptées par un dyke de trapp, et recouvertes d'alluvion.

eaux qui existent dans l'alluvion recouvrant le dike, prouvent de la manière la plus incontestable l'ablation complète de la croûte superficielle de ces formations. Il est facile, toutefois, de concevoir ce qui s'est passé dans les régions de trapp d'après les faits analogues que nous pouvons observer dans les volcans en activité.

Quant à l'absence de porosité dans les formations trappéennes, les apparences sont souvent fort trompeuses, car toutes les amygdaloïdes sont, comme nous l'avons démontré, des roches poreuses dans les cellules desquelles une matière minérale (silice, carbonate de chaux au autre) a été introduite ultérieurement, quelquefois peut-être par sécrétion, pendant le refroidissement et la consolidation de la lave. Dans la Little-Cumbray, l'une des îles Western, près d'Arran, l'amygdaloïde présente parfois des cavités allongées remplies de spath brun ; et, lorsque les nodules en ont été enlevés par l'eau, on voit les

parois de ces cavités tapissées du vernis vitreux si caractéristique des pores de la lave schistoïde. Même dans certaines parties de cette roche, soustraite à l'action de l'air et de l'eau, les cellules sont vides et semblent avoir toujours été dans cet état. On ne saurait, par conséquent, distinguer ces amygdaloïdes de certaines laves modernes (1).

Le D^r Mac Culloch, après avoir examiné avec une grande attention ces amygdaloïdes et les autres roches ignées d'Ecosse, observe avec raison que, « c'est discuter simplement sur des mots que de refuser aux anciennes éruptions de trapp le nom de volcans sous-marins ; car il y a similitude entre les deux phénomènes, du moins sur tous les points essentiels, bien que les trapps ne rejettent plus aujourd'hui ni flamme ni fumée. » Suivant le même auteur il ne serait pas improbable que quelques-unes des roches volcaniques de ce pays eussent été vomies à l'air (2).

Nous verrons, dans les chapitres suivants, qu'il existe dans la croûte terrestre des tufs volcaniques de tous les âges, et que ces tufs contiennent des coquilles marines témoignant d'éruptions survenues à plusieurs époques géologiques successives. Ces tufs, ainsi que les roches trappeennes qui leur sont associées, ne sauraient être comparés à la lave et aux scories qui se sont refroidies à l'air ; il faut chercher leurs analogues parmi les produits des éruptions volcaniques sous-marines modernes. Si l'on objecte qu'il n'est pas possible d'étudier ces dernières, nous répondrons que, dans presque toutes les régions à volcans actifs, les mouvements souterrains ont déterminé de grands changements dans le niveau relatif des terres et des mers, et que ces changements, survenus à des époques comparativement récentes, ont mis au jour les effets des opérations volcaniques qui ont eu lieu sur le fond de l'Océan.

(1) Mac Culloch, *West. Islands*, vol. II, p. 487.

(2) *Syst. de Géol.*, vol. II, p. 414.

CHAPITRE XXIX

SUR LES DIFFÉRENTS AGES DES ROCHES VOLCANIQUES.

Caractères pour établir l'âge relatif des roches volcaniques. — Raisons pour lesquelles les roches anciennes et les roches modernes ne peuvent être identiques. — Caractères fournis par la superposition et par l'intrusion. — Caractère de l'altération des roches au contact d'autres roches. — Caractère fourni par les débris organiques. — Caractère minéralogique. — Caractère des fragments enclavés. — Roches volcaniques Post-Tertiaires. — Vésuve, Auvergne, Puy de Côme, et Puy de Pariou. — Roches volcaniques du Nouveau Pliocène. — Iles des Cyclopes, Etna, Dykes de Patagonie, Madère. — Roches volcaniques du Vieux Pliocène. — Italie. — Volcans Pliocènes de l'Eifel. — Trass.

Après avoir, dans la première partie de cet ouvrage, rapporté les couches sédimentaires à une longue succession de périodes géologiques, je dois maintenant chercher jusqu'à quel point les formations volcaniques peuvent être classées dans un ordre chronologique semblable. Les caractères de l'âge relatif de cette classe de roches sont au nombre de quatre : 1^o la superposition et l'intrusion, avec ou sans altération des roches au contact; 2^o les débris organiques; 3^o la nature minéralogique; 4^o les fragments enclavés de roches plus anciennes.

Outre ces quatre caractères, on peut dire d'une manière générale que les roches volcaniques de date Primaire ou Paléozoïque diffèrent de celles de l'âge Secondaire ou Mésozoïque, comme ces dernières de celles des Epoques Tertiaire et Récente. La différence qui existait entre ces diverses roches n'était peut-être pas, à l'origine, plus grande que celle qu'on remarque entre les roches volcaniques de la région des Andes, par exemple, et celles d'Islande, mais les transformations lentes

qui peuvent s'opérer dans ces roches, même lorsqu'elles ne prennent pas une forme cristalline semblable à celle des roches hypogènes, sont dues à l'action de l'eau qui s'infiltré dans leur masse, action d'autant plus énergique que le liquide possède une température plus élevée.

Quoique les dénudations sous-aériennes ou sous-marines enlèvent, dans le cours des siècles, ainsi que nous l'avons établi, de grandes portions des produits plus ou moins superficiels des volcans, il arrive, pourtant, que ces produits sont quelquefois conservés par suite d'un affaissement qui les a fait recouvrir par la mer ou par des dépôts marins superposés. Ils peuvent, de cette façon, être protégés, pendant des siècles, contre l'action des vagues de la mer ou contre la force destructive des rivières, sans atteindre, néanmoins, en s'affaisant, une profondeur qui les exposerait à l'action plutonique (dont nous parlerons au chapitre XXXI), par laquelle ils seraient convertis en roches cristallines. Dans ce cas, même, ces produits ne seraient pas à l'abri d'altérations, car ils seraient pénétrés par de l'eau, à une température souvent élevée et chargée de carbonate de chaux, de silice, de fer, et d'autres agents minéraux qui entraîneraient des changements graduels et très-importants dans la constitution des roches. En effet, tous les géologues savent parfaitement qu'il n'est pas rare de trouver dans les tufs volcaniques des arbres silicifiés dont la structure intérieure, en état parfait de conservation, prouve que ces végétaux vivaient encore au moment où ils ont été envahis par la matière pétrifiante.

La nature poreuse et vésiculaire d'une grande partie des laves basaltiques et trachytiques favorise dans ces produits la formation de cavités dans lesquelles se déposent facilement de la silice et du carbonate de chaux. Les minéraux de la famille Zéolithique, que l'on trouve si facilement dans les cavités amygdaloïdales, ont une composition très-voisine de celle des feldspaths, dont ils diffèrent, cependant, en ce qu'ils sont anhydres. Daubrée, et d'autres auteurs ont démontré que les zéolithes sont formés par l'action de l'eau filtrante sur les éléments feldspathiques des roches, et Bunsen a prouvé par ses recherches sur les roches volcaniques d'Islande que ces

substances minérales ont pu être directement formées en masses fondues. Il suit de ces considérations qu'il est presque impossible d'établir une identité parfaite entre les formations volcaniques très-anciennes et celles qui sont de date tout à fait moderne.

Caractère de la superposition. — Lorsqu'une roche volcanique repose sur un dépôt aqueux, on doit en conclure qu'elle est plus nouvelle que ce dépôt; mais la règle ne saurait être applicable, si c'est la formation aqueuse qui surmonte la formation volcanique, car une

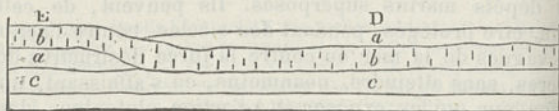


Fig. 606.

matière en fusion, arrivant de bas en haut, a pu pénétrer au sein d'une masse sédimentaire sans en atteindre la surface, ou bien se forcer un passage entre deux couches, telles que *b* et *D* (fig. 606), et puis se refroidir et se consolider, sans produire aucune discordance de stratification. La superposition n'a donc pas autant de valeur, comme caractère d'âge, pour les roches volcaniques non stratifiées que pour les formations fossilifères. On ne doit avoir recours à ce caractère que lorsque les premières de ces roches sont contemporaines, et non lorsqu'elles sont des produits d'intrusion. Or, on les appelle contemporaines quand elles ont été engendrées par l'action volcanique simultanément avec les couches aqueuses qui leur sont associées. Par exemple, dans la coupe, en *D* (fig. 606), on peut à peu près affirmer que le trapp *b* a coulé sur le lit fossilifère *c*, et que, après sa consolidation, *a* s'est déposé à son tour sur le trapp, — *a* et *c* appartenant tous deux à la même période géologique. Mais si la couche *a* était altérée par *b* au point de contact, nous devrions en conclure que le trapp s'est introduit après coup; il en serait de même si, en poursuivant *b* à quelque distance, on découvrait à la fin qu'il traverse la couche *a* et la recouvre ensuite comme en *E*.

Néanmoins on risque beaucoup de confondre une roche volcanique d'intrusion avec une roche réellement contemporaine ; car une coulée de lave qui se répand sur le fond de la mer ne recouvre pas partout la même couche, soit parce que celle-ci a été dénudée par place, soit parce que, nouvellement formée, elle s'amincit sur certains points, ce qui permet à la lave de se croiser sur ses bords. De plus, le

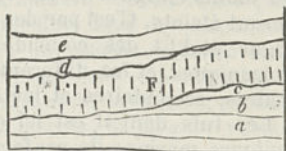


Fig. 607.

fluide igné, en coulant sur la surface, ne manque pas de se creuser, par l'effet de sa pesanteur, un lit au travers du limon mou et du sable. Supposons que la lave sous-marine F (fig. 607) soit arrivée de cette manière au contact des couches a, b, c, et qu'après sa consolidation, les lits d, e, s'y soient déposés dans un sens presque horizontal, de manière toutefois à être discordants avec F ; l'apparence d'une intrusion subséquente sera ici complète, bien que le trapp soit en réalité contemporain. Il ne faut donc pas se hâter de conclure que la roche F est d'intrusion, à moins que l'on ne découvre que les couches sus-jacentes d, e ont été altérées, par exemple, par la chaleur, au point de jonction.

Le caractère de l'âge, fourni par la superposition, s'applique essentiellement à tout tuf volcanique stratifié, suivant la règle que nous avons déjà posée pour les dépôts sédimentaires (voy. p. 136).

Caractère de l'âge, fourni par les débris organiques. — Nous avons vu comment, dans le voisinage de volcans en activité, des scories, des cendres, du sable fin et des fragments de roches lancés dans l'atmosphère retombaient en pluie sur le sol, dans les lacs, ou bien dans les mers voisines. Au sein des tufs ainsi formés on rencontre des coraux, des coquilles ou tous autres corps organiques durables que l'événement a surpris soit sur le fond d'un lac, soit sur celui d'une mer ; et ces corps nous servent de témoignages permanents pour rappeler la période à laquelle appartient l'éruption volcanique. Des couches tufacées, formées de cette manière aux en-

virons du Vésuve, de l'Etna, de Stromboli et d'autres volcans en activité, dans les îles ou près des côtes, fourniront des indications sur leur âge relatif à l'époque plus ou moins éloignée où les feux de ces monts volcaniques seront éteints. C'est par des faits de ce genre que le géologue établit des coïncidences d'âge entre les roches volcaniques et les différentes couches fossilifères primaires, secondaires et tertiaires.

Les tufs dont il est ici question peuvent ne pas être toujours marins; ils renferment, sur tel point, des coquilles d'eau douce, et sur tel autre, des ossements de quadrupèdes terrestres. La diversité des débris organiques distribués à travers ces formations se comprend facilement, si l'on réfléchit à la large dispersion de la matière vomie lors des dernières éruptions, par exemple, à celle du volcan de Coseguina, dans la province de Nicaragua (19 janvier 1835). Des cendres brûlantes et des scories fines furent lancées à une immense hauteur; elles recouvrirent le sol environnant sur une épaisseur de plus de 3 mètres, et sur un rayon de 32 kilomètres à partir du cratère, dans une direction sud. Des oiseaux, des animaux domestiques et des bêtes sauvages, en grand nombre, furent frappés de mort et ensevelis dans les cendres. Quelques débris volcaniques tombèrent même jusqu'à Chiapa, à plus de 1,900 kilomètres, et cela, non point dans la direction du vent, comme on aurait pu l'imaginer, mais à l'opposé de cette direction, preuve évidente qu'un contre-courant exista alors dans la région supérieure de l'atmosphère; il tomba également une certaine quantité de cendres à la Jamaïque, à une distance de plus de 1,100 kilomètres au nord-est. En pleine mer aussi, à plus de 1,700 kilomètres du point d'éruption, le Capitaine Eden, du *Conway*, rapporte qu'il navigua, sur une longueur dépassant 60 kilomètres, à travers de la ponce flottante dont quelques morceaux étaient d'une grosseur considérable (1).

Caractère de l'âge, fourni par la composition minérale. — De même qu'un sédiment de composition homogène peut, en se déchargeant à l'embouchure d'une

(1) Caldcleugh, *Phil. Trans.*, 1836 p. 27.

large rivière, se déposer immédiatement sur une surface considérable, de même aussi telle variété particulière de lave coulant d'un cratère pendant une éruption s'étalera parfois sur une vaste étendue. L'Islande en a fourni un exemple en 1783 : la matière fondue vomie par le Skaptar Jokul se précipita par flots dans des directions opposées, et donna naissance à une masse continue dont les points extrêmes étaient éloignés de 145 kilomètres l'un de l'autre. Cet énorme courant de lave se consolida sur une épaisseur de 30 à 180 mètres; sa largeur variait de celle d'une rivière étroitement encaissée à une largeur de 24 kilomètres (1). Or, si, par suite des temps, une pareille masse fût venue à se morceler par l'effet de la dénudation, nous serions peut-être encore aujourd'hui à même de reconnaître l'identité des portions détachées, par leur ressemblance de composition minérale. Néanmoins ce caractère ne peut pas toujours servir au géologue; car, bien que la lave produite pendant une même éruption, et même pendant les coulées successives d'un seul volcan, offre habituellement un caractère dominant, quelquefois cependant différentes portions d'un seul courant de lave ou d'une masse continue de trapp varient sensiblement par la composition et par la structure minérales.

En Auvergne, dans l'Eifel et autres pays où se rencontrent à la fois le trachyte et le basalte, la première de ces roches est presque toujours plus ancienne que la dernière; mais les deux alternent quelquefois partiellement dans le volcan du mont Dore, en Auvergne, et nous savons qu'à Madère, les roches trachytiques recouvrent une série basaltique plus ancienne. Cependant, la majeure partie des trachytes occupe une position inférieure et se trouve coupée et recouverte par le basalte. Il ne faut pas néanmoins conclure de cette circonstance que le trachyte a prédominé à une certaine époque de l'histoire de la terre, et le basalte à une autre époque, car nous savons que les laves trachytiques appartiennent à plusieurs périodes successives, et que même il en sort encore aujourd'hui de plusieurs cratères en activité; mais

(1) *Principes*, etc., Index : SKAPTAR JOKUL.

dans toute localité où sont survenues de longues séries d'éruptions, les laves feldspathiques plus riches en silice paraissent avoir été vomies les premières, et les plus augitiques ne sont venues qu'ensuite. L'hypothèse imaginée par M. Scrope fournit peut-être une solution satisfaisante de ce problème. Suivant l'habile observateur, les minéraux qui abondent dans le basalte ont une pesanteur spécifique plus considérable que ceux qui composent les laves feldspathiques : ainsi, l'augite et l'olivine ont chacune trois fois le poids de l'eau, tandis que l'orthoclase et le quartz n'ont qu'un peu plus de deux fois et demie ce poids ; mais la différence s'accroît davantage par le fait qu'il y a beaucoup plus de fer à l'état d'oxyde dans les laves basaltiques que dans les laves trachytiques. Si, par conséquent, une masse considérable de roches vient à fondre dans les entrailles de la terre, sous l'influence de la chaleur volcanique, les éléments les plus denses du fluide bouillant descendront au fond, et les plus légers resteront à la surface pour être les premiers lancés dans l'atmosphère par la force d'expansion des gaz. Par suite, les matières qui occupent le niveau le plus inférieur dans le réservoir souterrain en sortiront les dernières, et viendront occuper la place supérieure à l'extérieur de la croûte terrestre.

Caractère fourni par les fragments enclavés. —

On peut quelquefois reconnaître l'âge relatif de deux roches trappéennes, ou celui d'un dépôt aqueux et du trapp sur lequel il repose, par la rencontre de fragments de l'une de ces roches enclavés dans l'autre, et cela dans les cas déjà signalés où la preuve par la seule superposition serait insuffisante. Il n'est pas rare non plus de trouver un conglomérat presque exclusivement composé de cailloux roulés de trapp, associés à quelque formation stratifiée fossilifère, dans le voisinage de la masse trappéenne. Si les cailloux se rapportent en général pour le caractère minéralogique à cette dernière roche, on peut en établir l'âge relatif par la connaissance des couches fossilifères associées au conglomérat. L'origine de ces conglomérats s'explique par l'observation de berges composées de cailloux de trapp au pied des volcans modernes, par exemple, à la base de l'Etna. J'ai déjà fait allusion

(p. 675), à la formation de brèches angulaires ou conglomérats près des bouches de cratères.

Roches volcaniques Post-Tertiaires. — Choisissons maintenant des exemples de roches volcaniques contemporaines appartenant à des périodes géologiques successives, pour démontrer que les causes ignées ont été en activité à toutes les époques anciennes du globe. Ces causes ont continuellement changé les points où elles se sont manifestées à la surface de la terre, et l'on peut prouver que certains espaces qui sont aujourd'hui le théâtre de l'action volcanique étaient à l'état de repos parfait à des époques géologiques reculées, et que, d'un autre côté, les lieux qui, à d'anciennes périodes, subirent à la surface les plus violentes éruptions, longtemps continuées, ont vu cesser complètement l'action ignée pendant les temps historiques, et même comme dans les Iles Britanniques, pendant une grande partie de la période Tertiaire antérieure. Dans les Iles Britanniques, les roches volcaniques les plus récentes sont celles que l'on rencontre dans les Hébrides et dans le nord de l'Irlande; leur association intime avec les strates Secondaires les avaient fait longtemps considérer comme contemporaines de celles-ci, mais, en 1851, le Duc d'Argyll et le Professeur Edward Forbes prouvèrent qu'une partie, au moins, de ces laves anciennes était le fruit d'une éruption qui avait eu lieu pendant la Période Miocène. En 1865, le Professeur A. Geikie découvrit qu'aucune de ces roches volcaniques n'est contemporaine des roches Secondaires, mais qu'elles sont toutes d'un âge postérieur, et probablement de date Tertiaire. De son côté, M. Judd a montré récemment que ces roches sont les produits de trois périodes distinctes d'éruption, qui peuvent se rattacher respectivement (1), suivant une forte présomption, aux époques Eocène, Miocène et Pliocène; mais la dénudation s'est exercée d'une façon telle qu'il ne reste plus de cônes ou cratères qui indiquent les points exacts de l'éruption. Une partie des laves, des tufs et dykes trappéens de l'Etna, du Vésuve et de l'île Ischia, date de l'ère historique; une autre partie, de beaucoup plus considérable, est sortie

(1) *Roches secondaires d'Écosse*, II^e partie. Anciens volcans des Hébrides. Mémoire lu à la Société Géol. de Londres, 21 janvier 1874.

des abîmes de la terre, à des temps immédiatement antérieurs, alors que les eaux de la Méditerranée étaient déjà peuplées des Testacés actuels et que l'Europe était habitée par certaines espèces, maintenant éteintes, d'éléphants, de rhinocéros et d'autres quadrupèdes.

Vésuve. — J'ai raconté, dans les *Principes de géologie*, l'histoire des changements que la région volcanique de la Campanie a subis, comme tout le monde le sait, pendant ces deux derniers mille ans. L'effet d'accumulation produit par les opérations ignées durant cette période ne laisse pas que d'être considérable : il comprend la formation du cône moderne du Vésuve, qui date de l'an 79, et la production de plusieurs petits cônes à Ischia, en même temps que celle du Monte-Nuovo, en 1538. Des courants de lave arrivant à la surface du sol ou sur le fond de l'Océan, — du sable volcanique, de la ponce, des scories lancés dans l'atmosphère pour retomber sur le sol, avec une abondance telle que des cités entières ont été ensevelies, — de vastes étendues de mer comblées ou converties en écueils, — un sédiment tufacé transporté par les rivières et par les inondations à la mer, — ne sont-ce pas là des preuves que durant une seule et même période récente, ont eu lieu des oscillations permanentes qui ont modifié les niveaux relatifs de la terre et des eaux, et cela, sur plusieurs points à la fois, ou même sur un point unique, comme, par exemple, à Pouzzoles, où l'on a constaté des élévations et des abaissements de plus de 6 mètres ? On observe aujourd'hui, se rapportant à ces convulsions, sur les bords du golfe de Baïes, des couches tufacées récentes, remplies d'objets fabriqués de main d'homme et mêlés de coquilles marines.

Nous avons dit aussi (p. 253), que lorsqu'on examine cette même région, on ne tarde pas à s'apercevoir qu'elle consiste surtout en couches tufacées, de date antérieure aux temps historiques, et d'une puissance telle qu'elles constituent des monts de 150 à plus de 600 mètres de hauteur. Ces couches contiennent, les unes des coquilles marines exclusivement d'espèces récentes; d'autres renferment un léger mélange de coquilles dans lequel les espèces éteintes entrent pour un ou deux pour cent.

L'ancienne portion du Vésuve, appelée Somma, se

compose des débris d'un ancien cône qui paraît avoir été détruit en partie par l'explosion du volcan. Dans le grand escarpement que ce reste de l'ancienne montagne présente vers le cône moderne du Vésuve, on remarque un grand nombre de dykes, pour la plupart verticaux, traversant les lits inclinés de laves et de scories qui se sont successivement superposés les uns aux autres, pendant les éruptions qui ont donné lieu à la formation de l'ancien cône. Ces dykes font saillie de plusieurs centimètres, ou même parfois de quelques décimètres, à la surface escarpée du rocher; ils sont extrêmement compactes et moins sujets à la destruction que les tufs et laves poreuses qu'ils traversent. Leur longueur varie depuis 150 mètres, et leur largeur, de 0^m30 à 3^m60. Certains d'entre eux coupent toute la série des lits inclinés dans l'escarpement de la Somma, à partir du sommet jusqu'à la base, et d'autres s'arrêtent court avant moitié chemin. Par leur composition minérale, ils diffèrent peu des laves de la Somma; c'est une pâte de leucite (amphigène) et d'augite, dans laquelle sont disséminés de gros cristaux d'augite et quelques-uns de leucite.

Rien n'est plus remarquable que le parallélisme ordinaire des deux parois d'un dyke; il est presque aussi régulier que celui des deux pans opposés d'un mur en maçonnerie. Ce caractère paraît d'abord des plus inexplicables, surtout si l'on songe aux inégalités et dentelures des crevasses produites par les tremblements de terre dans les masses de composition aussi hétérogène que celles dont se compose le cône de la Somma. Pour expliquer ce phénomène, M. Necker rappelle le récit qu'a fait Sir W. Hamilton d'une éruption du Vésuve, survenue en 1779 : — « Les laves, soit qu'elles fussent en ébullition sur le cratère, soit qu'elles sortissent des parties coniques du volcan, se creusaient constamment, au bas de la partie escarpée de la montagne, des canaux aussi réguliers que s'ils eussent été produits par la main de l'homme; et pendant que ces laves étaient encore à l'état complet de fusion, elles continuaient leur course le long de ces conduits qui, quelquefois, se trouvaient ainsi remplis jusqu'au bord, et d'autres fois l'étaient plus ou moins, suivant la quantité de matière en mouvement.

« Ces canaux (dit le même observateur), lorsqu'on les examinait après une éruption, avaient, en général, comme je l'ai constaté moi-même, de 0^m60 à 1^m80 de largeur, et de 2^m15 à 2^m40 de profondeur. Ils étaient souvent cachés à la vue par une quantité de scories qui avaient formé une croûte à la surface; et la lave, après avoir continué son cours à chemin couvert, sur une longueur de quelques mètres, pénétrait, encore liquide, dans un conduit ouvert. Il m'est arrivé, après une éruption, de marcher dans ces galeries ouvertes et souterraines, excessivement curieuses; les parois latérales, le plancher et le plafond étaient *parfaitement lisses par usure et nivelés* presque partout; ils avaient été laissés à cet état par la violence des courants de lave incandescente qui les avaient parcourus pendant plusieurs semaines consécutives. » Il m'a été donné de vérifier moi-même ce phénomène, en 1858, lorsqu'un courant s'échappa d'un cône latéral (1). Or, les parois d'une fissure verticale par laquelle est montée la lave pour atteindre au soupirail volcanique, ont dû être exposées à la même érosion que celles des canaux dont il vient d'être question. Le frottement prolongé et uniforme du lourd fluide, obligé de s'élever, n'a pas manqué de niveler et polir le fond sur lequel il s'est exercé; de plus, la chaleur intense a dû fondre toutes les masses qui faisaient saillie et obstruaient le passage de la matière incandescente.

La roche qui constitue les dykes dans la portion ancienne comme dans la masse moderne du Vésuve, est beaucoup plus compacte que dans la lave commune, car la pression d'une colonne de matière fondue, remplissant une fente, dépasse de beaucoup celle d'un courant ordinaire de lave, et cette pression empêche l'expansion des gaz qui donnent lieu aux cellules. Presque tous les dykes du Vésuve montrent une tendance à se diviser en prismes horizontaux, — phénomène qui s'accorde avec la formation de colonnes verticales au travers des lits horizontaux de lave; car, dans les deux cas, les divisions qui donnent naissance à la structure prismatique sont perpendiculaires aux surfaces de refroidissement (voir ci-dessus, p. 677).

(1) *Principes de Géologie*, vol. 1, p. 814.

Auvergne. — Quoique les dernières éruptions qui ont eu lieu dans la France Centrale aient précédé l'époque historique, elles sont assez modernes pour offrir une connexion très-intime avec la configuration superficielle de la contrée, ainsi qu'avec les vallées et les rivières actuelles. Parmi un grand nombre de cônes à cratères parfaits, il en est un, celui qui est connu sous le nom de Puy du Tartaret, de la base duquel est sortie une coulée de lave qui, sur une distance de 21 kilomètres, a suivi le fond de la présente vallée jusqu'au village de Nechers. Elle a recouvert l'alluvion de l'ancienne vallée dans laquelle ont été conservés les ossements d'une ancienne espèce de cheval, d'un lagomys, et d'autres quadrupèdes qui offrent tous une étroite parenté avec les animaux récents, ainsi que des coquilles terrestres d'espèces actuellement vivantes, telles que: *Cyclostoma elegans*, *Helix hortensis*, *H. nemoralis*, *H. lapicida*, et *Clausilia rugosa*. Néanmoins, le courant qui s'est échappé du Puy du Tartaret est très-ancien relativement à l'histoire de l'homme; on en a la preuve non-seulement dans la différence que présente la faune mammifère comparée à celle d'aujourd'hui, mais encore dans le fait de l'existence, à 2 kilomètres et demi environ de Saint-Nectaire, d'un pont romain d'une forme et d'une construction telle, qu'il doit dater du v^e siècle, peut-être même d'une époque plus ancienne. Cet ancien pont est jeté sur la rivière Couze; il est supporté par deux arches, chacune de 4^m20 environ de large; ces arches s'élèvent de la lave du Tartaret, sur les deux côtés du cours d'eau, circonstance démontrant qu'un ravin tout à fait semblable à celui qui existe aujourd'hui avait été creusé par la rivière à travers la lave, treize ou quatorze siècles auparavant.

Lorsqu'on suit le cours de la rivière Couze, on remarque qu'elle s'est creusée le plus souvent, comme à l'endroit de l'ancien pont dont nous venons de parler, un lit profond au travers de la lave dont la partie inférieure est colonnaire. Dans quelques gorges étroites, le torrent a été assez puissant pour emporter la masse entière des roches basaltiques, de manière à interrompre complètement, sur un court espace, la continuité du courant volcanique. Le travail d'érosion a été probablement très-

lent, car le basalte était tenace et dur, et chaque colonne a dû, l'une après l'autre, être démantelée et réduite en cailloux, puis transformée en sable. Pendant le temps qu'a exigé cette opération, le cône pourtant si périssable du Tartaret, occupant la partie inférieure de la grande vallée qui descend du Mont Dore et barre la rivière assez complètement pour donner naissance au lac de Chambon, est resté intact; ce qui prouve que ni grande inondation, ni déluge n'ont bouleversé cette région pendant l'intervalle qui s'est écoulé entre l'éruption du Tartaret et les temps actuels.

Puy de Côme. — On peut aussi signaler comme autre petit volcan, à peu près du même âge, le Puy de Côme et sa coulée de lave, près de Clermont. Cette éminence conique s'élève d'un plateau granitique, sous l'angle de 30 à 40 degrés, jusqu'à la hauteur de plus de 270 mètres. Son sommet offre deux cratères distincts, dont l'un d'une profondeur verticale de 75 mètres. Un courant de lave qui s'est échappé de la base occidentale de cette colline au lieu de sortir de l'un ou de l'autre cratère, a suivi une pente granitique dans la direction de l'emplacement actuel de la ville de Pontgibaud. De là il s'est étalé en une large nappe descendant par un plan rapide à la vallée de la Sioule, et remplissant le lit de la rivière sur une longueur de plus de 1 kilomètre et demi. Ainsi chassée de son premier lit, la Sioule s'est frayée une voie nouvelle entre la lave et le granite de sa rive occidentale, et l'excavation a mis à découvert, en un point, une sorte de muraille de basalte colonnaire, sur une profondeur d'environ 15 mètres (1).

Ce ravin continue de s'approfondir; chaque hiver, quelques colonnes de basalte sapées dans leurs fondements s'écroulent, descendent le lit de la rivière, et sont transformées, après un parcours de quelques kilomètres, en sable et en cailloux roulés. Quant au cône de Côme, il est resté jusqu'à ce jour intact; ses matériaux meubles ont été protégés par une épaisse végétation, et comme il est situé sur une élévation qui n'est commandée par aucune autre, il se trouve à l'abri des inondations causées par

(1) Scrope, *France Centrale*, p. 60 et Planche.

les pluies. La dégradation que pourra subir, par la suite des temps, le basalte très-dur, n'aura pas de fin, si la géographie physique de la contrée conserve sa condition actuelle, et il n'y aura pas de terme au nombre d'années pendant lesquelles le sommet du Puy de Côme, composé de matériaux incohérents et transportables, restera dans un état presque stationnaire.

Puy de Pariou. — Le bord du cratère du Puy de Pariou, près de Clermont, est tellement aigu, et a si peu souffert des injures du temps, qu'à peine offre-t-il une place pour s'y tenir debout. Ce cône et divers autres ont résisté d'une manière remarquable, non point, je le suppose, en *dépit* de leur nature meuble ou poreuse, comme on pourrait le croire de prime abord, mais à cause même de ce caractère. Il ne doit pas se rassembler de filets d'eau sur une surface où toute la pluie est immédiatement absorbée par le sable et les scories, comme c'est le cas bien manifeste pour l'Etna. Une trombe seule, se précipitant directement sur le Puy de Pariou, eût été capable d'emporter une portion de la montagne, en supposant toutefois que cette trombe ne se fût point engouffrée dans les entrailles du cône ouvert par suite d'un tremblement de terre. J'ai montré ailleurs (*Antiquité de l'homme*, 4^e édit. 1873, p. 228) que dans un district voisin du Velay ou Haute-Loire, à 80 kilomètres environ au sud-est de Clermont, on a les preuves d'éruptions qui, sans s'être continuées jusqu'à la période historique, ont cependant eu lieu dans la période de l'homme.

Roches volcaniques du Nouveau Pliocène. —

La portion la plus ancienne du Vésuve et de l'Etna date de la fin du Nouveau Pliocène, époque à laquelle moins de dix coquilles, et quelquefois une seule sur cent, différaient de celles qui existent aujourd'hui. Nous avons déjà constaté pour l'Etna (p. 251), que des formations Post-Pliocènes se rencontrent aux environs de Catane, tandis que les laves plus anciennes du grand volcan sont Pliocènes. Ces dernières sont associées à des dépôts sédimentaires, à Trezza et autres endroits situés sur les flancs orientaux et méridionaux du grand cône.

Iles des Cyclopes. — Les îles des Cyclopes que les Siciliens appellent *Isoledei Faraglioni*, et dont les falaises

marines font voir des couches d'argile, de tuf et de lave, sont situées dans la baie de Trezza et peuvent être regardées comme l'extrémité d'un promontoire détaché de la terre principale. Ces îles fournissent des preuves nombreuses d'éruptions sous-marines qui auraient envahi ou traversé les couches argileuses et sableuses, et produit des brèches tufacées. Celles-ci contiennent un grand nombre de fragments anguleux et durcis d'argile feuilletée, à divers états d'altération produits par la chaleur, et entremêlés de sable volcanique.

La plus élevée des petites îles, ou plutôt des roches des Cyclopes, a 60 mètres environ de haut; le sommet en est formé d'une masse d'argile stratifiée, dont les feuillets sont parfois séparés par de minces bandes arénacées. Les couches plongent au nord-ouest, et reposent sur une masse de lave colonnaire (voir fig. 608) dans laquelle les sommets des piliers ont été usés et arrondis par l'action de l'atmosphère au point d'être souvent hémisphériques. Sur quelques points, dans l'île voisine, la plus grande du groupe, et qui se trouve vers le nord-est de

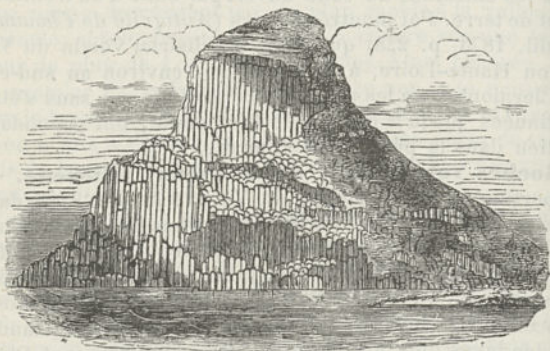


Fig. 608. — Vue de l'île des Cyclopes dans la baie de Trezza. (Dessin du Capitaine Basil Hall, de la Marine Royale.)

celle que représente notre dessin (fig. 608), l'argile sus-jacente a été profondément altérée et endurcie par la

roche ignée; parfois elle a été contournée de la manière la plus bizarre; cependant la disposition feuilletée non-seulement est restée intacte, mais encore s'est accentuée de plus en plus par l'endurcissement.

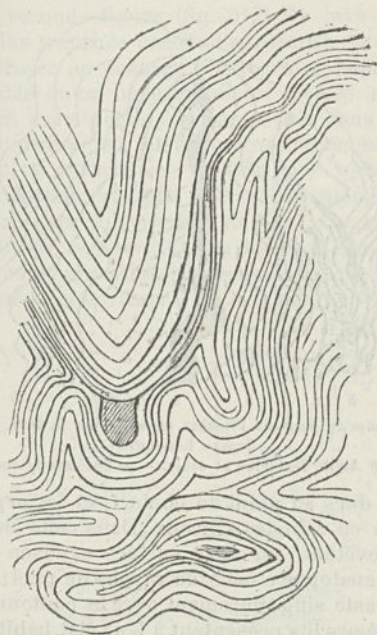


Fig. 609. — Strates contournées dans la plus grande des îles des Cyclopes.

Dans le dessin (fig. 609) j'ai représenté une portion de la roche altérée, de quelques décimètres carrés, dans laquelle les feuillets minces et alternants de sable et d'argile ont pris la structure contournée que l'on observe souvent dans quelques anciens schistes métamorphiques. Une grande fissure courant de l'est à l'ouest divise l'île, la plus grande, en deux parties presque égales, et laisse voir sa structure intérieure. Dans la coupe ci-contre, on remarque un dyke de lave qui, après avoir traversé une

autre masse de lave plus ancienne, a pénétré dans les couches tertiaires sous-jacentes. Sur un point, la lave se ramifie et se termine en veines minces, d'une épaisseur de plusieurs centimètres à quelques millimètres seulement (voir fig. 610). Les feuilletés arénacés sont beau-

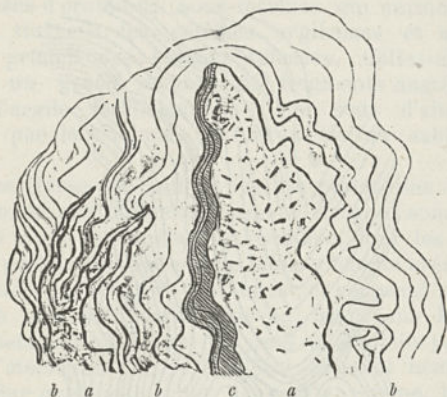


Fig. 610 Couches du Nouveau Pliocène envahies par la lave. Ile des Cyclopes (coupe horizontale).

a Lave. — *b* Argile feuilletée et sable. — *c* Les mêmes couches altérées.

coup plus durs au point de contact, et les argiles ont été converties en schistes siliceux. Dans cette île les roches altérées revêtent, sur leur surface exposée à l'air, une structure analogue à celle de rayons de miel; cette structure contraste singulièrement avec le contour uni et égal que les mêmes lits présentent à leur état habituel de faible consistance.

Dykes de Palagonia. — On remarque aussi des dykes de lave vésiculaire et amygdalaire traversant le tuf marin ou peperino, à l'ouest de Palagonia; quelques-uns des pores de la lave sont vides, d'autres sont remplis de carbonate de chaux. Dans de tels cas, on peut supposer que le tuf est résulté de la chute de sable volcanique, de scories, et en même temps de fragments calcaires lancés par une explosion sous-marine, semblable à celle qui a donné naissance à l'île Graham, en 1831. Lorsque la masse se fut jusqu'à un certain point consolidée, une

crevasse dut s'ouvrir, et la lave monta par des fissures dont les parois étaient parfaitement unies et parallèles. Après son refroidissement, la matière en fusion qui avait obstrué la fissure (fig. 611) fut divisée et refoulée par un mouvement latéral.

Dans la seconde figure (fig. 612) la lave offre d'une manière plus tranchée encore l'apparence d'une veine qui se serait frayée un passage à travers le peperino. Il est très-probable qu'on observerait les mêmes accidents, si l'on pouvait examiner le fond de la mer dans cette partie de la Méditerranée où les vagues ont récemment entraîné la nouvelle île volcanique; en effet, dès qu'un amas de fragments éjectés de l'intérieur a été emporté par la dénudation, on peut s'attendre à voir des coupes de dykes à travers le tuf, ou, en d'autres termes, des sections de canaux de communication par lesquels la lave souterraine est parvenue à la surface.

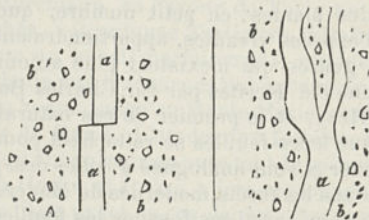


Fig. 611.

Fig. 612.

Plan de Dykes, près de Palagonia.

a Lave. — *b* Peperino consistant en sable volcanique mêlé à des fragments de lave et de calcaire.

Madère. — Quoique la plupart des éruptions volcaniques qui ont donné naissance à Madère et à l'île de Porto-Santo, sa voisine, aient eu lieu, comme nous allons le voir, pendant la période du Miocène Supérieur, il n'en est pas moins vrai que la plus grande partie de l'île est de date Pliocène. Quant aux dernières éruptions, je crois devoir les rapporter à la période du Nouveau Pliocène, d'après l'étroite affinité qu'offre la flore actuelle de Madère avec les plantes fossiles conservées dans le lit à feuilles qui se

trouve dans la partie nord-est de l'île. Ces fossiles sont associés à du lignite dans le ravin de la rivière San Jorge; on ne peut pas prouver qu'ils appartiennent à des espèces éteintes, mais on peut démontrer leur ancienneté d'après les considérations suivantes : 1° — Le lit à feuilles découvert en 1853, par M. Hartung et moi, à une hauteur de 300 mètres au-dessus du niveau de la mer, affleure à la base d'une falaise formée par l'érosion d'une gorge; celle-ci a été creusée à travers des lits alternants de basalte et de scories, produits d'une longue suite d'éruptions de date inconnue, qui se sont empilés jusqu'à une hauteur de 300 mètres et qui ont été tous émis lorsque les plantes, dont on connaît environ 20 espèces, prospéraient déjà à Madère. Ces laves sont inclinées sous un angle de 15° vers le nord, et sont descendues de la région formant le centre principal de l'éruption; leur accumulation implique une longue période d'action volcanique intermittente, à la suite de laquelle le ravin de San Jorge a été creusé. 2° — Quelques-unes des plantes, en petit nombre, quoique peut-être toutes d'espèces vivantes, appartiendraient, on le suppose, à des genres qui n'existent plus aujourd'hui dans l'île. Elles ont été décrites par Sir Charles Bunbury et le Professeur Heer; et le premier de ces naturalistes a fait remarquer que leurs feuilles se rattachent pour la plupart au type laurier et sont analogues à celles des plantes que l'on trouve dans les forêts modernes de Madère. Le même auteur a reconnu parmi ces fossiles les feuilles du *Woodwardia radicans* et *Davallia Canariensis*, fougères qui abondent aujourd'hui à Madère. 3° — L'ancienneté de ce lit à feuilles de San Jorge, dont la première formation s'est peut-être faite dans le cratère de quelque ancien cône volcanique, plus tard enseveli sous la lave, est démontrée par le fait que le dépôt appartient à une partie de l'extrémité orientale de Madère qui fut couverte, dans le district attenant de Caniçal, par du sable transporté par les vents au sein duquel sont ensevelies, en très-grand nombre, des coquilles terrestres. Ces coquilles fossiles ne se rapportent pas à moins de 36 espèces, parmi lesquelles, les unes, les plus nombreuses, sont aujourd'hui extrêmement rares dans l'île, et les autres, 5 pour cent environ, sont éteintes ou ne se trouvent plus dans aucune partie du

globe. Plusieurs d'entre elles, du genre *Helix*, se font remarquer soit par leurs formes particulières, soit par leurs grandes dimensions. La configuration de la contrée montre que le lit à coquilles est bien plus moderne que le lit à feuilles; il faut donc le rapporter au Nouveau Pliocène, suivant la définition qui a été donnée de cette période dans un chapitre précédent (p. 164).

Période du Vieux Pliocène. — *Italie.* — On rencontre à Radicofani, Viterbe et Aquapendente, en Toscane, ainsi que dans la Campagne de Rome, des tufs volcaniques sous-marins intercalés dans les couches du Vieux Pliocène des monts Subapennins. Leur disposition indique évidemment qu'ils sont le produit d'éruptions survenues à l'époque où les marnes et sables coquilliers de ces monts Subapennins étaient en voie de dépôt. Cette opinion (1), je l'exprimai après mon voyage de 1828 en Italie, et elle a été confirmée en 1850 par les arguments fournis par Sir R. Murchison en faveur de l'origine sous-marine des roches volcaniques Tertiaires d'Italie (2). Ces roches, comme on le sait parfaitement, reposent en position concordante sur les marnes Subapennines et s'étendent ainsi vers le sud jusqu'au Monte-Mario, compris dans les faubourgs de Rome. L'étude des fossiles marins du Monte-Mario, qu'ont entreprise avec tant de soins MM. Rayneval, Vanden Hecke et Ponzi, a jeté récemment un nouveau jour sur l'âge exact de ces dépôts. Ces explorateurs ont comparé jusqu'à 160 espèces de cette formation avec les coquilles du Crag Corallin de Suffolk, si bien décrit par M. Searles Wood; et la concordance spécifique entre les fossiles anglais et les fossiles italiens est si grande, que nous n'hésitons pas, après avoir tenu compte de la distance géographique et de la différence de latitude, à rapporter les espèces des deux pays à la même période, c'est-à-dire au Vieux Pliocène tel que nous l'avons défini dans cet ouvrage. Il est très-probable qu'on pourrait découvrir entre les trachytes les plus anciens de la Toscane et les roches les plus modernes des environs de Naples une série de produits volcaniques de tous les âges, depuis le Vieux Pliocène jusqu'à l'époque historique.

(1) Voir *Principes de Géologie*, ch. xxxi. Edit. antérieures à celles de 1833.

(2) *Geol. Quart. Journ.*, vol. VI, p. 281.

Volcans Pliocènes de l'Eifel. — Quelques-uns des cônes et cratères les plus complets d'Europe, sans même en excepter ceux du district entourant le Vésuve, se rencontrent sur les deux bords du Rhin, près de Bonn et Andernach. Ils diffèrent de tous les volcans que j'ai observés partout ailleurs par des traits particuliers qui résultent du rôle principal qu'a joué la vapeur aqueuse dans leurs éruptions et des petites quantités de lave qu'ils ont émises. Les roches fondamentales de la contrée sont des schistes et des grès rouges et gris, avec quelques calcaires, le tout rempli de fossiles du Devonien ou groupe du Vieux grès Rouge. Les volcans se sont fait jour au milieu de ces couches inclinées, à une époque où les systèmes actuels de collines et de vallées s'étaient déjà dessinés. Les éruptions ont eu lieu parfois dans le fond de vallées profondes, d'autres fois sur le sommet de collines et fréquemment sur des plateaux intermédiaires ; un voyageur qui parcourt ce district ne manque pas d'en rencontrer souvent des traces et sans s'y attendre ; il nous est souvent arrivé de nous trouver sur le bord même d'un cratère avant de soupçonner seulement que nous approchions d'une ancienne bouche à feu. Par exemple, supposons qu'en arrivant au village de Gemund, immédiatement au sud de Daun, on quitte le ruisseau qui coule au fond d'une vallée profonde où affleurent des couches de schiste, et qu'on gravisse ensuite une colline escarpée à la surface de laquelle on voit la tranche des mêmes couches plongeant à l'intérieur de cette colline ; lorsqu'on aura atteint une hauteur considérable, on commencera à rencontrer des fragments de scories répandus çà et là à la surface ; enfin, dès qu'on sera parvenu au point culminant on se trouvera tout à coup sur le bord d'un *tarn* ou bassin de lac profond, circulaire, connu sous le nom de Gemunder Maar. A voir ce bassin on reconnaît la forme ordinaire d'un cratère ; du reste, il fallait s'y attendre, par la rencontre de scories répandues à la surface du sol. Mais si l'on examine les parois du cratère, on remarque des précipices de grès et de schiste qui ne montrent aucune trace de l'action ignée ; on y cherche en vain ces lits de lave et de scories plongeant dans toutes les directions que nous sommes habitués à considérer comme caracté-

ristiques des éruptions volcaniques. Toutefois, à mesure que l'observateur s'avance vers le côté opposé du lac, il rencontre une quantité considérable de scories et quelques laves; il remarque, en même temps, que la surface entière du sol est parsemée de sable volcanique et de fragments rejetés d'un schiste à moitié fondu, qui a conservé sa texture feuilletée à l'intérieur, tandis que la surface est vitrifiée et scoriforme.

On rencontre dans l'Eifel Supérieur d'autres cratères à lac de forme circulaire ou ovale, creusés dans des couches anciennes semblables, fournissant la preuve d'un dégagement prodigieux de gaz qui aurait lancé dans l'air des amas considérables de schiste pulvérisé. Je ne connais pas d'autre volcan éteint où des explosions gazeuses d'une telle énergie et d'une telle abondance aient amené une aussi minime quantité de lave. Cependant c'est en vain que j'ai cherché dans l'Eifel des indications à l'appui de l'hypothèse dite des *cratères de soulèvement*, dont nous parlerons dans le dernier chapitre, suivant laquelle les roches stratifiées auraient été soulevées tout autour de la bouche volcanique par l'émission subite de volumes énormes de gaz, pour former des masses coniques à couches plongeant au dehors, de tous les côtés d'un axe central.

J'ai déjà cité (p. 679, fig. 500), un exemple, dans l'Eifel, d'une petite coulée de lave qui est sortie de l'un des cratères de ce district, à Bertrich-Baden. Il montre qu'à l'époque où quelques-uns de ces volcans étaient déjà en activité les vallées avaient été creusées jusqu'à leur profondeur actuelle.

Trass. — L'alluvion tufacée appelée *trass*, qui a recouvert de larges surfaces dans l'Eifel et comblé quelques vallées, aujourd'hui en parties creusées de nouveau, n'est pas stratifié. Sa base est presque entièrement composée de ponce contenant des fragments de basalte et d'autres laves, des morceaux de schiste, d'ardoises et de grès calcinés, ainsi que de nombreux troncs et branches d'arbres. Si ce *trass*, comme cela est probable, se forma durant la période des éruptions volcaniques, peut-être son origine fut-elle analogue à celle du *moya* des Andes.

On comprend facilement qu'une masse semblable pour-

rait très-bien aujourd'hui se produire, si un volume énorme de gaz se développait dans l'un des bassins à lac. Qu'une brèche vint alors à s'ouvrir sur l'un des flancs du cône, le flot précipiterait d'énormes amas de fragments ejectés de schiste et grès qui iraient combler la vallée la plus proche. Des forêts entières pourraient disparaître sous la violence d'un cataclysme pareil, et de là l'existence de ces nombreux troncs d'arbres que l'on trouve dispersés irrégulièrement à travers le trass. La disposition de ce trass, conforme à celle du sol des vallées actuelles, démontre qu'il est d'origine comparativement moderne, et que son âge ne remonte probablement pas au delà de la période Pliocène.

CHAPITRE XXX.

AGE DES ROCHES VOLCANIQUES (*suite*).

Roches volcaniques de la période du Miocène Supérieur. — Madère. — Grandes Canaries. — Açores. — Roches volcaniques du Miocène Inférieur. — Ile de Mull. — Staffa et Antrim. — L'Eifel. — Roches volcaniques des Miocènes Supérieur et Inférieur d'Auvergne. — Mont de Gergovia. — Roches volcaniques Eocènes des Hébrides et de Monte Bolca. — Trapp de la Période Crétacée. — Période Oolithique. — Période Triasique. — Période Permienne. — Période Carbonifère. — Arbres en position verticale dans la cendre volcanique de l'île d'Arran. — Période du Vieux Grès Rouge. — Période Silurienne — Période Cambrienne. — Roches volcaniques Laurentiennes.

Roches volcaniques du Miocène supérieur. —

Madère. — Les éruptions volcaniques appartiennent en majeure partie, ainsi qu'on l'a déjà vu page 707, à la période Pliocène, mais les plus anciennes d'entre elles datent du Miocène supérieur, comme le montrent les coquilles fossiles renfermées dans les tufs marins qui, à San Vicente, dans la partie septentrionale de l'île, se trouvent soulevés à une hauteur de 390 mètres au-dessus du niveau de la mer. Une formation également marine et volcanique constitue la portion fondamentale de Porto-Santo, île voisine de Madère, à une distance de 64 kilomètres environ. Dans les deux localités, les couches marines d'une hauteur égale sont recouvertes de laves d'origine sous-aérienne.

C'est dans l'île de Baixo, située en regard de l'extrémité méridionale de Porto-Santo, qu'on a obtenu la plus grande quantité de fossiles, des tufs, conglomérats et lits de calcaire qui composent les terrains de cette île. Le nombre des espèces recueillies dans cette seule localité monte à plus de 60, dont environ 50 mollusques, qui, pour

la plupart, ne sont représentés que par des moules. Quelques-unes de ces coquilles ont probablement vécu dans l'endroit même pendant les intervalles de temps qui se sont écoulés entre les éruptions; d'autres auraient été lancées dans l'eau ou dans l'atmosphère avec des déjections boueuses, et, en retombant, se seraient déposées sur le lit de la mer. Certains fragments de lave celluleuse, qui entrent dans la composition des brèches et conglomérats, ont leurs vides en partie comblés par des concrétions calcaires (calc-sinter), et sont à moitié convertis en amygdaloïdes. Dans les coquilles communes à Madère et à Porto-Santo, on remarque, parmi les univalves, de larges cônes, des strombes et des cauris; parmi les bivalves lamellibranches les *Cardium*, *Spondylus* et *Lithodomus*; parmi les Echinodermes le grand Clypeaster, appelé *C. altus*, fossile éteint du Miocène d'Europe.

M. Karl Mayer a donné dans la *Madeira* de Hartung un très-long catalogue de fossiles; mais, dans la collection que j'ai formée, et dans une autre plus riche encore de M. J. Yate Johnson, on peut voir plusieurs formes qui ne se trouvent pas dans la liste de Mayer; je citerai entre autres, la *Pholadomya* et une grande *Terebra*. M. Johnson a également trouvé dans ces tufs volcaniques de Baixo un magnifique spécimen de *Nautilus (Atruria) ziczac* (fig. 211, p. 334) fossile Falunien d'Europe bien connu, et l'Echinoderme *Brissus Scillæ*, espèce vivante de la Méditerranée, que l'on a trouvée à l'état de fossile dans les couches Miocènes de Malte. M. Mayer identifie un tiers des coquilles de Madère avec les formes connues du Miocène d'Europe ou Falunien. Le gros Strombus de San-Vicente et de Porto-Santo, *S. Italicus*, est une coquille éteinte des formations Subapennines ou du Vieux Pliocène. Les mollusques déjà fournis par les diverses localités de Madère et de Porto-Santo sont au moins au nombre de cent; et, suivant feu le D^r S. P. Woodward, plus d'un tiers appartient à des espèces encore vivantes, mais dont la plupart ont cessé d'habiter les mers voisines de ces contrées.

On a fait remarquer (p. 270) que l'on rencontre dans les dépôts du Vieux Pliocène et du Miocène Supérieur d'Europe des formes nombreuses qui présentent un

aspect plus méridional que celles qui vivent aujourd'hui dans la mer qui baigne ces rivages. La même observation s'applique aux coraux fossiles ou Zoanthaires, au nombre de six, que j'ai recueillis à Madère, et qui appartiennent aux genres *Astræa*, *Sarcinula*, *Hydnophora*; M. Lonsdale a déclaré que ces formes étaient étrangères aux côtes de ces îles, et qu'elles concordaient avec la faune d'une mer plus chaude que celle qui sépare actuellement Madère du point le plus rapproché des côtes d'Afrique. D'un autre côté, les observations faites en 1859 par le Rév. R. T. Lowe nous apprennent que sur les quatre-vingt-dix mollusques marins recueillis par lui sur la plage sablonneuse de Mogador, plus de la moitié ou cinquante-trois sont des espèces communes à l'Angleterre, bien que Mogador soit à 18 degrés et demi au sud des rivages les plus voisins de ce pays. Il en est de même pour les coquilles actuelles de Madère et de Porto-Santo qui sont des espèces d'un climat tempéré, bien que spécifiquement elles diffèrent en grande partie de celles de Mogador (1).

Grande Canarie. — On trouve dans les îles Canaries (2), et spécialement dans la Grande Canarie, la même formation marine du Miocène Supérieur. Aux environs de Las Palmas, des tufs stratifiés, avec laves et conglomérats intercalés, se présentent sous forme de petites couches presque horizontales dans des falaises marines d'environ 90 mètres de hauteur. M. Hartung et moi ne pûmes découvrir dans ces tufs des coquilles marines à une plus grande élévation que 120 mètres au-dessus du niveau de la mer; mais comme le dépôt qui les contient atteint dans l'intérieur une hauteur de 335 mètres et plus, on conçoit que le sol a subi un exhaussement d'au moins cette quantité. Les *Clypeaster altus*, *Spondylus gæderopus*, *Pectunculus pilosus*, *Cardita calyculata*, et plusieurs autres coquilles, servent à identifier cette formation avec celle de Madère; l'*Ancillaria glandiformis*, qui n'est pas rare, et quelques autres fossiles, nous rappellent les faluns de Touraine.

(1) *Linnean Proceedings; Zoology*, 1860.

(2) Pour une description complète de l'île volcanique de Palma, l'une des Canaries, voir les *Éléments de Géologie*, 1867, vol. II, p. 319.

Les soixante-deux espèces Miocènes que j'ai recueillies dans la Grande Canarie se rapportent, suivant feu le Docteur S. P. Woodward, à quarante-sept genres, dont dix ne sont plus représentés depuis longtemps dans la mer voisine; ce sont les *Corbis*, forme d'Afrique, *Hinnites*, vivant aujourd'hui dans l'Orégon, *Thecidium* (*T. Mediterraneum*, identique au fossile Miocène de Saint-Juvat, en Bretagne, France), *Galyptæa*, *Hipponyx*, *Nerita*, *Erato*, *Oliva*, *Ancillaria* et *Fasciolaria*.

Ces tufs des rivages méridionaux de la Grande-Canarie, contenant les coquilles du Miocène Supérieur, paraissent être à peu près du même âge que les roches volcaniques les plus anciennes de l'île. Au-dessus de ce dépôt se sont accumulés des tufs trachytiques, des laves marines et des produits basaltiques provenant de volcans subaériens; le tout forme une épaisseur de 1,200 à 1,500 mètres, les parties centrales de la Grande-Canarie atteignant une élévation de 1,820 mètres au-dessus du niveau de la mer. Une grande partie de cette masse est de date Pliocène, et certaines laves d'un aspect très-récent auraient été vomies depuis l'époque où l'excavation des vallées avait déjà atteint quelques décimètres de leur profondeur actuelle.

Dans leur ensemble, les roches de la Grande Canarie, île de forme presque circulaire et d'un diamètre de 6 $\frac{1}{2}$ milles géographiques environ, fournissent les preuves d'une longue série d'éruptions qui ont commencé, comme celles de Madère, de Porto-Santo et des Açores, à l'époque du Miocène Supérieur et ont continué jusqu'à la Période Pleistocène. La surélévation de la Grande Canarie par le fait d'éruptions subaériennes qui ont accumulé des matières sur une épaisseur de plusieurs centaines de mètres, a eu lieu simultanément avec l'exhaussement graduel des produits plus anciens d'éruptions sous-marines, — exhaussement tout à fait analogue à celui qu'ont subi les couches marines Pliocènes dans les portions les plus anciennes du Vésuve et de l'Étna pendant les éruptions de date Post-Tertiaire.

Pour prouver que les mouvements d'élévation se continuent actuellement et n'ont pas cessé depuis les temps Post-Tertiaires, je ferai observer que j'ai vu des plages

exhaussées, contenant des coquilles de la Période récente, dans la Grande Canarie, à Ténériffe et à Porto-Santo. Le banc élevé le plus remarquable se trouve dans la Grande Canarie, où je l'ai examiné en compagnie de Don Pedro Maffiotte; il est placé dans la partie nord-est de l'île, dans une localité appelée San Catalina, qui est située à 400 mètres environ au nord de Las Palmas, et s'étend entre la base de la haute falaise formée de tufs à coquilles Miocènes et le bord de la mer. De cette plage, dont l'élévation au-dessus de la ligne des hautes eaux est de 7^m50, et qui se trouve à une distance d'environ 45 mètres du rivage actuel, j'ai obtenu plus de cinquante espèces de coquilles marines vivantes. La plupart d'entre elles, suivant le D^r S. P. Woodward, n'habitent plus les mers contiguës; le *Strombus hubbonius*, par exemple, que l'on rencontre de nos jours sur la côte occidentale d'Afrique, le *Cerithium procerum*, forme actuelle du Mozambique, ainsi que d'autres espèces de la Méditerranée, telles que les *Pecten Jacobæus* et *P. Polymorphus*. Quelques-uns de ces testacés vivent, comme la *Cardita squamosa*, dans les eaux profondes, et le dépôt en question semblerait, en somme, indiquer des eaux d'une profondeur de plus de 30 mètres.

Açores. — L'île de Sainte-Marie, l'une des Açores, a fourni depuis longtemps des coquilles marines connues des géologues. Elles furent trouvées sur la côte nord-est dans un petit promontoire avancé, connu sous le nom de Ponta do Papagaio (ou Pointe du Perroquet), et principalement dans un calcaire d'environ 6 mètres d'épaisseur qui repose sur des laves basaltiques, des scories et des conglomérats de même nature que les couches qui le recouvrent. Les cailloux roulés du conglomérat sont liés entre eux par un ciment de carbonate de chaux. *

M. Hartung, dans sa relation sur les Açores, publiée en 1860, décrit 23 coquilles de Sainte-Marie (1), sur lesquelles huit peut-être sont identiques avec des espèces vivantes, et douze peuvent être rapportées, avec plus ou moins de certitude, aux formes Tertiaires d'Europe et

(1) Hartung, *Die Azoren*, 1860; voir aussi *Insel Gran Canaria, Madeira und Porto Santo*, 1864, Leipzig.

particulièrement à celles du Miocène Supérieur. Parmi les nouvelles espèces, la plus caractéristique et la plus abondante est le *Cardium Hartungi*, fossile inconnu en Europe, mais très-commun à Porto-Santo et à Baixo; il sert à relier la faune Miocène des Açores à celle de Madère. Dans quelques îles des groupes des Canaries et des Açores, les feux volcaniques ne sont pas encore éteints, ainsi que l'attestent les éruptions observées de Lanzerote, Ténériffe, Palma, Saint-Michel et autres localités. Les sondages faits récemment (1873) par M. Challenger, de la Société Royale de Londres, ont prouvé que les Açores, les Canaries, les îles du Cap Vert, etc., ne sont que les sommets les plus élevés d'une grande chaîne de montagnes submergées, comparable à celle des Andes de l'Amérique du Sud, tant sous le rapport de l'étendue et de l'altitude que du caractère volcanique de la plupart de ses pics les plus élevés.

Roches volcaniques du Miocène Inférieur. — *Ile de Mull et Antrim.* — Je renverrai le lecteur à ce que j'ai déjà dit (p. 309) relativement aux lits à feuilles que l'on rencontre à Ardtun, dans l'île de Mull faisant partie du groupe des Hébrides; ces couches montrent avec les roches volcaniques associées, datant du Miocène Inférieur, un rapport analogue à celui que présente le lit à feuilles de Madère, décrit ci-dessus (p. 708), avec les laves Pliocènes de cette île.

A Ballypalidy et Shane's Castle, dans le Comté d'Antrim, on a trouvé de semblables espèces de plantes Miocènes dans des lits intercalés avec les basaltes; et l'on voit ces basaltes, tant à Antrim qu'à Mull, reposer en stratification discordante sur les strates les plus élevées de la Craie. Les laves basaltiques Miocènes constituent de grands plateaux qui doivent avoir recouvert, à l'origine, plusieurs milliers de kilomètres carrés, bien qu'elles se montrent aujourd'hui fracturées en morceaux épars par suite de la dénudation. Les laves se voient souvent empilées les unes sur les autres, sur une épaisseur de de plus de 600 mètres (1). Les effets intéressants produits par ces basaltes à la Chaussée des Géants, dans

(1) Judd, *Anciens volcans des Highlands*, Geol. Soc., janv. 1874.

l'île d'Antrim, et à la Caverne de Fingal, dans celle de Staffa, sont trop connus pour qu'il soit nécessaire de les décrire.

L'Eifel. — Les roches volcaniques du Rhin Inférieur et de l'Eifel sont en grande partie contemporaines des dépôts du Miocène Inférieur auxquels appartiennent la plupart des *Brown-Coal* (charbons bruns) des Allemands. On voit sur les deux bords du Rhin, aux environs de Bonn, les formations Tertiaires de cet âge reposer en stratification discordante sur des couches fortement inclinées ou verticales de roches Siluriennes ou Dévoniennes. La formation de *Brown-Coal* de cette région consiste en lits de sable meuble, grès, conglomérat, argile avec nodules de minerai de fer argileux, et parfois de silex. Des bandes d'un lignite, couleur brun-clair et quelquefois noir, alternent avec les argiles et les sables, et sont souvent répandues sans régularité au sein des roches. Elles contiennent de nombreuses empreintes de feuilles et de tiges d'arbres; elles sont largement exploitées comme combustible, et de là le nom de la formation. Sur plusieurs points alternent avec les mêmes roches, des couches minces de tufs trachytiques, et au sein de ces tufs on observe des familles de plantes identiques avec celles du *Brown-Coal*; — circonstance prouvant que, pendant la période d'accumulation de ce dernier dépôt, des éjections volcaniques ont eu lieu. Les roches ignées du Westewald et des Montagnes nommées les Siebengebirges, se composent en partie de laves basaltiques et en partie de laves trachytiques, ces dernières étant généralement les plus anciennes des deux sortes. Il y a plusieurs variétés de trachyte; certaines sont éminemment cristallines, et ressemblent à un granite à gros éléments, avec larges cristaux séparés de feldspath. Le tuf trachytique est aussi très-abondant dans cette région.

M. Von Dechen a donné dans son ouvrage sur les Siebengebirges (sept collines) (1) une liste nombreuse des débris animaux et végétaux qui ont été trouvés dans les couches d'eau douce associées au lignite de cette partie de l'Allemagne. On rencontre dans ces couches des plan-

(1) *Geog. nat., Beschreib. Des Siebengebirges am Rhein.* Bonn. 1832.

tes appartenant aux genres *Flabellaria*, *Ceanothus* et *Daphnogène* (ce dernier comprenant le *D. cinnamomifolia*, fig. 158, p. 297) et près de 150 autres plantes. Les poissons, dans le *Brown-Coal* des environs de Bonn, sont répandus au sein d'un schiste bitumineux appelé *Charbon papyracé* (paper-coal), parce qu'on peut le diviser en feuilles extrêmement minces. Les individus en sont très-nombreux, mais paraissent appartenir à un petit nombre d'espèces, dont quelques-unes ont été rapportées par Agassiz aux genres *Leuciscus*, *Aspius* et *Perca*. On a découvert aussi, dans le lignite papyracé, des débris de grenouilles d'espèces éteintes, dont on peut voir une série complète au Muséum de Bonn, et qui représente depuis l'état le plus imparfait du têtard jusqu'à celui de l'animal complet. Avec ces débris on a trouvé une salamandre qu'il est difficile de distinguer des espèces récentes, et aussi des restes de divers insectes.

Roches volcaniques des Miocènes Supérieur et Inférieur en Auvergne. — Les volcans éteints de l'Auvergne et du Cantal, dans le centre de la France, paraissent avoir commencé leurs éruptions durant la période du Miocène Inférieur, et atteint leur maximum d'intensité pendant les ères du Miocène Supérieur et du Pliocène. J'ai déjà signalé la grande succession d'événements dont l'Auvergne a été positivement le théâtre depuis la dernière retraite de la mer (voy. p. 701).

Les monuments les plus anciens de la période Tertiaire que montre cette contrée sont des dépôts lacustres d'une grande épaisseur dont les conglomérats inférieurs contiennent des cailloux roulés de quartz, mica-schiste, granite et autres roches non volcaniques, sans le plus léger mélange de produits ignés. A ces conglomérats succèdent des calcaires ainsi que des marnes calcaires et argileuses, contenant des coquilles et des os de mammifères du Miocène Inférieur; les lits les plus élevés alternent parfois avec un tuf volcanique du même âge. Après le remplissage d'anciens lacs ou l'épuisement de leurs eaux, d'énormes masses de trachyte, de basalte et de brèche volcanique s'accumulèrent sur une épaisseur de centaines de mètres, et se superposèrent au granite ou aux couches lacustres contiguës. La plus grande

partie de ces roches ignées paraît être sortie pendant les périodes du Miocène Supérieur et du Pliocène; des quadrupèdes éteints de ces époques, principalement des genres Mastodonte, Rhinocéros et autres, furent ensevelis dans les cendres ou à travers les lits de sable et de gravier d'alluvion, et durent leur conservation à l'épanchement de la lave qui vint les recouvrir.

La plus ancienne et la plus remarquable des masses volcaniques de l'Auvergne est le Mont Dore, qui repose sans intermédiaire sur des roches granitiques, à distance des couches d'eau douce. Ce mont énorme s'élève rapidement à la hauteur de 1,800 mètres au-dessus du plateau qui l'entoure, et conserve la forme de cône surbaissé, un peu irrégulier; ses versants viennent se fondre suivant une pente plus ou moins abrupte dans le niveau de la haute plaine environante. Le cône se compose de lits minces de scories et de ponce avec leurs détritits à un état ténu, ainsi que de couches intercalées, trachytiques et basaltiques qui, souvent, descendent en nappes non interrompues jusqu'à la base du mont, où elles s'étalent circulairement (1). On observe aussi des conglomérats composés de fragments de roches ignées, les uns anguleux et les autres arrondis, alternant avec les roches dont il a été question ci-dessus; ces différentes masses plongent à partir de l'axe central, et sont parallèles aux flancs inclinés de la montagne. Le sommet du Mont Dore est couronné de sept à huit pics rocheux, et l'on ne saurait y voir aujourd'hui un cratère régulier, mais on peut facilement en imaginer un qu'auraient démantelé les tremblements de terre et dégradé les agents aqueux. Peut-être n'a-t-il formé dans l'origine, comme le cratère le plus élevé de l'Etna, qu'une saillie insignifiante relativement à sa grande masse, et peut-être aussi a-t-il été fréquemment détruit et renouvelé.

Quant à l'âge de l'énorme massif du Mont Dore, il n'a pas été, jusqu'à présent, décidé d'une manière définitive, car on n'a rencontré aucuns débris organiques au sein des tufs, sauf des empreintes de feuilles d'arbres qui ne sont point encore déterminées. Il a été déjà établi (p. 289) que

(1) Scrope, *Central France*, p. 98.

les premières éruptions ont été postérieures à ces sortes de grès grossiers et conglomérats de la formation d'eau douce de la Limagne qui ne contiennent pas de cailloux roulés de roches volcaniques. D'un autre côté, la preuve existe sur quelques points et notamment dans la colline de Gergovia, dont nous allons parler, que des éruptions ont eu lieu avant le dessèchement des grands lacs, et d'autres postérieurement à l'épuisement de leurs eaux, à une époque où de profondes vallées avaient été déjà ouvertes au travers des couches d'eau douce.

La vallée dans laquelle est située le cône du Tartaret, déjà mentionné (p. 701), fournit un monument imposant des différents âges auxquels sont survenues les éruptions ignées en Auvergne; car ce cône, évidemment de date Pleistocène, s'est produit dans la vallée actuelle dont les limites sont des précipices profonds, formés de nappes d'anciens trachytes ou basaltes colonnaires qui ont coulé jadis du sommet du Mont Dore à certain moments de la période Miocène. Ces laves Miocènes se sont accumulées sur une épaisseur de près de 300 mètres avant que le ravin eût été creusé jusqu'au niveau de la Couze, rivière qui finit par être barrée par le cône de nouvelle formation et fut transformée en lac à la partie supérieure de son cours.

Gergovia. — Quelques observateurs ont supposé qu'il y a dans la colline de Gergovia, près de Clermont, alternance d'une coulée contemporaine de lave et de couches d'eau douce. Cette idée est venue de l'intrusion du dyke représenté dans le dessin ci-joint (fig. 613), qui a altéré dans son passage les marnes blanches et vertes enveloppantes. Dans tous les cas, il existe réellement une alternance du tuf volcanique avec des couches renfermant les coquilles d'eau douce du Miocène Inférieur, et parmi lesquelles on peut citer une *Melania* alliée à la *M. inquinata* (fig. 217, p. 336), un *Unio* et une *Melanopsis*. On ne peut donc mettre en doute que des explosions volcaniques n'aient eu lieu, en Auvergne, avant le dessèchement des lacs et à une époque où des espèces animales et végétales du Miocène Inférieur étaient encore vivantes.

Roches volcaniques Eocènes. — *Hebrides.* —

M. Judd (1) a démontré qu'avant l'éruption des basaltes Miocènes des Hébrides, des masses considérables de laves feldspathiques étaient sorties des mêmes événements volcani-

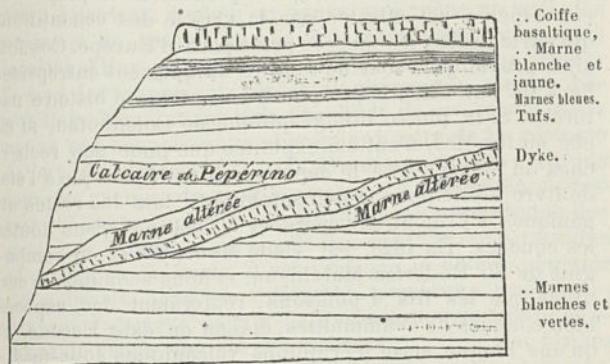


Fig. 613. — Mont Gergovia.

ques. Mais tandis que les laves de la classe basaltique se répandaient sur de vastes surfaces et s'étendaient jusqu'à des points distants de leurs lieux d'origine même de 80 et 95 kilomètres, les laves feldspathiques s'accumulaient autour des bouches volcaniques et ne s'en éloignaient pas ordinairement de plus de 16 kilomètres. M. Scrope et d'autres auteurs ont signalé, dans la plupart des volcans récents, la même différence relativement à la manière de se comporter que montrent respectivement les laves basaltiques et feldspathiques. Partant de ce fait que, d'un côté, l'action ignée paraît s'être mise en exercice dans le district avant la fin de l'époque Crétacée, et que de l'autre les basaltes Miocènes reposent en discordance sur les laves feldspathiques plus anciennes, M. Judd est conduit à regarder ces dernières comme représentant d'une manière générale la période Eocène.

Monte Bolca. — Le calcaire fissile de Monte Bolca, aux environs de Vérone, est renommé depuis des siècles, en

(1) *Anciens volcans des Highlands, Quart. Geol. Journ.* 1874.

Italie, pour les Ichthyolithes parfaitement conservés qu'il contient en quantité. Agassiz a décrit jusqu'à 130 espèces de poissons fossiles recueillis dans ce seul dépôt, et la multitude des individus qui représentent la plupart de ces espèces est attestée par la variété des échantillons qui enrichissent les musées principaux d'Europe. Ces fossiles proviennent tous de fouilles uniquement entreprises dans un but scientifique par des amateurs d'histoire naturelle. Si la pierre lithographique de Solenhofen, si riche en fossiles, n'eût été exploitée que pour des recherches du même genre, le dépôt serait resté presque à l'état de livre scellé pour le paléontologiste, tant les restes organiques s'y montrent épars et disséminés dans toutes les couches. En 1828, j'ai visité Monte Bolca en compagnie de Sir Roderick Murchison, et nous acquîmes la certitude que les lits à poissons, renfermant des espèces bien connues de Nummulites, étaient de date Eocène, et qu'une longue série d'éruptions volcaniques sous-marines, évidemment contemporaines, avaient produit des couches de tuf qui avaient été traversées par des dykes de basalte. Là existe la preuve certaine d'une longue suite d'éruptions volcaniques sous-marines de date Eocène, pendant laquelle, fait remarquer Sir R. Murchison, un nombre considérable de poissons a dû être détruit par le dégagement de la chaleur, les gaz nuisibles et la boue tufacée, comme cela arriva lorsque l'île de Graham émergea, en 1831, entre la Sicile et l'Afrique. A cette époque les eaux de la Méditerranée se chargèrent de limon rouge et furent couvertes de cadavres de poissons sur une vaste étendue (1).

Aux marnes et calcaires de Monte Bolca sont associés des lits contenant du lignite, du schiste argileux et de nombreuses plantes, décrites par Unger et Massalongo, et rapportées par eux à la période Eocène. Le Professeur Heer, ainsi que je l'ai déjà dit (p. 329), fait remarquer que la plupart des espèces sont communes à Monte Bolca et à l'argile blanche d'Alum Bay, dépôt de l'Eocène moyen. Pour établir cette opinion, le même botaniste se fonde sur le caractère tropical de la flore de Monte Bolca, pré-

(1) *Principes de géologie*, chap. xxvii

sentant des différences avec la flore sous-tropicale du Miocène Inférieur de Suisse et d'Italie, dans laquelle il existe un mélange plus considérable de formes propres à un climat tempéré, telles que saule, peuplier, bouleau, orme et autres. Lorsqu'on pense qu'à peine un seul des poissons de Monte Bolca a été trouvé dans une autre localité d'Europe, on reste frappé de l'extrême imperfection des monuments paléontologiques mis à notre disposition. Nous avons pris l'habitude de croire que nous avons une connaissance plus qu'ordinaire de la géologie de la période Eocène, et nous avons pourtant la certitude que des groupes de coquilles passent d'une manière presque continue d'une période à l'autre, depuis l'époque des sables de Thanet jusqu'à celle des couches de Bembridge et du Gypse de Paris. Il est vrai que la disette générale de poissons dans les différents membres, Supérieur, Moyen, Inférieur de la série Eocène, pourrait faire conclure de prime abord à une extrême pauvreté des formes de ce genre durant une longue période; mais, qu'il survienne un accident local, tel que les éruptions volcaniques de Monte Bolca, et aussitôt nous sont révélées les preuves de la richesse et de la grande variété de cette classe de vertébrés dans la mer Eocène. Les genres de poissons de Monte Bolca, s'élèvent, suivant Agassiz, à 75, dont 20 particuliers à cette localité, et 8 seulement communs à la période antérieure du Crétacé. Sur ces 75 genres, 47 se montrent pour la première fois dans les roches de Monte Bolca, aucune de ces formes n'ayant encore été obtenue dans les formations antérieures. Ces poissons diffèrent beaucoup de ceux de la période secondaire, car, à l'exception des Placoïdes, ils sont tous *Téléostéens* (à squelettes complètement osseux); et un seul genre, le *Pycnodus*, appartient à l'ordre des Ganoïdes, qui composent, comme nous l'avons vu, la majeure partie des Ichthyolithes enfouis dans les couches secondaires ou Mésozoïques.

Période Crétacée. — M. Virlet a clairement démontré, dans son travail sur la *Géologie de Morée*, p. 205, qu'en Grèce, certains trapps appartiennent à cet âge : tels sont ceux qui alternent en stratification concordante avec le calcaire crétacé et le grès vert, entre Kastri et Damala,

en Morée. Ils sont formés en grande partie de roches de diallage et de serpentine, ainsi que d'un amygdaloïde avec noyaux calcaires et pâte de serpentine. En certaines parties de la Morée, l'âge de ces roches volcaniques se déduit des faits suivants : les calcaires lithographiques de l'ère Crétacée sont traversés par des trapps, et puis l'on rencontre, à Nauplie et en d'autres lieux, un conglomérat contenant, au milieu de son ciment calcaire, plusieurs fossiles bien connus de la craie et du grès vert, en même temps que des fragments, sous forme de galets, du même trapp serpentineux qui remplit les dykes mentionnés ci-dessus.

Période de l'Oolithe et du Lias. — Bien que les trapps verts et serpentineux de Morée appartiennent principalement à l'ère Crétacée, ainsi que nous venons de le dire, il paraîtrait que certaines éruptions de roches semblables auraient commencé pendant la période Oolithique (1). Il est probable aussi qu'une grande partie des masses trappéennes, appelées Ophiolites dans les Apennins, et associées au calcaire de cette chaîne, sont d'un âge correspondant.

Trapp de la période du Nouveau Grès Rouge. — Dans la partie méridionale du Devonshire, les masses trappéennes sont associées au Nouveau Grès Rouge, et, suivant Sir H. de la Bèche, au lieu d'avoir pénétré à travers du grès après la formation de cette roche, elles auraient été produites par des actions volcaniques contemporaines. Certains lits de grès grossier, mêlés d'une marne rouge ordinaire, ressemblent à des sables rejetés d'un cratère; et dans les conglomérats stratifiés qui se rencontrent près de Tiverton, on remarque de nombreux fragments anguleux de trapp-porphyre, dont quelques-uns pèsent jusqu'à une ou deux tonnes; ils sont entremêlés de galets d'autres roches. Ces fragments anguleux ont été probablement lancés de cratères volcaniques et sont retombés sur la matière sédimentaire dans le moment même où celle-ci se déposait (2).

Trapp de la période du Permien. — Les explorations récentes de M. Archibald Geykie dans l'Ayrshire

(1) Boblaye et Virlet, *Morée*, p. 23.

(2) *De la Bèche, Geol. Proceedings*, vol. II, p. 198.

et à Nithsdale dans le Dumfrieshire ont montré que certaines roches volcaniques de ce comté sont d'âge Permien ; il paraît même très-probable que la portion la plus élevée du *Arthur's Seat* (trône d'Arthur), dans les faubourgs d'Edimbourg, marque le lieu d'une éruption survenue à la même époque.

Trapp de la période Carbonifère. — On reconnaît deux développements étendus de roches trappéennes dans le bassin houiller de Forth, en Ecosse. La plus récente de ces deux classes se rattachant à la partie supérieure du terrain houiller, se voit très-bien le long des bords du Forth, dans le Fifeshire, où les masses ignées se composent de basalte, quelquefois avec olivine. Les roches paraissent avoir été rejetées de volcans, à une époque où les couches sédimentaires étaient encore horizontales, et avoir subi ultérieurement les mêmes dislocations que ces couches. Dans les tufs volcaniques associés du même âge, on rencontre non-seulement des fragments de calcaire, de schiste argileux, de schiste siliceux et de grès, mais aussi des morceaux de houille. D'autre trapps se reliant à la formation carbonifère longent le bord méridional du Stratheden, et forment une crête parallèle aux Ochils, allant de Stirling jusqu'aux environs de Saint-Andrews. Ces roches sont formées presque exclusivement de dolérite, et deviennent, dans quelques cas, terreuses et amygdalaires. Elles se montrent interstratifiées ou intruses parmi le grès, le schiste, le calcaire et le minerai de fer du Carbonifère Inférieur. J'ai examiné ces roches, en 1838, dans les falaises sud de Saint-Andrews ; ce sont en grande partie des tufs stratifiés, verticaux, recourbés et contournés comme les couches de houille concomitantes. J'ai découvert, dans le tuf, des fragments de schiste et de calcaire carbonifère, ainsi que des veines de greenstone traversant le tout.

Fife. — Dyke de Flisk. — Le Docteur Fleming m'a fait remarquer dans la paroisse de Flisk, région nord du comté de Fife, un dyke de trapp coupant les grès et schistes gris qui constituent la partie la plus inférieure du Vieux Grès Rouge, mais qui est probablement de date carbonifère. On peut suivre sur une longueur de plusieurs kilomètres ce dyke traversant le trapp amygdaloïde et autres

trapps de la colline appelée Norman's Law dans cette paroisse. Il présente, dans son cours, une excellente illustration du passage de la texture trappéenne à la structure plutonique ou fortement cristalline. Le Professeur Gustave Rose, à qui j'ai soumis des échantillons de ce dyke, les a rapportés à la roche de dolérite; ils consistent en augite d'un noir verdâtre et en feldspath Labrador, ce dernier minéral plus abondant que l'autre. On y trouve aussi une petite quantité de fer magnétique, peut-être titanifère. Le résultat de cette analyse est intéressant, car les laves anciennes et modernes de l'Etna sont toutes également composées d'augite, de Labradorite et de fer titanifère.

Arbres en position verticale enfouis dans la cendre volcanique à Arran. — En 1867, M^r E.-A. Wünsch a fait une découverte intéressante dans les couches carbonifères de la partie nord-est de l'île d'Arran. Il a trouvé dans la falaise située à huit kilomètres environ au nord de Corrie, près du village de Laggan, des couches de cendre volcanique formant une roche solide cimentée par du carbonate de chaux, dans lesquelles étaient ensevelis des troncs d'arbres qui appartiennent, suivant M. Binney, aux genres Sigillaria et Lepidodendron. Quelques-uns de ces arbres se trouvent placés dans une position perpendiculaire aux plans de stratification; d'autres sont couchés et accompagnés de feuilles et de fruits des mêmes genres. J'ai visité l'endroit, en 1870, en compagnie de M. Wünsch, et j'ai observé que les arbres, au nombre de quatorze, pourvus de leurs racines, se rencontrent à deux niveaux distincts dans les tufs volcaniques; ceux-ci sont parallèles entre eux, ils ont une inclinaison d'environ 40° et sont séparés par des lits de schiste et de matière charbonneuse d'une épaisseur de 2^m10 environ. Il est évident que les arbres ont été engloutis sous une pluie de cendre provenant d'un événement volcanique voisin, comme Pompeï a été enseveli sous la matière éjectée du Vésuve. Les troncs, dont plusieurs ont de 0^m90 à 1^m50 de circonférence, ont conservé leurs racines stigmariées s'étendant dans la couche sous-jacente qui leur a servi de sol. Ces arbres, après leur mort causée par la pluie de cendres, doivent s'être maintenus debout pendant un nombre d'années suffisant pour que, leur subs-

tance intérieure se détruisant en partie, des cavités cylindriques se soient formées dans lesquelles des spores de plantes sont venues se loger. Ces spores germèrent et se développèrent jusqu'au moment où leurs tiges finirent par être pétrifiées par le carbonate de chaux comme les portions restantes du bois des sigillariées qui les contenaient. M. Carruthers a découvert que les plantes qui, après avoir ainsi poussé isolément dans l'intérieur d'un tronc d'arbre, sont ensuite passées à l'état fossile, appartiennent souvent à plusieurs genres distincts. Le fait que les dépôts renfermant des arbres plongent actuellement sous un angle de 40° est d'autant plus frappant, que ces dépôts doivent évidemment être restés horizontaux et sans éprouver de dérangements pendant une longue période d'action volcanique intermittente et contemporainé de ces couches.

Dans quelques schistes carbonifères associés à cette formation, on rencontre des fougères et des calamites ; tout y rappelle les phénomènes relatifs aux forêts successivement enfouies, tels que nous avons pu les voir dans les coupes du terrain houiller de la Nouvelle-Ecosse (pp. 531-533), avec cette seule différence que, dans le cas des South-Joggins, la fossilisation des arbres s'était effectuée sans qu'il y eût éruption de matière volcanique.

Trapp de la période du Vieux Grès Rouge. —

Si l'on se reporte à la coupe montrant la structure du Forfarshire que nous avons donnée (p. 68), on verra que les lits de conglomérat n° 3 occupent le niveau moyen du système du Vieux Grès Rouge, 1, 2, 3, 4. Tantôt les cailloux roulés de ces conglomérats sont composés de roches granitiques et quartzieuses ; tantôt ils consistent exclusivement en diverses variétés de trapp, lesquelles, bien qu'omisées à dessein dans la coupe, ne laissent pas que de se rencontrer souvent en masses amorphes ou en dykes parcourant les vieux tilestones fossilifères n° 4, ou alternant avec eux en stratification concordanté. Toutes les divisions du Grès Rouge, 1, 2, 3, 4, sont parfois pénétrées par des dykes, mais ceux-ci sont rares dans les n°s 1 et 2, les membres supérieurs du groupe consistant en schiste rouge et en grès de la même couleur. Ces phénomènes, que l'on observe au pied des Grampians, se présentent

encore dans les collines de Sidlaw; et il semble que, dans cette partie de l'Ecosse, les éruptions volcaniques aient été plus fréquentes dans la première partie de la période du Vieux Grès Rouge. Ces laves sont pour la plupart de la classe feldspathique; leur structure est quelquefois porphyroïde et d'autre fois amygdaloïdale; dans ce dernier cas, les noyaux des amygdaloïdes sont parfois calcaires, souvent calcédonieux, et fournissent de magnifiques agates. Lorsque ces laves feldspathiques sont plus ou moins en état de décomposition, on les désigne sous le nom de Claystones (*Argilolites*). Elles sont accompagnées de couches de tuf et de conglomérat stratifiés, de pierre, de feldspath compacte et de tuf. Certaines d'entre elles semblent avoir coulé à la manière des laves sur le fond de la mer, et ont enveloppé des galets de quartz qu'elles ont rencontrés sur leur passage, de manière à donner naissance à des conglomérats à pâte de greenstone, dont on voit un exemple à Lumley Den, dans les collines Sidlaw. De chaque côté de l'axe de cette chaîne de collines (voy. Coupe, p. 68), les lits de trapp massif et les tufs composés de sable et cendre volcanique plongent régulièrement au sud-est ou au nord-ouest, comme les schistes et les grès.

Mais la structure géologique de la chaîne des Pentlands, près d'Edimbourg, démontre que la formation de ces roches ignées date de la partie plus récente de la période Devonienne ou du *Vieux Grès Rouge*. Ces montagnes élevées de 3,000 mètres au-dessus du niveau de la mer, consistent en conglomérats et grès de l'âge du Devonien Supérieur, reposant sur les arêtes inclinées de grès grossiers et schistes contemporains du Silurien Supérieur. Les roches volcaniques du même âge intercalées dans ce Vieux Grès Rouge, se composent de laves feldspathiques, ou felstones, associées à des conglomérats, et à des tufs ou lits de cendres. Les laves, furent originellement les unes de structure dense, les autres de structure celluleuse; ces dernières ont été converties en amygdaloïdes. Comme les laves de la Période Tertiaire en Ecosse, elles paraissent avoir été d'origine sous-aqueuse plutôt que d'origine sous-aérienne. Les preuves de l'origine volcanique des roches des Pentlands Hills

ont été parfaitement données par MM. Maclaren et Geikie (1).

Roches volcaniques Siluriennes. — Il résulterait de recherches faites dans le Shropshire par Sir R. Murchison que, durant la période du dépôt des couches du Silurien Inférieur de ce pays, de fréquentes éruptions volcaniques auraient eu lieu sur le fond de la mer; les cendres et scories rejetées auraient donné naissance à une sorte particulière de grès ou grit tufacé, différant des autres roches de la série Silurienne, et existant seulement sur les points où sont sorties les roches syénitiques et autres masses trappéennes. Ces tufs se rencontrent sur les flancs de la Wrekin et du Caer Caradoc, et contiennent des fossiles Siluriens tels que moules d'encrines, trilobites et mollusques. Bien que fossilifère, la roche ressemble à une argilolite (*claystone*) sableuse de la famille des Trapps (2).

Des bandes minces de trapp, de quelques centimètres d'épaisseur, alternent, en certains endroits des comtés de Shrop et de Montgomery, avec des couches sédimentaires du système Silurien Inférieur. Ce trapp consiste en cendres feldspathiques consolidées avec fragments de schiste; les lits en sont traversés de fissures semblables à celles que présentent aussi les grès, calcaire et schiste concomitants, et plongent sous le même angle et avec la même direction (3).

Dans le Radnorshire, on remarque douze bandes de trapp stratifié, alternant avec des schistes et ardoises du Silurien, sur une épaisseur de 116 mètres. Les lits de trapp consistent en feldstone porphyrique et autres variétés; les Llandeilo flags interposés se composent de grès et schiste avec trilobites et graptolites (4).

Les collines de Snowdon dans le comté de Caernarvon se composent en grande partie de tufs volcaniques, dont les plus anciens sont intercallés dans les lits de Bala et de Llandeilo. On y voit aussi des laves feldspathiques du

(1) Maclaren, *Geology of Fife and Lothians*. Geikie, *Trans. Royal Soc. Edinburgh*, 1860-1861.

(2) Murchison, *Silurian System*, etc., p. 230.

(3) *Ibid.*, p. 212.

(4) *Ibid.*, p. 325.

même âge, altérant, suivant le professeur Ramsay, les schistes sous-jacents. Ces derniers ont dû être recouverts par de la lave à l'état de fusion, car la couche schisteuse, ultérieurement déposée sur la lave refroidie et consolidée, a complètement échappé à toute altération. La même formation fait voir aussi des greenstones, qui, bien que souvent en stratification concordante avec les schistes, ne sont en réalité que des roches d'intrusion; ces roches altèrent les couches qui les comprennent, et, suivies à de grandes distances, elles se montrent quelquefois traversant les schistes, et envoyant des ramifications dans les dépôts voisins. Néanmoins, ces greenstones paraissent appartenir, tout comme les laves, à la période du Silurien Inférieur. On rencontre de même des felstones contemporains des couches Siluriennes Inférieures dans le Lake District, l'île de Man et le S.-E. de l'Irlande.

Roches volcaniques Cambriennes. — En décrivant les lits à lingules de la Galles du Nord, nous leur avons reconnu une épaisseur de 1,500 mètres. Dans la portion supérieure de ces dépôts, des tufs volcaniques ou matériaux cinériformes sont intercalés avec un sédiment boueux ordinaire, et çà et là associés à des couches épaisses de lave feldspathique. Ces roches forment les montagnes appelées les Arans et les Arenigs; on y rencontre un grand nombre de greenstones, roches d'intrusion, bien que souvent, sur un certain espace, leur stratification soit conforme à celle des couches. « Quantité des cendres, dit le professeur Ramsay, semblerait être d'origine sous-aérienne, et l'on peut parfaitement supposer que des îles, à l'exemple de celle de Graham, ont élevé leurs cratères au-dessus de la mer à diverses époques, et que la désorganisation par l'action de l'eau de ces masses soulevées a fourni la matière cinériforme d'où proviennent ces conglomérats cendreaux. Des produits visqueux auraient été également lancés dans l'atmosphère comme des bombes volcaniques, et seraient retombés au milieu de la poussière et des fragments de cristaux (qui concourent souvent à la formation des cendres), avant leur refroidissement et leur consolidation parfaite (1). »

(1) *Geol. Quart. Journ.*, vol. IX, p. 170, 1852.

Roches volcaniques Laurentiennes. — Les roches Laurentiennes que l'on rencontre au Canada, spécialement dans l'Ottawa et à Argenteuil, sont les masses d'intrusion les plus anciennes connues. Elles forment une rangée de dykes de dolérite à grains fins, composée de feldspath et de pyroxène, avec présence accidentelle de paillettes de mica et de particules de pyrites. Le diamètre de ces roches varie de quelques décimètres à une centaine de mètres, leur structure est colonnaire, et les colonnes sont franchement perpendiculaires sur le plan du dyke. Quelques-uns de ces dykes envoient des embranchements dans les masses environnantes. Ces dolérites sont coupées par de la syénite d'intrusion, et celle-ci, à son tour, est traversée de nouveau et pénétrée par de la felsite porphyrique. Tous ces trapps paraissent être de date Laurentienne, car les roches Cambriennes et Huroniennes les recouvrent en stratification discordante (1). Quant à savoir si l'on doit donner une même origine volcanique à la plupart de ces roches cristallines concordantes de la série Laurentienne, telles que les variétés de gneiss porphyritiques et granitoïdes à grains grossiers qui montrent rarement des traces de stratification, ou quelques serpentines, c'est là un point très-difficile à déterminer, dans une région qui a subi de si grands changements sous l'influence de l'action métamorphique.

(1) Logan, *Géologie du Canada*, 1863.

CHAPITRE XXXI.

ROCHES PLUTONIQUES.

Aspect général des Roches Plutoniques. — Granite et ses variétés. — Sa décomposition en masses sphériques. — Structure grossièrement colonnaire. — Granite graphique. — Pénétration mutuelle de cristaux de quartz et de feldspath. — Cavités vitreuses dans le quartz granitique. — Granites porphyritique, talqueux et hornblendique. — Eurite. — Syénite. — Diorite. — Rapports des roches plutoniques avec les roches volcaniques. — Analogie de composition entre le Trachyte et le Granite. — Veines de Granite dans le Glen Tilt, au Cap de Bonne-Espérance et dans les Cornouailles. — Veines métallifères dans des couches près de leur jonction avec le granite. — Veines de quartz. — L'exposition de la surface des roches plutoniques est due à la dénudation.

Après les roches volcaniques, on peut traiter immédiatement des roches plutoniques, car ces deux classes ont entre elles les plus étroits rapports. Dans le premier chapitre, j'ai parlé de ces roches plutoniques comme constituant la portion non stratifiée des formations cristallines ou hypogènes, et j'ai dit qu'elles différaient des roches volcaniques, non-seulement par leur texture plus cristalline, mais encore par l'absence de tufs et de brèches qui sont le résultat d'éruptions produites à la surface de la terre, à ciel ouvert ou dans la mer. Elles en diffèrent aussi par l'absence de ces pores ou cavités cellulaires que l'expansion des gaz, d'abord emprisonnés, a produits dans la lave ordinaire; elles ne sont non plus ni scoriacées ni amygdalaires, ne forment pas de porphyre à pâte non cristalline et n'alternent jamais avec des tufs.

D'après ces particularités et d'autres encore, on peut conclure que les granites se sont formés à de grandes profondeurs dans le sein de la terre, et qu'ils se sont re-

froidis et cristallisés lentement sous une pression puissante dans un milieu qui n'a pas permis aux gaz de s'échapper. Les roches volcaniques, au contraire, bien que généralement venues d'en bas, ont subi un refroidissement plus rapide, et toujours à la surface ou près de la surface du sol. C'est donc d'après l'hypothèse que les granites auraient été engendrés à une très-grande profondeur, qu'on leur a donné le nom de *Roches plutoniques*. L'élève géologue comprendra aisément que l'influence de la chaleur souterraine doit continuer et s'étendre à partir du foyer de tout cratère en activité jusqu'à une profondeur considérable, qui peut atteindre plusieurs kilomètres ou même plusieurs lieues; il lui sera facile aussi d'estimer jusqu'à quel point devront être différents les effets qui se sont produits, ou plutôt qui doivent se produire, dans les entrailles de la terre, de manière à ce que les roches volcaniques et plutoniques, quoique dissemblables par leur texture et souvent même par leur composition, se formeront cependant simultanément, les unes à la surface, et les autres bien au-dessous. Les formations plutoniques ont également cela de commun avec les formations volcaniques, que des veines ou ramifications partant des masses centrales s'étendent dans les roches adjacentes, et produisent dans celles-ci des altérations que nous allons décrire. Elles ressemblent au trapp en ce qu'elles ne contiennent pas de restes organiques, mais elles en diffèrent par leur plus grande uniformité de texture, car des masses montagneuses de roches plutoniques, d'une étendue indéfinie, paraissent avoir été produites dans les conditions les plus uniformes.

Les deux membres principaux des roches de la famille plutonique, sont le Granite et la Syénite; ces deux minéraux, avec leurs variétés, offrent entre eux les mêmes rapports que ceux que l'on remarque entre les trachytes et les basaltes. Le granite est un composé de feldspath, de quartz et de mica; le feldspath est surtout riche en silice, et celle-ci entre pour 60 ou 70 0/0 dans la composition du tout. Dans la Syénite, le quartz est rare ou manque totalement, le hornblende remplace le mica, et la proportion de silice surpasse rarement 60 0/0.

Granite et ses variétés. — Le granite conserve souvent un caractère très-uniforme sur une large étendue de pays, constituant assez souvent des élévations d'une forme arrondie particulière, et recouvertes d'une végétation chétive. La surface de la roche est généralement à l'état de décomposition et de ruine; les collines sont souvent surmontées de monceaux de pierres semblables aux débris d'une masse stratifiée, comme on le voit dans



Fig. 614. — Masse de granite près de Sharp-Tor, Cornouailles.

la figure ci-jointe, et quelquefois analogues à des amas de blocs de transport, avec lesquels on les a parfois confondus. Ces pierres, d'abord anguleuses, acquièrent insensiblement une forme arrondie, par l'action de l'air et de l'eau, car leurs bords et leurs angles s'émeussent plus rapidement que le milieu des faces. Bien que ce soit une des particularités du granite de ne prendre aucune forme définie, cette roche, cependant, se trouve parfois traversée de fissures, de manière à affecter une structure cuboïde, ou même colonnaire. On en voit des exemples près de Land's End, dans les Cornouailles. (Voir fig. 615.)

On considère habituellement le feldspath, le quartz et le mica comme étant des minéraux essentiels du granite; le feldspath est le plus abondant des trois et la proportion du quartz dépasse celle du mica. Ces minéraux sont réunis par ce qu'on appelle une cristallisation confuse; c'est-à-dire que les cristaux ne présentent pas dans le sein du granite des dispositions régulières comme dans le gneiss (voir fig. 631, p. 768), sauf, pourtant, dans la variété dite granite graphique qui se rencontre d'ordinaire

en veines dans le granite commun. Le granite graphique est un composé de feldspath et de quartz, à structure



Fig. 615. — Granite à structure cuboïde et grossièrement colonnaire ; Land's End, Cornouailles.



Fig. 616.

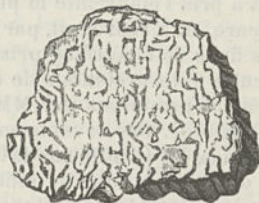


Fig. 617.

Granite graphique.

Fig. 616. — Coupe parallèle aux lames.

Fig. 617. — Coupe perpendiculaire aux lames.

imparfaitement laminaire. Les cristaux de feldspath paraissent avoir été les premiers formés, laissant entre eux

des espaces occupés aujourd'hui par un quartz de couleur foncée. Ce dernier, lorsqu'on partage l'échantillon perpendiculairement aux plaques alternantes des deux minéraux, montre des lignes brisées que l'on a comparées à des caractères hébraïques (voir fig. 617). La variété de granite à laquelle les Français donnent le nom de *Pegmatite*, et qui est un mélange de quartz et de feldspath commun, habituellement avec lamelles de mica blanc d'argent, passe souvent au granite graphique.

Le granite ordinaire renferme ordinairement deux feldspaths différents, espèces le plus souvent connues sous les noms d'orthoclase et d'oligoclase. En règle générale, le quartz constitue une masse servant de pâte dans laquelle le feldspath et le mica ont cristallisé; car, bien que ces minéraux soient beaucoup plus fusibles que la silice, ils ont souvent imprimé leur forme sur le quartz. Ce fait, qui paraît au premier abord un paradoxe, a donné lieu à diverses explications ingénieuses. On aurait pu naturellement supposer que, pendant le refroidissement de la masse, la portion siliceuse aurait été la première à se consolider, et que les différentes variétés de feldspath, de même que les grenats et les tourmalines, plus facilement fusibles, auraient été les dernières à subir cette transformation. C'est l'inverse qui a eu lieu: des cristaux de minéraux plus fusibles se sont trouvés enveloppés dans un quartz aujourd'hui dur, transparent, et vitreux, qui souvent a pris l'empreinte la plus délicate de leur forme extérieure, et a reproduit, par exemple, jusqu'aux stries les plus fines de la surface prismatique des tourmalines. Différentes interprétations de ce phénomène ont été successivement proposées par MM. Elie de Beaumont, Fournet et Durocher. Ces savants en ont référé d'abord aux expériences de M. Gaudin sur la fusion du quartz, expériences qui démontrent que la silice, en se refroidissant, possède la propriété de rester visqueuse, tandis que ce n'est jamais le cas pour l'alumine. On admet que cette *silice gélatineuse* conserve, à un degré remarquable, son état de plasticité très-longtemps après que la température du mélange granitique a baissé. Parfois, cependant, on rencontre le quartz et le feldspath se communiquant mutuel-

lement leurs formes, ce qui prouve une cristallisation simultanée des deux minéraux (1).

Il résulte des expériences et des observations de Gustave Rose que le quartz du granite a la pesanteur spécifique de 2,6, caractéristique de la silice précipitée dans une solution, et non la densité inférieure 2,3, propre à cette roche traitée dans le laboratoire par la voie sèche, c'est-à-dire refroidie après avoir été soumise à la fusion. Toutefois on s'est peut-être trop hâté de conclure que la consolidation du granite s'opère d'une façon tout autre que le refroidissement des laves, et de supposer, en outre, qu'une chaleur intense avait été nécessaire pour la production des masses montagneuses de roches pluto-niques. M. David Forbes m'informe que la silice peut se cristalliser par la voie sèche, et qu'il a trouvé dans du quartz, partie constituante de certains trachytes de la Guadeloupe et d'Islande, des cavités vitreuses tout à fait semblables à celles que l'on rencontre dans les minéraux volcaniques purs.

On entend par *cavités vitreuses*, phénomènes étudiés avec tant de soin, ainsi que d'autres analogues, par M. Sorby, des cellules dans lesquelles un liquide est devenu, par le refroidissement, d'abord visqueux et puis solide sans cristalliser ou subir un changement défini dans sa structure physique. Dans les minéraux composant les roches granitiques, on distingue souvent à l'aide du microscope des cavités semblables à celles que nous venons de mentionner, remplies les unes de gaz ou vapeurs, d'autres d'un liquide. Les mouvements des bulles ainsi emprisonnées servent à distinguer les cavités de cette nature de celles qui contiennent de la substance vitreuse. M. Sorby conclut de la rencontre fréquente des cavités à fluides dans le quartz du granite, à la présence ordinaire de l'eau dans la formation de cette roche. Au reste, on peut en dire autant de toutes les laves, et il y a aujourd'hui plus de quarante ans que M. Scrope insistait sur le rôle important de l'eau dans les éruptions volcaniques ; il supposait que l'élément liquide était si bien

(1) *Bulletin de la Société Géologique de France*, 2^e série, IV, p. 1304 ; et d'Archiac, *Histoire des progrès de la Géologie*, I, p. 38.

combiné avec les matériaux de la lave, que la masse fluide en acquérait une plus grande mobilité et par suite se dégageait plus facilement du volcan. C'est un fait bien connu que de la vapeur s'échappe pendant des mois, et quelquefois pendant des années, des cavités de la lave, lorsque celle-ci est en voie de refroidissement et de consolidation. Voici, en quelques mots, comment on peut résumer le résultat des expériences et des opinions de M. Sorby sur ce sujet difficile. Les conditions physiques sous l'influence desquelles se sont produites les roches volcaniques et granitiques présentent une similitude frappante; dans les deux cas, la fusion ignée, la dissolution aqueuse, et la sublimation gazeuse combinent leurs actions, et quant à l'action de l'eau, dit le même auteur, elle est dans la formation du granite, tout aussi énergique que celle de la chaleur (1).

On ne saurait douter de la présence de l'eau dans les vastes profondeurs où s'élabore la fusion des roches, et cela pour deux raisons : — premièrement, parce que ce liquide entre largement, à l'état de combinaison solide, dans la composition de la plupart des minéraux communs, et particulièrement de ceux qui appartiennent à la classe des alumineux; secondement, parce que les eaux de pluie et de la mer ayant une tendance à s'infiltrer dans les fissures et à pénétrer les roches poreuses, doivent finir par se frayer une voie jusqu'aux régions occupées par les foyers souterrains. Dans tous les cas, l'existence de l'eau sous une grande pression n'infirme nullement l'opinion que nous avons émise quant à la température excessive dont jouit la masse dans laquelle elle est combinée. En Islande, à des profondeurs moyennes, prétend Bunsen, cette chaleur atteindrait le degré de la fusion blanche. En traitant dans le trente-neuvième chapitre des roches métamorphiques, nous examinerons dans quelles proportions ces roches métamorphiques, contenant les mêmes minéraux que les granites, ont pu se produire sous l'influence de l'action hydrothermale sans l'intervention d'une chaleur comparable, par son intensité, à celle des volcans en éruption.

(1) Voyez *Quart. Geol. Journ.*, vol. XIV, p. 465, 488.

Granite porphyroïde. — On a souvent donné ce nom à la variété de granite dans laquelle de gros cristaux de feldspath commun, ayant parfois plus de 0^m,075 de long, sont disséminés au travers d'une pâte ordinaire de granite. La fig. (618) nous montre un exemple de cette texture

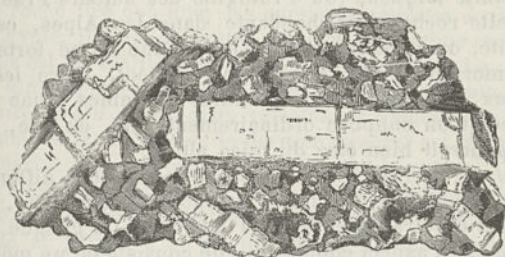


Fig. 618. — Granite porphyroïde ; Land's End, Cornouailles.

telle que l'a fournie un granite de Land's End, en Cornouailles. Les deux plus gros cristaux prismatiques de l'échantillon sont du feldspath-orthoclase, dont on aperçoit de plus petits cristaux de même forme, répandus dans la pâte. A travers celle-ci apparaissent aussi des paillettes noires de mica, dont le contour présente un hexagone plus ou moins net. Le reste de la masse se compose de quartz d'une translucidité qui contraste fortement avec l'opacité du feldspath blanc et du mica noir, mais la gravure n'a pu rendre ni la transparence du quartz ni l'éclat argentin du mica.

Le caractère minéral uniforme de vastes masses de granite semble indiquer que d'énormes quantités d'éléments composants furent mêlées intimement, et cristallisèrent ensuite, unis ensemble, dans des conditions exactement semblables. Cependant, le granite peut renfermer divers minéraux autres que les précédents, mais purement accidentels ou *accessoires*, comme on les appelle. On cite, en particulier, la tourmaline ou schorl noir, l'actinolite, le zircon, le grenat, les pyrites, le sphène, l'apatite et le spath fluor ; mais ces minéraux sont ordinairement trop rares et trop disséminés dans la roche pour en modifier

l'aspect général. Leur présence montre néanmoins que les ingrédients ne furent pas partout précisément les mêmes ; et des variations plus grandes encore se font remarquer entre les proportions relatives du feldspath, du quartz et du mica.

Granite talqueux (ou Protogine des auteurs Français). — Cette roche, très-abondante dans les Alpes, est un granite, ou quelquefois elle n'est qu'une forme fortement métamorphique de gneiss, qui contient, outre les minéraux ordinaires, des quantités variables d'une substance qu'on suppose ordinairement être du talc, mais qui pourrait bien être du mica altéré.

Felsite ou Eurite. — C'est une roche qui diffère un peu, au point de vue de la composition chimique, de la plupart des trachytes et des granites. La gangue de la roche est d'aspect compacte ; elle consiste en un mélange intime de feldspath et de quartz imparfaitement cristallisés, et ordinairement de couleur claire. Elle est souvent porphyritique et renferme des cristaux de feldspath (communément de l'orthoclase) et de quartz, ce dernier minéral s'y trouvant en quantité très-variable. La Felsite, lorsqu'elle contient beaucoup de quartz, s'appelle souvent *Porphyre-quartz*, et *Porphyre-orthoclase* lorsqu'elle ne renferme absolument que des cristaux de feldspath ; le nom de felsite a été réservé aux variétés non porphyritiques. Une roche dans laquelle l'oligoclase remplace le feldspath orthoclase, et qui est dépourvue de quartz, reçoit généralement le nom de *porphyrite*, bien que cette dénomination soit discutable. Cette roche abonde dans les Pentland et les Ochil Hills, en Ecosse, et toutes ses espèces sont comprises sous le nom de *Felstone*. Elles paraissent occuper une position intermédiaire entre les trachytes et les granites vraiment cristallins — circonstance qui fournit un argument de plus en faveur de l'opinion, aujourd'hui prédominante, que les granites sont aussi d'origine ignée.

Granite hornblendique. — On peut appeler ainsi un composé formé des quatre éléments, quartz, feldspath, mica et hornblende, qui sert de transition entre le granite et la syénite quartzifère. Cette roche se rencontre à

Mount Sorrel, dans le Leicestershire, en Ecosse, et à Guernesey.

Syenite. — Le nom de syenite a été donné aux roches composées de feldspath orthoclase et de hornblende avec quartz et mica accidentels; ce minéral contient au moins 55 et 60 0/0 de silice, mais rarement davantage. Quoique cette roche tire son nom des carrières célèbres de Syène, en Egypte, il a été démontré par des recherches récentes qu'elle est en réalité un granite hornblendique. La *Miascite*, ainsi appelée de Miask dans les monts Ourals, et la *Syenite zircon*, sont deux variétés de syenite qui contiennent de la nepheline; le dernier minéral est, en outre, caractérisé par la présence de cristaux de zircon.

Le *Diorite* est une roche composée de feldspath triclinique, ordinairement de l'oligoclase, associé à du hornblende et parfois à un peu de quartz; elle contient encore moins de silice que la syenite.

La *Diabase* est un mélange de feldspath triclinique, d'augite et d'une petite quantité de chlorite; elle renferme environ 50 0/0 de silice. Cette roche est extrêmement abondante dans les Galles du Nord, et, dans le voisinage de Dolgelly, on en trouve une variété, entre plusieurs autres, qui est associée à un minéral dit porphyre-uralite, dans lequel l'augite est en partie remplacée par l'ouralite dont nous avons déjà parlé (p. 660, 666).

Le *Gabbro* ou *Euphotide* est une roche également composée de feldspath triclinique et de diallage, et qui contient souvent de l'olivine. Elle est aussi connue sous le nom de roche de diallage, et se voit parfaitement au Cap Lizard dans les Cornouailles. Une variété contient de la smaragdite, que l'on considère habituellement comme une variété de l'hornblende. Cette roche est intimement alliée à l'hyperithe ou roche hypersthène.

Rapports des Granites et des Syenites avec les roches volcaniques. — Les minéraux qui constituent à la fois les roches plutoniques et volcaniques sont composés presque exclusivement de sept éléments, savoir : silice, alumine, magnésie, chaux, soude, potasse et oxyde de fer (voir le tableau, p. 658). En faisant des analyses chimiques d'échantillons pris sur le terrain, l'étudiant

peut avoir souvent l'esprit troublé de voir que ces constituants semblent exister en proportions égales dans beaucoup de roches de classes différentes. Mais M. David Forbes a fait remarquer, dans une brochure remarquable sur la géologie chimique, que cette incertitude provient de l'inexpérience que montre le géologue à choisir la portion minérale qu'il doit examiner comme type. Ainsi, par exemple, quand le diorite (composé de feldspath et de hornblende) a fait éruption à travers des couches quartzeuses, il absorbe ordinairement plus ou moins de particules de quartz et prend ainsi l'apparence d'une syenite (mélange de feldspath, de hornblende et de quartz); pourtant la masse de la roche intruse est incontestablement, excepté aux points de contact, un diorite, et l'examen au microscope de la portion quartzifère montrera que le quartz s'est incorporé dans la masse éruptive et qu'il n'en forme pas une partie constituante. Il arrive souvent, de la même manière, que de petits échantillons auxquels le géologue applique à première vue les noms de porphyre, granite, syenite, micaschiste et gneiss soient reconnus identiques en composition par le chimiste, tandis qu'en réalité tous ces échantillons sont faussement dénommés, et ne représentent que des variétés anormales dont l'aspect et la composition ont été altérés par des influences exceptionnelles (1).

« Le Granite ordinaire de l'Aberdeenshire, » dit le Dr Mac Culloch, » est le composé ternaire habituel de quartz, feldspath et mica: mais parfois le hornblende remplace le mica. En certains endroits se présente une variété formée seulement de feldspath et de hornblende; un examen plus attentif de ce mélange des deux éléments fait apercevoir sur quelques points une structure à grains ténus, et la roche finit par ne plus se distinguer des vrais greenstones de la famille des trapps. La même roche passe aussi d'une manière non moins graduelle à un basalte; elle finit par se changer en une argilolite friable, qui montre une tendance schisteuse dans sa surface exposée à l'air. Tous ces caractères ne diffèrent point de ceux que nous avons remarqués dans les îles de trapp de

(1) Forbes, *Étude sur la Géologie chimique*. 1866.

la côte occidentale (1). » On connaît en Hongrie des variétés de trachyte, d'origine géologiquement moderne, dans lesquelles on rencontre communément non-seulement des cristaux de mica, mais encore de quartz, ainsi que du feldspath et du hornblende. Il est facile de concevoir comment de telles masses volcaniques peuvent, à une certaine distance de la surface, passer inférieurement au granite.

Veines granitiques. — J'ai déjà essayé de faire ressortir l'étroite analogie qui existe entre les formes de certaines veines granitiques et celles de quelques bandes trappéennes; les couches traversées par les roches plutoniques ont subi des changements très-semblables à ceux que montrent à la jonction les dykes volcaniques. On voit en Glen Tilt (Ecosse), des exemples où des couches alternantes de calcaire et de schiste argileux sont en contact avec une masse de granite. Le contact ne se présente pas tel qu'il devrait être si le granite fût sorti en ce point avant le dépôt des couches, auquel cas la coupe eût

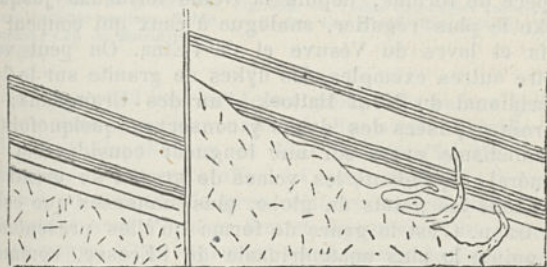


Fig. 619. — Coupe montrant la position de couches qui auraient été déposées sur le granite.

Fig. 620. — Jonction du granite au schiste argileux, dans le Glen Tilt (Mac-Culloch) (2).

été bien représentée par la fig. 619; mais l'union s'est faite ainsi qu'on le voit dans la fig. 620; la ligne ondulée de granite coupe différentes couches, et quelquefois pénètre, sous forme de veines tortueuses, au travers des lits de schiste argileux et de calcaire, dont elle diffère si

(1) *Syst. of Geol.*, vol. I, pages 157 et 158.

(2) *Geol., Trans.*, 1^{re} série, vol. III, pl. 21.

complètement par sa composition. Le calcaire a parfois changé de caractère au voisinage de la masse granitique ou de ses veines; il a acquis une texture plus compacte, semblable à celle du chert ou hornstone, ainsi qu'une cassure esquilleuse; il ne fait plus que faiblement effervescence dans les acides.

Dans cet exemple et divers autres, la conversion du calcaire en roche siliceuse ne faisant plus qu'une effervescence lente dans les acides serait difficile à expliquer, si l'on n'avait la certitude, qu'en raison des particules de quartz, de mica ou de feldspath qu'ils contiennent, ces calcaires sont toujours impurs. Il est probable que les éléments de ces minéraux, dès que la roche a été soumise à une forte chaleur, ont été fondus, et se sont, par suite, répandus plus uniformément au travers de toute la masse.

Dans les roches plutoniques, comme au sein des produits volcaniques, la matière injectée présente toute espèce de formes, depuis la veine tortueuse jusqu'au dyke le plus régulier, analogue à ceux qui coupent les tufs et laves du Vésuve et de l'Etna. On peut voir, entre autres exemples, des dykes de granite sur le flanc méridional du Mont Battock, l'un des Grampians; les parois opposées des dykes y conservent quelquefois un parallélisme exact sur une longueur considérable. En général, cependant, les veines de granite se montrent, sur tous les points du globe, plus sinueuses que celles de trapp. C'est le genre de forme qu'elles présentent à la pointe la plus septentrionale de l'Ecosse, comme à l'extrémité la plus méridionale de l'Afrique, ainsi qu'on le voit par les dessins ci-dessous.

Il n'est pas rare d'observer deux systèmes de veines granitiques se coupant l'un l'autre; quelquefois même on en distingue jusqu'à trois parfaitement distincts, par exemple, aux environs de Heidelberg, où le granite, sur les rives du Necker, montre trois variétés qui diffèrent entre elles par la couleur, le grain et diverses particularités de composition minérale. L'une de ces variétés, évidemment la seconde pour l'âge, croise un granite plus ancien; une troisième, plus nouvelle, passe à travers les deux granites précédents. Dans l'île de Shetland, on

remarque deux sortes de granite, l'un composé de hornblende, mica, feldspath et quartz, de couleur foncée et inférieur au gneiss; l'autre rouge qui pénètre la variété noire, sous forme de veines, dans toutes les directions (1).



Fig. 621. — Veines de granite traversant le schiste argileux, Table Mountain, Cap de Bonne-Espérance (2).



Fig. 622. — Veines granitiques traversant le Gneiss, Cap Wrath (Mac Culloch) (3).

La figure 623 représente un groupe de veines granitiques dans les Cornouailles; elle a été donnée par MM. Von Oeynhausen et Von Dechen (4). La masse principale de granite offre ici une apparence porphyroïdale, et contient de gros cristaux de feldspath; mais les veines sont à grains fins et dépourvues de cristaux de ce genre. Elles mesurent en moyenne de 5 à 6 mètres de hauteur et quelquefois plus.

Les granites, syénites, diorites, felsites granitiques, toutes les roches plutoniques, en un mot, contiennent souvent des veines métalliques au point de jonction avec les formations stratifiées ou près de ce point. D'un autre côté, des veines semblables qui parcourent les roches stratifiées sont généralement plus métallifères au contact que partout ailleurs. On en a conclu que les

(1) Mac Culloch, *Syst. of Geol.*, vol. I, p. 58.

(2) Capt. B. Hall. *Trans. Roy. Soc. Edinburgh*, vol. VII.

(3) *Western Islands*, pl. 31.

(4) *Phil. Mag. et Annals*, n° 27, nouvelle série. Mars 1829.

métaux avaient pénétré, sous forme gazeuse, les masses fondues, et que le contact d'une roche dissemblable, à une température différente, ou, quelquefois, l'existence de fissures dans d'autres roches du voisinage, avaient déterminé la sublimation des métaux (1).

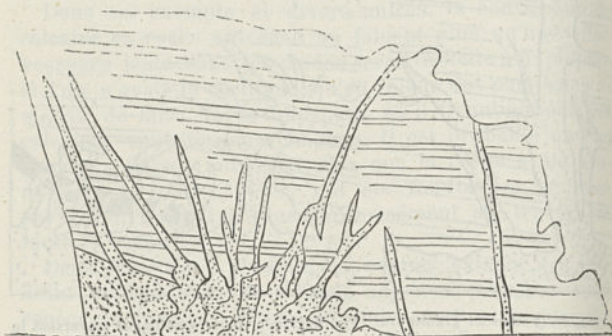


Fig. 623. — Veines granitiques traversant le schiste hornblendique, Carnsilver Cove, Cornouailles.

Le granite, de même que diverses roches stratifiées, se montre souvent traversé de veines de quartz pur, mais on ne saurait suivre ces veines, comme celles de granite ou de trapp, jusqu'aux puissantes masses de roches de composition semblable. Elles paraissent avoir été jadis des fentes dans lesquelles vint s'infiltrer de la matière siliceuse. Cette infiltration ou *ségrégation*, s'est évidemment opérée, dans quelque cas, après la consolidation de la roche contenant. Par exemple, j'ai observé dans le gneiss de Tronstad Strand, le long de la plage, près de Drammen, en Norvège, la coupe que je donne ici. Les couches alternantes de gneiss granitoïde blanchâtre et de schiste amphibolique noir paraissent avoir été d'abord coupées par un dyke de greenstone, d'environ 0^m 75 de largeur; et, plus tard, s'est ouverte la crevasse *a b* qui a traversé toutes ces roches et s'est remplie de quartz. Les parois opposées de la

(1) Necker, *Proceedings of Geol. Soc.* n° 26 p. 382.

veine sont, en certains endroits, tapissées de cristaux transparents de quartz, et le milieu en est occupé par du quartz opaque blanc ordinaire.

Nous avons vu que les formations volcaniques avaient reçu le nom de *sus-jacentes*, parce que non-seulement elles pénétraient les autres roches, mais encore les surmontaient. M. Necker a proposé pour les granites l'expression de roches ignées *sous-jacentes*, et cette épithète caractérise parfaitement la différence qu'il a voulu indiquer.

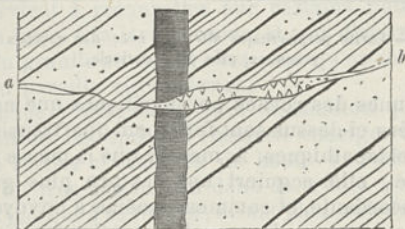


Fig. 624. — *a, b* Veines de quartz traversant le Gneiss et le Greenstone, Tronstadt Strand, près de Christiania.

Quelques-uns des premiers observateurs ont, il est vrai supposé que le granite de Christiania, en Norvège, s'était, dans les massifs montagneux de ce pays, introduit entre les couches primaires ou paléozoïques, de manière à recouvrir les schistes et calcaires fossilifères; mais, bien que le granite envoie des ramifications dans ces roches à fossiles et qu'il leur soit décidément postérieur en âge, M. le Professeur Keilhau a constaté, dans le cas actuel, sa superposition en masse, et j'ai eu l'occasion d'étudier, par moi-même, en 1837, ce point si controversé. On observe, en réalité, des lits d'eurite-porphyrétique, dont certains mesurent quelques décimètres et d'autres plusieurs mètres d'épaisseur, qui pénètrent dans le granite; ils méritent peut-être d'être classés plutôt comme roches plutoniques que comme masses trappéennes; on peut même réellement les considérer comme interposés en stratification concordante entre les couches fossilifères; telles sont les eurites (*a, c*, fig. 625) qui séparent les schistes

bitumineux et les calcaires argileux *f, f*. Mais quelques-unes de ces eurites sont en partie discordantes comme en *b*, et nous feraient supposer que d'autres encore, malgré leur apparence d'interstratification, ont été forcément injectées.



Fig. 625. — Eurite porphyritique alternant avec des couches fossilifères primaires, près de Christiania.

Quelques-unes des roches porphyritiques que nous avons mentionnées ci-dessus sont fortement quartzieuses, et d'autres très-feldspathiques. A mesure que la masse augmente de volume, elle acquiert une texture plus granitique, moins concordante, et commence même à envoyer des ramifications à travers les couches contiguës. En un mot, c'est un magnifique exemple des gradations intermédiaires qui existent entre les roches volcaniques et les masses plutoniques, non-seulement quant à leur composition minérale, mais encore quant à leurs rapports de position avec les formations qui leur sont associées. Si l'on peut appliquer ici l'expression de *sus-jacente* à la roche plutonique, ce n'est qu'autant que cette roche commence à acquérir un caractère trappéen.

Nous avons déjà fait comprendre comment la chaleur qui, dans tout volcan actif, étend son action à des profondeurs indéfinies, doit produire simultanément des effets très-différents près de la surface du sol ou bien au-dessous. Or, on ne saurait admettre que des roches résultant de la cristallisation de matières fondues sous la pression de quelques milliers de mètres doivent ressembler à celles formées à l'air ou non loin de la croûte terrestre. Ainsi s'explique la production, à de profonds niveaux, d'une classe de roches analogues aux masses volcaniques, et cependant différentes de celles-ci sous plusieurs rapports; nous pouvons soupçonner le fait avant même notre description des formations plutoniques, Maintenant,

jusqu'à quel point ces roches concordent-elles à la fois, par leurs caractères positifs et négatifs, avec la théorie de leur origine souterraine profonde? Le jeune géologue répondra lui-même à cette question en se reportant aux développements que nous avons déjà donnés.

Cependant on a objecté que si les roches granitiques et volcaniques étaient simplement des membres différents d'une seule grande série, on devrait rencontrer, dans les chaînes montagneuses, des dykes volcaniques passant en haut à la lave et en bas au granite. Nous répondrons que nos coupes verticales étant habituellement très-limitées, si l'on parvient à reconnaître sur certains points un passage du trapp à la lave poreuse, et, sur d'autres, une transition du granite au trapp, c'est plus qu'on ne pouvait espérer en pareille circonstance.

L'étendue prodigieuse de la dénudation qui s'est produite durant les époques reculées enseigne au géologue que les roches cristallines de haute antiquité, qui occupèrent un très-bas niveau dans la croûte terrestre lorsqu'elles vinrent à se former, furent plus tard dépouillées de leur enveloppe et mises à découvert. On doit rapporter leur élévation actuelle au-dessus du niveau de la mer aux mêmes causes qui ont produit l'exhaussement des couches marines jusqu'aux points culminants de certaines chaînes de montagnes.

CHAPITRE XXXII.

SUR LES DIFFÉRENTS AGES DES ROCHES PLUTONIQUES.

Difficulté de préciser l'âge d'une roche plutonique. — Caractère de l'âge déduit de la position relative. — Caractère de l'intrusion et de l'altération. — Caractère de la composition minérale. — Caractère des fragments inclus. — Roches plutoniques Récentes et Pliocènes; pourquoi n'apparaissent-elles point à la surface? — Syenite Miocène de l'île de Skye. — Roches plutoniques Éocènes des Andes. — Roches Crétacées altérées par le granite. — Altération du Lias par le même agent, dans les Alpes. — Couches Carbonifères altérées au contact du granite de Dartmoor. — Granite de la période du Vieux Grès Rouge. — Syenite altérant des couches Siluriennes en Norwége. — Association de la même roche au gneiss. — Roches plutoniques les plus anciennes. — Granite sorti sous forme solide.

Lorsqu'on adopte la théorie ignée du granite telle que nous l'avons expliquée dans le précédent chapitre, et que l'on considère les différentes roches plutoniques comme ayant été engendrées à des époques successives au-dessous de la surface de la planète, il faut s'attendre à rencontrer de plus grandes difficultés pour déterminer l'âge précis de ces roches que celui des formations volcaniques et fossilifères. Rappelons-nous que, pour établir l'âge des masses volcaniques d'une même période, plusieurs moyens sont à notre disposition : la nature de la lave qui s'est répandue jadis sur le fond de la mer ou s'est produite à ciel ouvert, les tufs et conglomérats déposés aussi sur des surfaces découvertes, les débris organiques que les masses précédentes contiennent, enfin leur intercalation dans les couches fossilifères. Mais toutes ces données échappent dès que l'on veut fixer la chronologie d'une roche qui a cristallisé dans son bain de fusion au centre de la terre. Nous sommes alors réduits

aux seuls caractères suivants : 1° la position relative ; 2° l'intrusion et l'altération des roches au contact ; 3° la nature minérale ; 4° les fragments inclus ; et encore tous ces caractères, même dans les meilleures conditions, ne donnent-ils que des résultats un peu ambigus.

Caractère de l'âge déduit de la position relative. — On rencontre des couches fossilifères non altérées de tous les âges, reposant immédiatement sur des roches plutoniques ; il en existe des exemples à Christiania, en Norwége, où le dépôt Pleistocène surmonte un granite ; et à Heidelberg et sur le Neckar, où les formations du Vieux Grès Rouge occupent une semblable place. Dans tous ces cas et autres analogues, l'infériorité de position se lie à l'ancienneté plus grande du granite. La roche cristalline était solide lorsque les couches sédimentaires vinrent se déposer au-dessus, et ces dernières contiennent d'habitude des cailloux arrondis de la masse granitique sous-jacente.

Caractère fourni par l'intrusion et l'altération.

— Mais, lorsque les roches plutoniques envoient des ramifications dans les couches, et les altèrent près du point de contact, en donnant lieu aux phénomènes que nous avons décrits précédemment (p. 745), il est clair que, semblables en cela aux trapps d'intrusion, ces roches sont plus récentes que les couches envahies et altérées. Nous reviendrons plus loin sur ce sujet.

Caractère de la composition minérale. — Malgré leur uniformité générale d'aspect, les roches plutoniques, comme nous l'avons vu dans le dernier chapitre, fournissent plusieurs variétés telles que granite hornblendique, granite talqueux et autres. L'une de ces roches se rencontre parfois, exclusive, sur une vaste étendue de pays, conservant un caractère homogène ; aussi, dès que son âge relatif a été rétabli sur un point, on reconnaît aisément son identité partout ailleurs, et l'on détermine, par une seule coupe, les rapports chronologiques d'une longue chaîne de montagnes. Lorsque, par exemple, on a observé en Norwége que la syénite dans laquelle abonde le minéral appelé zircon, a modifié les couches Siluriennes avec lesquelles il était en contact, on ne saurait hésiter à rapporter dans le sud de ce pays plusieurs autres mas-

ses de syenite zirconnienne identiques à une date Post-Silurienne. Certains géologues ont pensé que l'on pouvait, jusqu'à un certain point, établir l'âge relatif des différents granites simplement par leurs caractères de composition minérale ; le granite avec hornblende, par exemple, serait plus moderne que le granite commun ou micacé ; mais des recherches récentes ont démontré que ces généralisations étaient prématurées.

Caractère des fragments inclus.— Ce criterium est rarement de quelque importance, car les portions enveloppées dans le granite, sont, d'ordinaire, tellement altérées, qu'on ne peut établir avec certitude de quelles roches elles dérivent. Dans les Montagnes Blanches (Amérique septentrionale), on voit, au dire du Professeur Hubbard, une veine de granite traversant une autre roche de même nature, et contenant des fragments d'ardoise et de trapp qui ont dû tomber dans la fissure au moment où les matières fondues s'élevèrent pour la remplir (1). On a ici la preuve que le granite est postérieur à certaines formations schisteuses et trappéennes superficielles d'où proviennent les fragments.

Roches plutoniques Récentes et Pliocènes ; pourquoi n'apparaissent-elles pas à la surface ? — Les explications que j'ai données dans le vingt-huitième chapitre et dans le dernier, sur les rapports probables qui existent entre les formations plutoniques et volcaniques, conduisent naturellement à conclure que des roches d'une certaine classe ne peuvent jamais se produire à la surface ou non loin de la surface du sol, sans que, simultanément ou bientôt après, se forment au-dessous d'autres roches de la même classe. Il n'est pas rare que des courants de lave mettent plus de dix ans à se refroidir à l'air ; et, lorsqu'ils ont une grande épaisseur, ils exigent une période plus longue encore. La matière fondue que rejeta le Jorullo, au Mexique, en 1759, matière qui s'accumula en certains endroits sur une épaisseur d'au moins 160 mètres, conserva sa température élevée plus d'un demi-siècle (2). On conçoit dès lors sans peine que de vastes

(1) Silliman, *The Americ. Journ.*, n° 69, p. 123.

(2) Voyez les *Principes*, etc., Index : JORULLO.

masses de lave souterraine puissent rester à l'état incandescent dans les foyers volcaniques pendant d'immenses périodes, et que le progrès de leur refroidissement se montre extrêmement lent. Quelquefois même ce refroidissement peut être ralenti durant de longs intervalles par de nouvelles émanations de calorique; on cite la lave du cratère de Stromboli, l'une des îles Lipari, restée plus de deux mille ans à l'état d'ébullition. Il est à supposer que cette masse fluide communiquait avec quelque réservoir souterrain de matière en fusion. Il en est de même quant à l'île Bourbon, où, pendant une longue période, se sont produites jadis des émissions successives de lave, de deux ans en deux ans; il est difficile de supposer que, dans le même temps, la lave profonde n'ait pas été à un état permanent de liquéfaction. Si donc il est raisonnable de penser qu'environ deux mille éruptions ont lieu dans le cours de chaque siècle, soit sous les eaux de la mer, soit à des niveaux supérieurs à sa surface (1), il faut en conclure que la quantité de roches plutoniques engendrées de nos jours, ou en voie de formation, doit être considérable.

Mais, comme les roches plutoniques se sont formées à une certaine profondeur de l'écorce solide, elles ne deviennent accessibles à l'observation humaine que par suite d'exhaussements ou de dénudations. Entre la période durant laquelle une roche plutonique a cristallisé au sein des régions souterraines, et celle où elle est devenue visible sur un point de la surface, on compte ordinairement une ou deux époques géologiques; on ne peut donc pas espérer trouver des granites Récents ou même Pliocènes à découvert sur le sol, à moins de supposer qu'un intervalle de temps suffisant se soit écoulé pour permettre un exhaussement ou une dénudation notables depuis le commencement de la période Pliocène. Une roche plutonique doit donc, en général, être très-ancienne, relativement aux formations fossilifères et volcaniques, une fois qu'elle devient visible. Nous savons qu'avec l'exhaussement des terres ont coïncidé quelquefois, dans l'Amérique méridionale, des éruptions volcaniques et des éjections de lave; il est facile d'en déduire que des roches plutoniques d'une

(1) *Principes*, etc., Index : ÉRUPTIONS VOLCANIQUES.

époque plus reculée ont été poussées à la surface par des roches de la même classe qui se sont formées successivement au-dessous. En effet, l'infra-position pour les roches plutoniques, comme la superposition pour les couches sédimentaires, sont habituellement caractéristiques d'une origine plus récente.

Dans le diagramme suivant (fig. 626), j'ai essayé de représenter l'ordre inverse suivant lequel les formations sédimentaires et plutoniques peuvent se rencontrer au sein de la croûte terrestre. La roche plutonique la plus ancienne n° I, s'est élevée à des époques successives, jusqu'à ce qu'elle ait montré enfin un point de sa surface le long d'une chaîne montagneuse. Cette apparition a été favorisée par l'influence ignée des roches plutoniques plus nouvelles, n°s II, III et IV. Une portion des couches fossilifères primaires n° 1 a suivi le même mouvement ascensionnel, poussée qu'elle a été par une force identique. On remarquera que les *couches Récentes* n° 4, et le *granite Récent* ou roche plutonique n° IV, sont plus éloignés entre eux que toutes les autres formations, bien que datant du même âge. D'après notre hypothèse qu'explique le diagramme, il faudrait des convulsions de plusieurs périodes pour que le granite récent, ou granite de la période Post-Tertiaire, fût exhaussé au point de former les crêtes les plus élevées et les axes centraux de chaînes de montagnes. Pendant ce long intervalle de temps, les couches *Récentes* n° 4 pourraient se recouvrir d'un grand nombre de formations sédimentaires plus modernes.

Roches plutoniques Tertiaires. — Sur un grand nombre de divers points, dans les Hébrides, à Skye, Mull, Rum, Saint-Kilda, etc., on rencontre de grandes masses de granite et de syenite qui sont intimement associées avec les roches volcaniques Tertiaires que nous avons précédemment décrites (1). Le D^r Mac Culloch a décrit les syenites de Skye comme intersectant du calcaire et du schiste appartenant à l'âge du lias. Le calcaire qui, à une plus grande distance du granite, contient des coquilles, n'en montre aucune trace près de son point de jonction avec cette roche, où il a été converti en marbre fortement cristallin.

(1) Judd, *Volcans anciens des Highlands*, Géol. Soc. Janv. 1874.

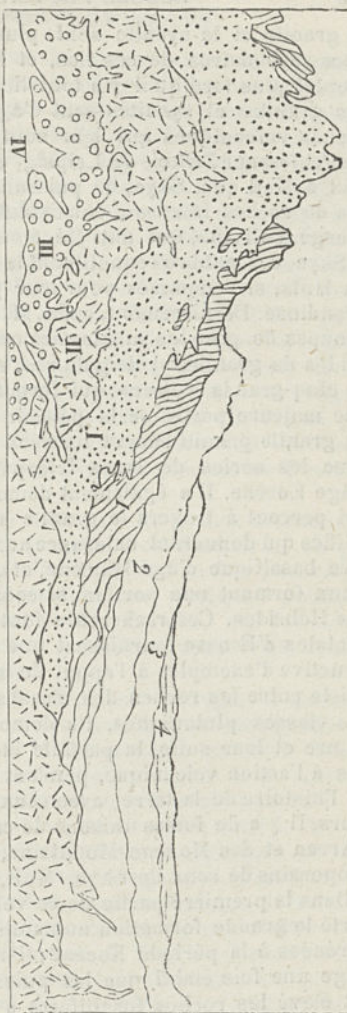


Fig. 626. — Diagramme montrant la position relative des formations plutoniques et sédimentaires de différents âges.

- I. Roches plutoniques Primaires.
- II. Roches plutoniques Secondaires.
- III. Roches plutoniques Tertiaires.
- IV. Roches plutoniques Post-Tertiaires.

- 1. Couches fossilifères Primaires ou Paléozoïques.
- 2. Couches Secondaires ou Mésozoïques.
- 3. Couches Tertiaires ou Cainozoïques.
- 4. Couches Post-Tertiaires.

Les roches métamorphiques ne sont pas indiquées dans ce diagramme; mais le jeune géologue n'aura pas de peine à conclure d'après ce qui a été dit dans les chapitres xxxi et xxxii, que les formations stratifiées nos 1 et 2, envahies par le granite, ont dû être métamorphosées.

MacCulloch a remarqué que sur ce point, comme à Raasay.

le granite et la syenite sont plus récents que les couches secondaires de ces îles, et le Professeur Geikie a montré plus tard qu'il y a tout lieu de croire qu'à Mull, ces granites et syenites sont d'âge Tertiaire, comme les roches volcaniques qui leur sont intimement associées. Le Professeur Zirkel, de Leipsig, a découvert qu'il existe, tant à Mull qu'à Skye, de puissantes masses montagneuses de roches intruses, consistant en gabbro fortement chargé d'olivine, qui ont été émises après les granites. A Skye, ces gabbros constituent les remarquables Cuchullin Hills, si renommés pour leur pittoresque sauvage et grandiose. Dernièrement, enfin, M. Judd a fait voir que les groupes de grandes montagnes composées dans les Hébrides de granites et de gabbros, représentent les restes de cinq grands volcans qui furent en éruption pendant une majeure partie de la période Tertiaire, les masses de granite primitivement formées se trouvant en rapport avec les séries de laves feldspathiques, probablement d'âge Eocène. Il a également démontré que les gabbros qui percent à travers le granite sont les réservoirs solidifiés qui donnèrent naissance aux puissantes coulées de lave basaltique d'âge Miocène, et qui constituent les plateaux formant une portion si considérable de l'archipel des Hébrides. Ces recherches font voir que les îles occidentales d'Ecosse fournissent une série admirable et instructive d'exemples à l'appui de la connexion intime qui existe entre les roches des classes volcaniques et celles des classes plutoniques. Ils démontrent aussi, par leur nature et leur suite, la parfaite identité des phénomènes dus à l'action volcanique, pendant les premières périodes de l'histoire de la terre, avec ceux qui se passent de nos jours. Il y a de fortes raisons de croire que les granites d'Arran et des Mourne Mountains, en Irlande, sont contemporains de ceux de Skye, Mull, Rum, etc. (1).

Dans la première partie de ce volume (p. 348), j'ai rapporté la grande formation nummulitique des Alpes et des Pyrénées à la période Eocène; il résulte de ce caractère d'âge une fois établi que les puissants mouvements qui ont élevé les roches fossilifères à la hauteur de plus de

(1) Judd, *Anciens volcans des Highlands*, Géol. Soc. Janvier 1874.

3,000 mètres au-dessus du niveau actuel de la mer ont commencé dès l'époque Tertiaire. Dans ces régions, au moins, sinon en d'autres contrées, on pourra rencontrer des formations hypogènes de date Eocène faisant saillie dans l'axe central ou dans la région la plus disloquée de la plus haute chaîne de l'Europe. Et, en effet, dans les Alpes Suisses, le *Flysch* lui-même, ou partie supérieure de la série nummulitique, a été quelquefois enyahi par les roches plutoniques, et converti en schiste cristallin de la classe des roches hypogènes. Il ne saurait guère y avoir de doute sur la fluidité ou l'état pâteux du granit talqueux ou gneiss du Mont-Blanc lui-même, à une époque postérieure au dépôt du *flysch* (dépôt de fond de mer) ; la question, par conséquent, relative à l'âge de cette roche, n'est pas tant de savoir si elle est un granite, un gneiss, secondaire ou tertiaire, que de décider si l'on doit la rapporter à l'époque Eocène ou à celle du Miocène.

La région des Andes a éprouvé de grands mouvements d'élévation pendant la période Post-Tertiaire ; on peut donc s'attendre aussi à découvrir des roches plutoniques tertiaires visibles à la surface sur quelques points de cette chaîne. Le rapport de M. Darwin, sur les Andes Chiliennes, que le lecteur consultera avec fruit, remplit pleinement cette attente.

Mais la théorie adoptée dans cet ouvrage, et qui assigne une origine souterraine aux formations hypogènes, manquerait de base, si le fait supposé que nous venons de signaler d'un granite tertiaire visible à la surface, n'était point une exception rare à la règle générale. Un laps de temps considérable a dû s'écouler entre la formation des roches plutoniques et métamorphiques au sein des régions profondes et leur émergence à la surface terrestre. Une longue série de mouvements souterrains a été nécessaire pour l'exhaussement de ces roches dans l'atmosphère, ou leur émergence du fond de l'océan ; avant qu'elles soient devenues visibles à l'homme, les couches qui les recouvraient ont dû être déchirées profondément et entraînées par la dénudation.

Nous savons que dans la Baie de Baies, en 1858, à Cutch en 1819, et à différentes époques, au Pérou et au Chili,

l'exhaussement permanent ou l'abaissement des terres, à dater du commencement du siècle actuel, ont été accompagnés d'émissions simultanées de lave volcanique sur un ou plusieurs points de la région. Ne peut-on pas en conclure que les mouvements d'ascension ou d'affaissement de la croûte terrestre, par suite desquels les mers sont converties en continents, et ceux-ci en mers, ne sont que des résultats de l'action ignée souterraine? Il est bien difficile de ne pas admettre que cette action concourt, avec une énergie remarquable, à *calciner* (*bake*) et, parfois, à liquéfier les roches, en augmentant le volume des unes et diminuant celui des autres. Elle contribue aussi à la production des gaz, à leur expansion sous l'influence de la chaleur, et à l'injection de matières liquides dans les fissures formées à travers les roches superposées. On comprendra le degré d'intensité avec lequel les causes souterraines ont agi en Sicile depuis le dépôt des couches du Nouveau Pliocène, si l'on se rappelle que sur la moitié de la surface de l'île ces couches ont été exhaussées depuis 15 mètres jusqu'à 600 et même 900 mètres au-dessus du niveau de la mer. En Sicile également, les roches plus anciennes, contiguës aux couches tertiaires marines précédentes, ont dû éprouver, durant la même période, de semblables mouvements d'ascension.

Ces observations peuvent s'appliquer à la presque totalité de l'Europe, car, depuis le commencement de la période Eocène, la surface entière de cette portion de la terre, y compris quelques-uns des points centraux et les plus élevés des Alpes elles-mêmes, comme je l'ai démontré ailleurs (1), et excepté seulement quelques districts, ont émergé des abîmes pour s'élever jusqu'à leur hauteur actuelle. Il a dû, par conséquent, se produire, à de grandes profondeurs de la croûte terrestre, et pendant la même période, une somme de changements souterrains correspondant à cette énorme altération de niveau qui a modifié un continent tout entier.

Le principal effet de l'action volcanique qui se produisit dans les profondeurs de la terre, durant la Période Tertiaire, fut sans doute l'exhaussement de la surface des

(1) Voyez la carte d'Europe, et explication dans les *Principes*, livre I.

formations hypogènes d'une époque antérieure au Carbonifère. Une autre série de mouvements, d'une violence égale, éleva les roches plutoniques et métamorphiques de plusieurs périodes secondaires; et, si la même force continuait encore à agir, les premières convulsions qui auraient lieu mettraient au jour les roches hypogènes *Tertiaires* et *Récents*. Dans le cours de ces changements, plusieurs des couches sédimentaires actuelles perdraient beaucoup par la dénudation; d'autres acquerraient une structure métamorphique, et fondraient, dans les bas niveaux, en roches plutoniques et volcaniques. En même temps, il ne manquerait pas de se déposer une vaste épaisseur de strates nouvelles, tandis que s'accompliraient l'exhaussement et la destruction partielle des roches plus anciennes. Mais je renvoie le lecteur à l'avant-dernier chapitre de cet ouvrage pour un plus ample développement du système.

Roches plutoniques de la période Crétacée. —

Nous démontrerons, dans le chapitre suivant, que la craie, tout comme le lias, a été altérée par le granite, dans les Pyrénées Orientales. Il n'est pas facile de distinguer si ce granite fut crétacé ou tertiaire. Supposons que *b*, *c*, *d*, figure 627, soient les trois membres de la série Créta-

cée, dont le plus inférieur *b* aurait éprouvé des modifications sous l'influence du granite A, influence qui ne se serait pas propagée jusqu'à *c*, ou n'en aurait que légèrement affecté les lits les plus inférieurs. En ce

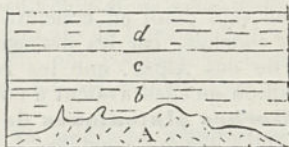


Fig. 627.

cas, il sera difficile au géologue de décider si les couches *d* ont existé au temps où se firent l'intrusion A et la modification de *b* et *c*, ou bien si elles se sont déposées plus tard sur *c*. Mais, comme certaines roches crétacées et même tertiaires ont subi un exhaussement de plus de 2,700 mètres, dans les Pyrénées, on ne saurait admettre qu'aucune formation plutonique des mêmes périodes n'ait été mise à découvert par la dénudation à des niveaux de 600 et 900 mètres sur les versants de cette chaîne.

Roches plutoniques de l'Oolithe et du Lias. —

Dans le département des Hautes-Alpes, en France, M. Elie de Beaumont a signalé un calcaire argileux de couleur noire, rempli de bélemnites, à quelques mètres d'une masse de granite. A cette distance, le calcaire commence à prendre une structure grenue, mais à grains extrêmement fins. Plus près du point de jonction, ce même calcaire devient grisâtre et acquiert une texture saccharoïde. Dans une autre localité, près de Champoléon, certain granite, composé de quartz, mica noir et feldspath rose, recouvre en partie des roches secondaires, produisant une altération qui s'étend en profondeur à environ 9 mètres et diminue dans les couches de plus en plus éloignées du granite (fig. 628). Au sein de la masse altérée, les lits argileux ont été durcis, le calcaire est saccharoïde, les grès sont quartzeux; au milieu, se trouve une bande mince de granite imparfait. Une autre circonstance importante mérite d'être signalée: près du point de contact, le granite et les roches secondaires sont devenus métallifères, et contiennent des nids ainsi que de petites veines de blende, galène, fer et pyrite cuivreuse. Les roches stratifiées se montrent, à ce point de contact, plus dures et plus cristallines, tandis que le granite, au contraire, devient plus friable et moins nettement cristallisé (1). Bien que le granite soit la masse superposée dans la coupe (fig. 628), il ne faut point en conclure qu'il a coulé à la surface des couches, car les dislocations sont telles, dans cette partie des Alpes, que les roches occupent rarement la position qu'elles avaient à l'origine.

Roches plutoniques de la période Carbonifère.

— On a d'abord considéré le granite de Dartmoor, en Devonshire, comme l'une des plus anciennes roches plutoniques, mais on sait très-bien aujourd'hui qu'il est postérieur aux couches à combustible du même comté; celles-ci, d'après leur position et leur contenu en plantes houillères de caractère bien tranché, constituent actuellement pour tous les géologues des membres de la véritable série Carbonifère. De même que le granite hornblendique de Christiania, celui dont il est ici plus spécialement question s'est fait jour à travers les formations stratifiées

(1) Elie de Beaumont, *Sur les Montagnes de l'Oisans, etc.* (Mém. de la Soc. d'hist. nat. de Paris, t. V).

sans changer beaucoup leur direction. Or, du côté nord-ouest de Dartmoor, les membres successifs du terrain à combustible buttent contre le granite, et se métamorphi-

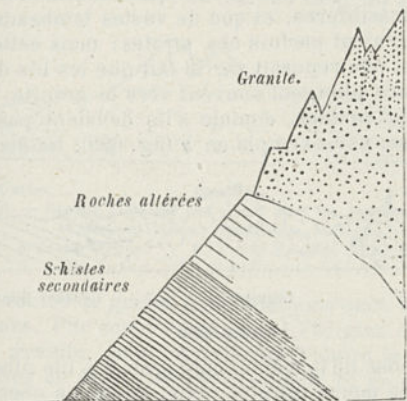


Fig. 628. — Jonction du granit aux couches Jurassiques ou Oolithiques, près Champoléon, dans les Alpes.

sent à mesure qu'ils s'en approchent. Ces couches sont aussi traversées de veines granitiques et de dykes pluto-niques appelés *Elvans* (1). Le granite du Cornouaillès est probablement du même âge, et, par conséquent, aussi moderne que les strates Carbonifères, s'il ne l'est pas davantage.

Roches plutoniques de la période Silurienne.

— On sait depuis longtemps qu'un granite très-ancien des environs de Christiania, en Norwège, est de date plus récente que les couches Siluriennes du même pays, quoiqu'on ne puisse définir exactement sa place dans la série Paléozoïque. De Buch, le premier, a annoncé le fait, en 1813, que ce granite est postérieur aux calcaires à orthocères et à trilobites. Les preuves en sont la présence de veines granitiques qui traversent un schiste et un calcaire, et l'altération de ces dernières roches jusqu'à une distance

(1) *Proceed. Geol. Soc.*, vol. II, p. 562; et *Trans.*, 2^e sér., vol. V p. 686.

considérable du point de contact, — altération produite soit par des veines, soit par la masse centrale dont les veines ne sont que les rameaux (voy. p. 749). De Buch a supposé que les roches plutoniques alternaient ici avec les strates fossilifères, et que de vastes lambeaux de granite recouvraient parfois ces strates; mais cette opinion est erronée, elle reposait sur le fait que les lits de schiste et de calcaire plongent souvent vers le granite, au-dessus du point de contact, comme s'ils devaient passer sous lui en masse, par exemple en *a* (fig. 629), tandis qu'en *b*,

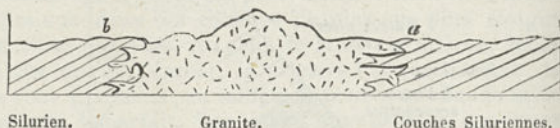


Fig. 629.

au côté opposé de la même montagne, les lits plongent en dehors de ce même granite. Mais, lorsqu'on observe avec attention les points de jonction, on voit que la roche plutonique pénètre elle-même, sous forme de prolongements, au sein des roches stratifiées fossilifères; nulle part cependant elle ne les couvre en larges masses, ainsi que le font si fréquemment les formations trappéennes (1).

Or, le même granite, qui est plus nouveau que les couches Siluriennes, en Norwége, envoie aussi, dans ce pays, des veines au travers d'une ancienne formation de gneiss; et les rapports de la roche plutonique au gneiss, au point de jonction, présentent le plus grand intérêt, si l'on considère, avec toute l'attention qu'elle mérite, la grande différence d'époque qui dut séparer les origines de ces roches.

Cette différence, et par conséquent la durée de l'intervalle, peut se supputer d'après les faits suivants: — les lits fossilifères ou Siluriens reposent en stratification non concordante sur les sommets tronqués du gneiss dont les couches inclinées ont été dénudées avant que les strates sédimentaires se fussent déposées (fig. 630). Les preuves

(1) Voyez *La Gæa Norvegica*, et autres ouvrages de Keilhau; j'ai exploré le pays en société de ce savant.

de la dénudation sont de deux sortes : d'abord, on rencontre parfois à la surface du gneiss, lorsqu'on déblaye les lits plus nouveaux qui le recouvrent, des débris organiques usés et arrondis ; en second lieu, on a trouvé des



Gneiss. Granite. Gneiss.
 Fig. 630. — Granite projetant des veines dans les couches Siluriennes
 et dans le Gneiss ; Christiania, Norwége.
 a Gneiss incliné. b Couches Siluriennes.

cailloux roulés de gneiss dans quelques-unes des couches Siluriennes. Par conséquent, entre l'origine du gneiss et celle du granite, sont intervenues d'abord la période où les couches de gneiss furent dénudées, et, en second lieu, l'époque d'accumulation des dépôts Siluriens sur le gneiss incliné et dénudé *a*. Cependant, le granite qui est sorti après un si long intervalle de temps est si intimement lié au gneiss ancien, aux points de jonction, que l'on ne peut tracer qu'une ligne arbitraire de séparation entre les deux ; et, d'autre part, sur les points où cette alliance fait défaut, les veines tortueuses de granite passent librement à travers le gneiss, envoyant quelquefois çà et là de petites ramifications, comme si la roche plus ancienne n'eût pas offert la moindre résistance à ce passage. Ces phénomènes sont probablement l'effet de l'action hydrothermale (voir plus bas, p. 778). Mais, dans la supposition où les points de jonction seuls eussent été visibles, et où l'on n'eût pas connu par d'autres coupes la durée de la période qui s'est écoulée entre la consolidation du gneiss et l'injection du granite, on aurait peut-être admis que le gneiss était à peine solidifié, ou qu'il n'avait point encore acquis complètement son caractère métamorphique lorsqu'il fut envahi par la roche plutonique. D'après cet exemple, on voit combien il doit être difficile, en Ecosse et autres pays, de préjuger l'âge de certains granites qui envoient des veines dans le gneiss et autres roches mé-

tamorphiques, et de décider s'ils sont primaires, ou s'ils n'appartiendraient pas à quelque'une des périodes Secondaire ou Tertiaire.

Granites les plus anciens. — Il y a un demi-siècle à peine, on croyait généralement que toute roche granitique était *primitive*, c'est-à-dire qu'elle avait été formée avant le dépôt des premières couches sédimentaires et avant la création des êtres organisés (voir plus haut (p. 13)). Mais; aujourd'hui, les opinions ont tellement changé, qu'il n'est pas facile de faire remonter l'origine d'une masse donnée de granite à une époque antérieure à l'accumulation de toute série fossilifère connue. Vint-on à découvrir quelques strates du Laurentien reposant immédiatement sur le granite, sans altération au point de contact ou sans veines granitiques, on serait sûr que la roche plutonique est antérieure aux dépôts fossilifères constatés les plus anciens. Et encore serait-il présomptueux de supposer, ainsi que nous l'avons fait remarquer (p. 610), qu'après des investigations qui n'ont encore atteint qu'une très-faible partie du globe, nous connaissons les couches fossilifères les plus anciennes de l'écorce de notre planète. En supposant même que ces couches fussent bien constatées, nous serait-il permis d'affirmer que nulle part il ne se trouve des lits antérieurs ayant contenu des débris organiques, mais devenus plus tard métamorphiques? Si l'on vient à rencontrer des cailloux roulés de granite dans un conglomérat du Laurentien Inférieur, on acquerra la certitude que le granite père fut produit avant la formation de ce terrain. Que si les couches incumbantes appartiennent purement au Silurien ou au Cambrien, le granite fondamental, bien que d'une très-haute antiquité, sera peut-être postérieur en âge aux formations fossilifères *connues*.

CHAPITRE XXXIII.

ROCHES MÉTAMORPHIQUES.

Caractère général des roches métamorphiques. — Gneiss. — Schiste amphibolique. — Serpentine. — Micaschiste. — Schiste argileux. — Quartzite. — Chlorito-Schiste. — Calcaire métamorphique. — Origine des roches métamorphiques. — Leur stratification. — Couches fossilifères converties, au contact des granites d'intrusion, en roches identiques avec divers membres de la série métamorphique. — Arguments que l'on a tirés de ce fait pour expliquer la nature de l'action plutonique. — Action hydrothermale, ou influence de la vapeur et du gaz pour produire le métamorphisme. — Objections qui ont été faites à la théorie du métamorphisme.

Nous avons jusqu'à présent étudié trois classes distinctes de roches : aqueuses ou fossilifères, volcaniques, plutoniques ou granitiques; il nous reste maintenant, pour terminer, à examiner celles des couches cristallines (hypogènes) auxquelles on a donné le nom de *métamorphiques*. Cette dernière expression, comme nous l'avons dit ailleurs, implique l'hypothèse que les couches, après s'être déposées, après séparation des eaux, auraient acquis, sous l'influence de la chaleur et d'autres causes, une texture éminemment cristalline. Les géologues qui ne partagent pas cette opinion peuvent appliquer aux roches dont il s'agit les épithètes de formations stratifiées hypogènes, ou schistes cristallins.

Ces roches, dans leur état le mieux caractérisé ou le plus normal, sont tout à fait dépourvues de débris organiques; elles ne contiennent, non plus, aucunes portions distinctes d'autres roches, arrondies ou angulaires. Quelquefois on les voit paraître sur des points isolés, au centre de chaînes montagneuses étroites; mais, dans d'autres cas, elles s'étendent sur de larges surfaces, occupant, par

exemple, la presque totalité de la Suède et de la Norvège où, de même qu'au Brésil, elles se montrent à de bas et à de hauts niveaux. Dans la Grande-Bretagne, ceux des membres de la série qui se rapprochent le plus du granite par leur composition (tels sont les gneiss, micaschistes, schiste amphibolique) se trouvent principalement dans la contrée Nord des rivières Forth et Clyde.

On a essayé maintes fois d'assigner un ordre général de succession ou de superposition aux membres de cette famille; on a supposé, par exemple, que le schiste argileux occupait invariablement une position géologique supérieure à celle du micaschiste, et que celui-ci surmontait toujours le gneiss. Mais, bien que cet ordre soit en réalité le plus constant dans quelques régions limitées, il est loin d'être universel. Je renverrai, du reste, à ce sujet, au chapitre XXXV, où sont exposés les rapports chronologiques des roches métamorphiques.

Roches métamorphiques principales. — Voici les principaux membres de la série métamorphique : — gneiss, micaschiste, schiste amphibolique, schiste argileux, chlorito-schiste, calcaire hypogène ou métamorphique, et certaines sortes de quartz ou quartzites.

Gneiss. — On peut dire que cette roche est un granite stratifié, ou, pour ceux qui n'adopteraient pas cette der-

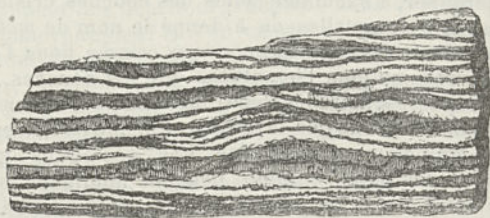


Fig. 631. — Morceau de gneiss, de grandeur naturelle; coupe perpendiculaire aux feuillets.

nière expression, un granite feuilleté, car elle est formée des mêmes matériaux que le granite, c'est-à-dire de feldspath, quartz et mica. Dans l'échantillon que j'ai figuré ici, les bandes blanches sont presque exclusivement du feldspath grenu, entremêlé çà et là d'écaillés de

mica et de grains de quartz. Les bandes noires sont composées de quartz gris et de mica noir, avec particules accidentelles de feldspath. La roche se divise plus facilement suivant les bandes noires, dont la surface exposée au jour est toute brillante de paillettes de mica. Le quartz qui accompagne ces bandes l'emporte cependant de beaucoup sur le minéral foliacé ; mais le clivage le plus facile est déterminé par l'abondance du mica dans certaines parties de la bande noire. Au lieu de se séparer ainsi en lames minces, le gneiss se partage quelquefois en bandes plus épaisses dans lesquelles le mica n'est que légèrement parallèle aux plans de stratification.

On obtient souvent des échantillons de ce gneiss qu'il est impossible de distinguer du granite, et cette circonstance fournit un argument favorable à ceux qui regardent les granites et les syenites, en général, non comme des roches ignées, mais comme des formations aqueuses, altérées au point d'avoir perdu toute trace de leur arrangement stratifié originel. Cependant, le mot *gneiss*, en géologie, a généralement un sens plus large, et sert à désigner non pas simplement des roches stratifiées et feuilletées d'une composition matérielle semblable à celle du granite ou de la syenite, mais encore une formation dans laquelle on rencontre aussi, en lits alternants, d'autres roches métamorphiques, et plus spécialement du schiste amphibolique. On considère alors les autres membres de la série métamorphique comme subordonnés au véritable gneiss.

Le lecteur prévoit déjà quelles pourront être les différentes variétés de roches alliées au gneiss, dans lesquelles le feldspath entrera comme élément essentiel ; il lui suffira pour cela de se rappeler ce qui a été dit du granite. Par exemple, en ajoutant le hornblende aux mica, quartz et feldspath, on aura un gneiss syénitique ou amphibolique ; ou bien, si au mica l'on substitue le talc, on obtiendra un gneiss talqueux, roche composée de feldspath, quartz et talc, en cristaux distincts ou en particules simplement cristallines (protogyne stratifiée des Français).

Schiste amphibolique. — Il est ordinairement noir, composé simplement de hornblende (amphibole), avec

proportions variables de feldspath, et, quelquefois, de particules de quartz. Lorsque le hornblende et le feldspath sont en quantités sensiblement égales, et que la roche n'est point schisteuse, celle-ci correspond par ses caractères aux greenstones de la famille des trapps ; alors on l'a nommée *Greenstone primitif*. On peut aussi l'appeler *roche de hornblende* ou amphibolite. Certaines masses contenant également du hornblende sont probablement des roches volcaniques devenues, après coup, cristallines ou métamorphiques.

Schiste-actinolitique. — C'est une roche schisteuse feuilletée, composée principalement d'actinolite minéral vert-émeraude (voisin du hornblende), qui se présente en cristaux prismatiques minces, formant quelquefois des groupes rayonnés, avec mélange de grenat, mica et quartz (1).

Serpentine. — Cette roche, est un silicate hydraté de magnésie qui contient quelquefois de 30 à 40 pour cent de ce corps. Elle est de couleur verte, et devient quelquefois rouge tacheté et brun noir par la présence de l'hématite. La serpentine entre pour une grande partie dans la composition d'un dyke de trapp qui traverse le Vieux Grès Rouge dans le Forfarshire ; c'est probablement un dyke de basalte altérée qui renfermait beaucoup d'olivine. L'idée de considérer ce dyke comme un produit volcanique à l'origine, qui aurait été plus tard altéré par l'action métamorphique, semble à première vue en désaccord avec sa présence en puissantes masses à stratification régulière dans la série métamorphique d'Ecosse, comme dans l'Aberdeenshire, par exemple ; mais on explique ce fait en supposant que cette serpentine, a probablement consisté dans le principe en un tuf-trapp à couches régulières et en une brèche volcanique à fortes proportions d'olivine qui auraient encore conservé la disposition stratifiée après leur conversion en roche métamorphique.

Micaschiste ou schiste micacé. — Cette roche se rapproche du gneiss, et constitue l'un des membres les plus abondants de la série métamorphique. Elle est schisteuse,

(1) Pour les minéralogistes français, l'actinolite s'appelle simplement *actinote* et constitue l'une des trois subdivisions de l'amphibole.

(Note du traducteur.)

essentiellement composée de mica et de quartz, le mica paraissant quelquefois former la masse totale. Des lits de quartz pur se rencontrent aussi dans cette formation. En certains districts, des grenats sous forme de dodécaèdres réguliers entrent comme partie intégrante dans la masse. Le micaschiste passe par des gradations insensibles au schiste argileux.

Schiste argileux. — *Schiste argilacé.* — *Argillite.* — Cette roche ressemble quelquefois à une argile endurcie ou à un schiste argileux ; dans la plupart des cas, elle est extrêmement fissile, et fournit de très-bonnes pierres à couvrir les toits. Parfois elle possède un aspect brillant et soyeux dû à de petites paillettes de mica ou de talc qu'elle contient. Sa couleur varie du verdâtre au gris bleuâtre ou au gris de plomb, et l'on peut dire de ce schiste, plus que de tout autre, qu'il appartient en commun aux séries métamorphique et fossilifère, car des schistes argileux pris dans chacune de ces divisions ne se distingueraient pas les uns des autres par les seuls caractères minéralogiques. Il n'est pas rare de rencontrer avec ce schiste une roche argileuse de même composition, mais sans clivage schisteux, que l'on pourrait désigner sous le nom d'*Argillite*.

Chlorito-schiste. — C'est une roche schisteuse verte dans laquelle entre surtout la chlorite en très-fines paillettes, ordinairement mêlées de petits grains de quartz, ou quelquefois de feldspath ou de mica ; elle est souvent associée au gneiss et au schiste argileux, avec lesquels on la voit se fondre en certains cas.

Quartzite ou Roche de quartz. — C'est un agrégat de particules de quartz, soit sous forme de petits cristaux, soit, ce qui est plus ordinaire, sous celle de grains arrondis ; le tout en couches régulières associées au gneiss et à d'autres roches métamorphiques. Le quartz compacte, comme celui que l'on trouve si fréquemment en veines, existe aussi associé au quartzite grenu. Les deux variétés alternent avec le micaschiste ou le gneiss ; il arrive parfois qu'elles passent à ces roches par addition de mica, ou de feldspath et de mica.

Calcaire cristallin ou métamorphique. — Cette roche hypogène, que les plus anciens géologues ont appelée

calcaire primaire, se montre quelquefois sous la forme d'un marbre blanc, cristallin, grenu, qui alors est exploité pour la sculpture, surtout s'il est en masses considérables; mais, plus fréquemment, on le rencontre en lits minces comme les feuilletés d'un schiste, et il ressemble beaucoup pour la couleur et l'arrangement extérieur à certaines variétés de gneiss et de micaschiste. Lorsqu'il alterne avec ces dernières roches, il contient souvent des cristaux de mica, et, accidentellement, du quartz, feldspath, hornblende, talc, chlorite, grenat et autres minéraux. Il entre peu dans la structure des districts métamorphiques de Norwége, de Suède et d'Ecosse; mais il est très-largement développé dans les Alpes.

Origine des couches métamorphiques. — J'ai traité longuement de la composition minérale des roches métamorphiques; il me reste maintenant à développer les détails de leur structure et leur histoire, et à donner en même temps le précis des opinions qui ont été successivement émises sur leur origine probable. Mais, d'abord, je prévient le lecteur que nous mettons ici le pied sur un terrain peu sûr, et que bientôt nous atteindrons les limites au delà desquelles devront cesser toutes les inductions positives, et ne commencer que de simples conjectures. Une hypothèse jadis très en faveur, et qui même encore aujourd'hui compte plusieurs partisans parmi les géologues, était que la texture cristalline et l'absence de toutes traces d'origine mécanique ou de fossiles au sein des roches métamorphiques proviennent d'une condition particulière et naissante qu'aurait présentée la planète à l'époque de la formation de ces roches. J'examinerai en détail les arguments qui combattent cette hypothèse, lorsque je montrerai, dans le chapitre XXXV, à combien d'âges différents se rapportent les formations métamorphiques, comment aussi ont été produits le gneiss, le micaschiste, le schiste argileux et le calcaire hypogène (celui de Carrare, par exemple), et cela, non-seulement à dater de la première introduction des êtres organiques sur la terre, mais encore longtemps après la succession de plusieurs des différentes races de plantes et d'animaux.

La doctrine qui a trait aux couches cristallines, comprises sous le nom de métamorphiques, doit trouver place

immédiatement ici ; nous chercherons d'abord si réellement on est autorisé à donner à ces couches l'épithète de stratifiées, dans le sens strict de ce mot, c'est-à-dire de roches déposées primitivement au sein des eaux sous forme de sédiment. Cette épithète, que les géologues ont généralement adoptée pour désigner les roches métamorphiques, indique suffisamment la divisibilité de celles-ci en lits très-analogues, au moins quant à la forme, aux couches fossilifères ordinaires. La ressemblance, du reste, n'est point du tout limitée à l'existence accidentelle, dans les deux groupes de roches, de la même structure laminaire, mais elle s'étend à toute espèce de disposition concordant avec l'absence de fossiles, sable, galets, ondulations et autres caractères que la théorie métamorphique suppose avoir été anéantis par l'action plutonique. Ainsi, on trouve au sein des formations cristallines, aussi bien que dans les formations fossilifères, une alternance de lits variant beaucoup pour la composition, la couleur et l'épaisseur. Le gneiss s'y trouve entremêlé de petites bandes de schiste amphibolique noir, ou de chlorito-schiste vert, ou bien encore de quartz grenu ou de calcaire, et l'échange entre ces différentes matières peut se répéter un nombre de fois indéfini. Le micaschiste alterne de même avec le chlorito-schiste, ou avec des lits de quartz pur, ou des couches de calcaire grenu. Nous avons déjà dit que, près du contact immédiat des veines granitiques et des dykes volcaniques, on observait des altérations profondes de la roche, plus spécialement au voisinage du granite. Il sera peut-être utile ici d'ajouter d'autres exemples pour démontrer qu'une texture, impossible à distinguer de celle qui caractérise les formations métamorphiques les plus cristallines, se trouve aujourd'hui prédominer dans des couches jadis fossilifères.

Couches fossilifères rendues métamorphiques par des masses intrusives de granite. — L'extrémité méridionale de la Norvège comprend un large district qui occupe le bord occidental du fiord de Christiania; et, dans cette circonscription, que j'ai visitée en 1867 avec feu le Professeur Keilhau, le granite et la syenite percent, par places, à travers les couches fossilifères, en formant des masses montagneuses, ou bien, ce qui est plus habi-

tuel, envoient des veines au sein de ces couches, au point de contact. Les roches stratifiées de cet endroit, pétries de coquilles et de zoophytes, consistent principalement en schistes, calcaires et grès ; elles sont invariablement altérées près du granite, sur une distance de 50 à 400 mètres. Les schistes alumineux ont durci et sont devenus siliceux ; ils ressemblent parfois à du jaspe. Le durcissement de bandes alternatives d'un schiste vert et d'un schiste brun-chocolat a donné lieu à un véritable jaspe rubané ; chaque nuance reproduit fidèlement les lignes primitives de stratification. Plus près du granite, le schiste contient souvent des cristaux de hornblende que l'on voit même à une distance de plusieurs centaines de mètres du point de jonction ; ce hornblende de couleur noire s'y trouve tellement abondant, que des géologues éminents, voyageant dans la contrée, ont pris la roche pour du schiste amphibolique ancien, subordonné à la grande formation de gneiss en Norvège. Fréquemment aussi apparaissent dans la masse, entre le granite et le schiste amphibolique mentionné ci-dessus, des paillettes de mica et de feldspath cristallin, de sorte que cette association minérale ressemble soit à un gneiss, soit à un micaschiste. On découvre rarement des fossiles à travers ces schistes, et les quelques débris qu'ils pourraient fournir disparaissent à mesure que la roche devient plus cristalline, c'est-à-dire qu'elle se rapproche davantage du granite. En quelques endroits, la matière siliceuse du schiste est devenue du quartz grenu, et, lorsqu'il s'y ajoute du hornblende et du mica, la roche altérée perd sa stratification et passe à une sorte de granite. Le calcaire qui, loin de cette dernière roche, offre une texture terreuse et une couleur bleuâtre, et qui souvent aussi abonde en coraux, devient au contraire, en s'en rapprochant, un marbre blanc, saccharoïde, quelquefois siliceux ; la structure grenue continue, en certains cas, jusqu'à plus de 400 mètres du contact. Les coraux sont, la plupart, profondément altérés quant à leur forme, mais cependant il en subsiste quelques-uns bien conservés, même dans le marbre blanc. Le calcaire altéré et le schiste endurci contiennent tous deux des grenats assez fréquents ; on y remarque, de plus, des minerais de fer, de plomb, de cuivre et un peu d'argent.

Ces altérations existent, soit que le granite traverse les couches fossilifères parallèlement à leur direction générale, soit qu'il les pénètre perpendiculairement à cette direction, comme nous l'avons montré par le plan ci-dessous (fig. 632) (1).

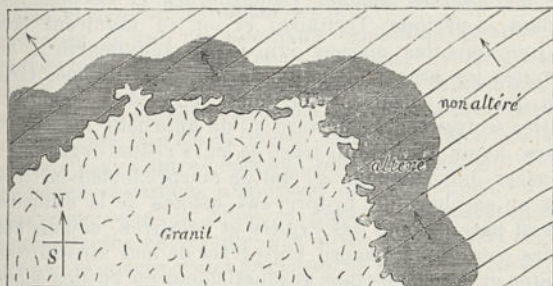


Fig. 632. — Vue en plan d'un schiste et d'un calcaire altérés près du granite. Christiania. Les flèches indiquent le plongement et les lignes obliques la direction des couches.

Le granite de Cornouailles envoie pareillement des veines à travers du schiste argilacé grossier, appelé par les gens du pays *killas*. Ce *killas* est converti en schiste amphibolique près de son contact avec les veines. Le phénomène se voit très-bien à la jonction du granite et de la roche en question, à Saint-Michael's Mount (Mont Saint-Michel), petite île d'environ 90 mètres de haut, située dans la baie, à la distance d'environ 5 kilomètres de Penzance. Le granite lui-même de Dartmoor, en Devonshire, se serait introduit, d'après Sir H. de la Bèche, dans les schistes carbonifères et les grès ardoisiers, plissant et contournant les strates sur son passage, et leur envoyant des ramifications. Par suite, quelques-unes de ces roches schisteuses seraient devenues *micacées*; d'autres, plus endurcies, auraient gagné les caractères du micaschiste et du gneiss; le reste, enfin, aurait été transformé en une roche dure, zonée, fortement chargée de feldspath (1).

(1) Keilhau, *Gæa Norvegica*, pages 61, 63.

Nulle part ailleurs que dans les îles occidentales d'Ecosse on ne rencontre d'exemple aussi remarquable des phénomènes de métamorphisme local. M. Judd a signalé, dans les environs de cette localité, de grandes masses de granite et de gabbro, qui ont fait irruption dans les diverses couches Paléozoïques et Secondaires, pendant la période Tertiaire, et où se montrent près des jonctions des masses ignées et sédimentaires, les exemples les plus instructifs de métamorphisme. C'est ainsi que les calcaires Liasiques remplis de coquilles fossiles se trouvent, à mesure qu'on approche des roches ignées, avoir perdu toute trace de leurs restes organiques, et passer définitivement à l'état de marbre fortement cristallin ou saccharoïde, propre aux usages de la statuaire. On voit pareillement des argiles et calcaires, soumis aux mêmes conditions, perdre toute trace de leur structure organique et se transformer graduellement en roches schisteuse dure et en quartzite, en même temps que les grès feldspathiques du Cambrien, sont changés en roches schisteuses très-micacées.

Il résulte des recherches de M. Dufrénoy que, dans les Pyrénées-Orientales, existent des massifs granitiques d'âge postérieur aux formations appelées lias et craie de ce pays, et que ces roches fossilifères sont fortement altérées dans leur texture et souvent imprégnées de minéral de fer au voisinage du granite. Ainsi, aux environs de Saint-Martin, près Saint-Paul-de-Férouillet, le calcaire crayeux devient plus cristallin et saccharoïde à mesure qu'il approche du granite, et il perd toutes traces des fossiles qu'il contenait d'abord en abondance; sur quelques points aussi, ce calcaire devient dolomitique, et se montre tout pénétré de petites veines de carbonate de fer, ou tacheté de minéral rouge du même métal. A Rancié, le lias, le plus rapproché du granite, est non-seulement imprégné d'oxyde de fer, mais chargé de pyrites de trémolite, de grenat, ainsi que d'un minéral un peu analogue au feldspath et que l'on appelle *Couzéranite*, d'après la localité où il se trouve plus spécialement dans les Pyrénées.

Les couches Siluriennes Inférieures des Highlands;

(1) *Geol. Manual*, p. 479.

dont la masse entière a été intérieurement convertie en diverses roches métamorphiques montrent, en outre, qu'elles ont subi près de leur jonction avec les masses intruses des Monts Grampians un autre métamorphisme d'un caractère local.

On a vu que les roches sédimentaires dans le voisinage immédiat des fortes intrusions ignées se sont beaucoup endurcies, et que des minéraux cristallins se sont souvent développés le long de leurs plans de stratification ou de clivage. La ressemblance de ces roches ainsi formées avec la plupart des roches schisteuses ou à feuilletés, a fait penser que les dernières avaient pu être produites, en tous cas, d'autres couches préexistantes, par l'action de forces chimiques analogues qui opéraient sur une plus vaste échelle. Ainsi, le gneiss et le micaschiste ne seraient autre chose que des grès micaqués et argileux altérés; le quartz grenu proviendrait de grès siliceux, et le quartzite compacte serait peut-être le dernier résultat de l'altération des mêmes matériaux. Pareillement le schiste argileux serait une argile altérée, et le marbre saccharoïde aurait été à l'origine un calcaire ordinaire rempli de coquilles et de coraux qui, depuis, auraient été détruits; enfin les sables et marnes calcaires auraient été changés en calcaires impurs cristallins.

L'anthracite et le graphite, que renferment parfois les roches hypogènes, ont sans doute été jadis de la houille: car, celle-ci, comme nous l'avons remarqué, se convertit en anthracite non-seulement au voisinage de certains dykes trappéens, mais encore loin du contact des roches ignées, dans la région disloquée des Apalaches. A Worcester, à 72 kilomètres ouest de Boston, état de Massachussets, existe un lit de plombagine (graphite) et d'anthracite impur alternant avec le micaschiste. Ce lit mesure environ 0^m60 d'épaisseur; on l'a exploité à la fois pour en tirer du combustible et pour en fabriquer des crayons. A la distance de 48 kilomètres de la plombagine, on observe, vers les confins de Rhode-Island, un anthracite impur en plaques qui contiennent des empreintes de plantes houillères des genres *Pecopteris*, *Neuropteris*, *Calamites*, etc. Ce minéral, pour son caractère, tient le milieu entre l'anthracite de Pensylvanie et

la plombagine de Worcester, dans laquelle les matières gazeuses ou volatiles (hydrogène, oxygène et azote) sont au carbone dans la proportion de 3 à 100. J'ai parcouru la contrée suivant diverses directions, et j'ai acquis la certitude que les schistes carbonifères avec anthracite et plantes qui souvent, à Rhode-Island, passent au mica-schiste, ont acquis, à Worcester, une texture complètement cristalline et métamorphique; l'anthracite a été partiellement transformé en cette sorte de carbone pur que l'on appelle plombagine ou graphite (1).

Or, les altérations que nous venons de décrire comme ayant été produites dans les roches par des dykes volcaniques et par les veines de granite, prouvent incontestablement que la nature possède le pouvoir de transformer des strates fossilifères en couches cristallines, — les roches de ces deux classes étant matériellement composées d'un petit nombre d'éléments simples et communs. Ces éléments, énumérés dans notre tableau, p. 658, peuvent être appelés à former des combinaisons nouvelles au moyen de l'action dite plutonique, ou de ces changements chimiques qui se rattachent, sans aucun doute, au passage, à travers les couches, de la chaleur aussi bien que de l'eau et de la vapeur d'eau qui se trouvent habituellement à une haute température.

Action hydrothermale, ou influence de la vapeur d'eau et des gaz dans l'opération du métamorphisme. — Les expériences de Grégoire Watt, qui a fondu diverses roches dans son laboratoire pour les laisser ensuite se solidifier par un refroidissement lent, prouvent d'une manière péremptoire qu'une masse minérale peut très-bien, sans avoir subi une fusion complète, prendre un nouvel arrangement moléculaire; et acquérir par suite une cristallisation partielle (2). Il est donc facile de comprendre que toutes traces de coquilles et d'autres débris organiques disparaissent, et que de nouvelles combinaisons chimiques aient lieu, sans supposer la masse à un degré de fusion qui efface complètement toute ligne de stratification. Il ne faut pas croire, cependant, que la

(1) Voir Lyell, *Quart. Géol. Journ.*, vol. 1. p. 199.

(2) *Phil. Trans.* 1864.

chaleur seule, agissant sur une masse pierreuse, à l'air libre, soit tout ce que peut fournir l'action plutonique ; nous n'ignorons pas que les volcans en éruption rejettent non-seulement de la lave fluide, mais encore de la vapeur et des gaz chauds qui s'échappent du cratère en tourbillons énormes, et cela pendant des jours, des semaines ou même des années sans discontinuité, les vapeurs et les gaz ne cessant même de se dégager de la lave pendant toute la durée de sa consolidation.

On sait aussi que des sources thermales continuent à jaillir pendant des siècles sur divers points de la surface occupée jadis par des volcans, dont l'activité est depuis longtemps éteinte. Il en est de même dans les contrées sujettes à de violents tremblements de terre où l'on observe fréquemment des sources de même nature s'échappant des lignes de fracture, ou des failles produites par le déplacement des roches. Ces eaux chaudes sont le plus ordinairement chargées d'éléments minéraux très-variés ; leur température se conserve invariablement la même de siècle en siècle, et la composition des substances terreuses, métalliques et gazeuses dont elles sont saturées, reste d'une uniformité remarquable. C'est un fait bien constaté que les sources chaudes ou froides, qui sont chargées d'acide carbonique et souvent d'une petite quantité d'acide fluorhydrique, sont, pour les roches dont elles pénètrent les pores, des causes puissantes de décomposition et de réaction chimique.

Les changements produits par les eaux alcalines de Plombières, dans les Vosges (1), ont été parfaitement décrits par Daubrée, et leur étude offre un intérêt tout particulier. Ces eaux marquent 71° centigrades, température supérieure de 60° à celle qui caractérise en moyenne les sources ordinaires du département. Les Romains avaient amené ces eaux, au moyen de conduits prolongés ou aqueducs, dans des thermes, ou constructions à bains, dont les matériaux des fondations encore visibles consistaient en chaux, grès et fragments de briques, le tout formant une masse compacte et résistante. Les eaux thermales s'étaient infiltrées pendant des

(1) Daubrée, *Sur le Métamorphisme*, Paris, 1863.

siècles à travers ces diverses parties de la maçonnerie et avaient donné lieu à la production des zéolithes, apophyllite et chabasié, par exemple; des spaths calcaires, arragonite et spath fluor, ainsi qu'à celle de minéraux siliceux tels que l'opale. Tous ces produits étaient logés dans les vides des briques et du mortier, ou formaient une partie constituante de ces matériaux modifiés dans la disposition de leurs éléments. La quantité de chaleur dépensée dans une suite de 2,000 ans, pour la production des phénomènes que nous venons de mentionner, a dû être incontestablement énorme; mais, quant à l'intensité de cette chaleur développée à chaque instant de sa durée, elle a toujours été insignifiante.

On peut conclure de ces faits, ainsi que des expériences et observations des Senarmont, Daubrée, Delesse, Scheerer, Sorby, Sterry Hunt et autres, que, lorsqu'il existe dans les entrailles de la terre des volumes considérables de matière en fusion, contenant sous une énorme pression de l'eau à une température élevée et divers acides, ces masses souterraines à l'état fluide abandonnent insensiblement une partie de leur chaleur par le dégagement à travers les fissures des vapeurs et des différents gaz qui servent à la production des sources thermales; ou par le passage de ces mêmes produits aériformes à travers les pores des roches sus-jacentes et injectées. Les roches même les plus compactes, avant qu'elles soient séchées et exposées à l'air, peuvent être regardées comme de véritables éponges remplies d'eau; car, d'après les expériences de Henry, l'eau, sous une pression hydrostatique de 29 mètres, absorbe trois fois plus d'acide carbonique que sous la pression ordinaire de l'atmosphère. L'eau s'empare également de bien d'autres gaz, et cela avec d'autant plus de rapidité que la pression qu'elle subit est plus grande. Bien que la matière gazeuse d'abord absorbée ne tarde pas à se condenser et à céder son calorique, cependant la succession continue des émissions venant d'en bas, additionnées pendant des siècles, finit par élever la température de l'eau et celle de la roche contenant. Dans ce cas, l'eau n'est pas seulement un véhicule de la chaleur, mais encore, à cause de son affinité pour les silicates, elle trans-

forme en quartz, feldspath, mica et autres minéraux les matériaux décomposés des roches qu'elle envahit. Quant au quartz, l'eau tenant en dissolution des silicates alcalins, comme cela existe dans les sources de Plombières, l'eau, dis-je, peut le produire par la seule influence de la chaleur, sans le secours d'aucune réaction chimique. Suivant Daubrée, il faudrait une très-faible quantité d'eau, pour opérer des transformations importantes dans la structure minérale des roches; et quant à la chaleur, nécessaire à la production des silicates, il suffit, par la voie humide, de celle qui donne le rouge naissant, tandis que, par la voie sèche, le même résultat exige une température bien plus élevée.

M. Fournet a démontré, dans sa description du gneiss métallifère des environs de Clermont en Auvergne, que toutes les petites fissures de la roche sont complètement remplies de gaz acide carbonique libre; le gaz sort abondamment du sol sur ce point et en différents autres de la contrée voisine. Les éléments du gneiss se sont tous ramollis à l'exception du quartz, et de nouvelles combinaisons de l'acide avec la chaux, le fer et le manganèse sont continuellement en voie de se former (1).

Les Stufas de Saint-Calogero, dans les îles Lipari, nous fournissent un autre exemple de l'action des gaz souterrains. En cette localité, on voit, sur près de 6 kilomètres, le long de la côte, des couches horizontales de tuf formant des falaises de plus de 60 mètres de haut, et décolorées en divers endroits par les jets de vapeurs, appelés *stufas*, qui sortent des fissures à une température souvent supérieure à celle de l'eau en ébullition. De même, M. Virlet a décrit la corrosion exercée sur des roches dures, près de Corinthe, par l'action prolongée de gaz souterrains, et le D^r Daubeny a signalé la décomposition que les roches trachytiques ont subie, dans la Solfatare, près de Naples, sous l'influence des gaz hydrogène sulfuré et acide chlorhydrique. Dans tous ces exemples, il est évident que les fluides gazeux ont dû traverser des masses énormément épaissées de roches

(1) Voyez *Principes*, etc., Index : SOURCES CHARGÉES D'ACIDE CARBONIQUE, etc.

poreuses ou fissurées, et que l'action modifiante de ces vapeurs a dû s'étendre, pendant des milliers d'années, à travers la totalité de la croûte solide.

On a objecté contre la théorie du métamorphisme que les roches sont douées d'un faible pouvoir conducteur du calorique, ce qui est vrai, car les masses pierreuses, une fois desséchées et à l'air, diffèrent beaucoup sous ce rapport des métaux. Nous avons fait voir, p. 748, que la syenite de Norwége avait quelquefois altéré des couches fossilifères, sur une distance de 400 mètres, soit dans le sens de leur plongement, soit dans celui de leur direction; mais la théorie relative au gneiss et au mica-schiste, que nous avons proposée ci-dessus, nous force à supposer que la même influence a dû s'étendre au sein des couches sur une épaisseur de milliers de mètres. Le Professeur Bischoff a fait voir quels changements considérables peut opérer sur le marbre noir et d'autres roches la vapeur d'une source chaude dont la température n'est cependant que de 57 à 75 degrés centigrades; et les faits nous démontrent de plus en plus le rôle important de l'eau dans la distribution de la chaleur intérieure à travers les masses montagneuses de couches superposées, et celui non moins important qu'elle joue en servant de véhicule aux divers éléments minéraux pour les introduire, à l'état fluide ou gazeux, dans ces mêmes masses. D'après tous ces faits, ne serait-il pas permis de considérer la plupart des granites et des roches de cette classe comme n'étant quelquefois que le résultat extrême d'un métamorphisme lent de ce genre? Mais, d'un autre côté, la chaleur brûlante que la lave émet dans un cratère en ignition, blanc et éblouissant comme le soleil, peut nous donner une idée de la température que doit avoir une colonne du même fluide à plusieurs kilomètres au-dessous; elle doit dépasser de beaucoup toutes celles qu'on a pu observer à la surface de la terre. En somme, la composition uniforme, l'absence de stratification et le volume considérable des masses plutoniques sont en parfait accord avec la théorie qui attribue à une chaleur intense la formation de cette classe de roches. Enfin, la pénétration des veines dans les roches stratifiées contiguës ou schisteuses est une conséquence naturelle de la pres-

sion hydrostatique à laquelle ont dû s'élever les colonnes de matière fondue de plusieurs kilomètres de hauteur.

Examen des objections opposées à la théorie du métamorphisme. — On a objecté à la théorie du métamorphisme que les schistes cristallins contiennent une forte proportion de potasse et de soude, substances alcalines qui manquent totalement dans les couches sédimentaires que l'on suppose avoir été formées de ces schistes. Mais ce raisonnement repose sur une base peu fondée, car l'argile, la marne, le schiste argileux et l'argile schisteuse contiennent parfois une quantité d'alcali assez considérable pour qu'il soit souvent impossible de détruire par le feu cette substance dans les argiles employées pour les briques ou la poterie. Le vieux Grès Rouge qui, dans le Forfarshire et autres parties de l'Écosse, provient de la décomposition du granite, renferme beaucoup de feldspath trituré, riche en potasse. Il existe aussi de la potasse dans les débris de végétaux fossiles, et de la soude dans le sel commun dont les strates sont ordinairement très-imprégnées, comme en Patagonie. Enfin, des analyses récentes ont démontré que les couches carbonifères, en Angleterre, les Siluriens Supérieur et Inférieur, dans le Canada oriental, et les schistes argileux les plus anciens, en Norvège, contiennent tout autant d'alcali que les roches métamorphiques en général.

On a déduit une autre objection de l'alternance de couches fortement cristallines avec d'autres qui l'étaient moins. La chaleur, a-t-on prétendu, dans son mouvement ascensionnel, doit avoir traversé les schistes moins altérés avant de parvenir aux lits qui sont aujourd'hui les plus cristallins. En réponse à cette objection, je dirai qu'un certain nombre d'assises, différant beaucoup l'une de l'autre par leur composition, et venant à être soumises à une chaleur ou action hydrothermale d'égale intensité, ne montreront pas, suivant toute probabilité, le même degré de fusibilité relative. Les unes, par exemple, contiendront de la potasse, de la soude, de la chaux ou d'autres éléments capables d'agir comme flux ou dissolvant; d'autres seront dépourvues de ces mêmes éléments, et, par conséquent, se montreront tellement réfractaires, qu'elles seront très-peu affectées par les mêmes causes.

Il ne faut pas non plus perdre de vue qu'en thèse générale, les masses les moins cristallines se rencontrent plutôt à la partie supérieure, et les plus cristallines au niveau inférieur de chaque série métamorphique.

CHAPITRE XXXIV

ROCHES MÉTAMORPHIQUES (*suite*).

Définition des joints et du clivage schisteux. — Causes supposées de ces sortes de structures. — Théorie mécanique du clivage. — Raccourcissement et allongement de roches schisteuses par pression latérale. — Lamellation de certaines roches volcaniques, due au mouvement. — La structure feuilletée des schistes cristallins est-elle ordinairement parallèle aux plans primitifs de stratification? — Exemples en Norwége et en Écosse. — Causes d'irrégularités dans les plans des feuillets.

Nous avons déjà vu que des forces chimiques d'une grande intensité s'étaient fréquemment exercées sur des couches sédimentaires et fossilifères, longtemps après leur consolidation; on demandera ici, naturellement, si les minéraux composants des roches altérées se disposent habituellement dans un sens parallèle aux plans originels de stratification, ou bien si, après la cristallisation, ils ont pris plus ordinairement une autre position.

Pour mieux saisir toute la portée de cette question, il est bon d'apprendre d'abord ce que signifient ces mots *clivage* et *division feuilletée*. On compte quatre genres distincts de structure des roches, savoir : la stratification, les joints, le clivage schisteux (schistosité) et les feuillets; ces quatre genres exigent des noms particuliers, bien que, dans certains cas, même après l'étude la plus attentive, il soit impossible de dire à quelle classe chacun d'eux appartient.

Clivage schisteux. — Le professeur Sedgwick, dont l'essai *On the Structure of large Mineral Masses* (sur la structure des grandes masses minérales) a jeté un premier jour sur ce sujet obscur, établit que les *joints* se

distinguent des lignes de *clivage schisteux*, en ce qu'une roche intervenant entre deux joints n'offre plus de tendance à se cliver dans une direction parallèle aux plans de ces joints, tandis qu'elle est susceptible de sous-divisions à l'infini suivant le sens de son clivage schisteux particulier. Dans quelques cas où les couches sont courbes, les plans de clivage se montrent encore parfaitement parallèles. On en observe un exemple dans les roches schisteuses d'une partie des Galles (fig. 633); ces roches



Fig. 633. — Plans parallèles de clivage coupant des couches recourbées (Sedgwick).

consistent en un schiste dur, verdâtre (phyllade). Le véritable sens des couches de cette localité est indiqué par un grand nombre de bandes parallèles, les unes plus foncées et les autres plus claires que la teinte générale de la masse. Ces bandes sont parallèles aux véritables plans de stratification, partout où ceux-ci se manifestent par des ondulations ou par des lits contenant des corps organiques particuliers. Quelques-unes des couches contournées montrent une structure mécanique grossière, et alternent avec des schistes chloritiques cristallins à grains fins; alors le même clivage schisteux traverse les lits grossiers comme les plus fins, avec d'autant plus de netteté cependant que les matériaux composants de la roche sont plus ténus et plus homogènes. Dans le cas, seulement, d'éléments tout à fait grossiers, les plans de clivage disparaissent complètement. Ces plans inclinent d'ordinaire sous un angle très-aigu relativement à celui des couches. Dans les collines Welsh, par exemple, la valeur moyenne de l'incidence est à peine de 30 à 40 degrés. Quelquefois les plans de clivage plongent vers le même point de la boussole que ceux de stratification, mais plus fréquemment, c'est dans des directions opposées (1).

(1) *Geol. Trans.*, 2^e série, vol. III, p. 461.

Le clivage, tel qu'il est représenté dans la fig. 633, est généralement constant sur la totalité de toute masse qui a subi de nombreuses perturbations, comme si la même pression latérale qui a émiétté la roche le long des axes parallèles, anticlinaux et synclinaux, avait aussi occasionné le clivage.

Le Professeur McKenny Hugues fait remarquer que là où le clivage coupe des flagstones sous un angle considérable par rapport aux plans de stratification, il arrive souvent que la roche se partage en grandes dalles, à travers lesquelles les lignes des couches sont fréquemment visibles; mais lorsque les plans de clivage ne s'écartent que de 150° environ de ceux de stratification, la roche peut se diviser le long des lignes des couches.

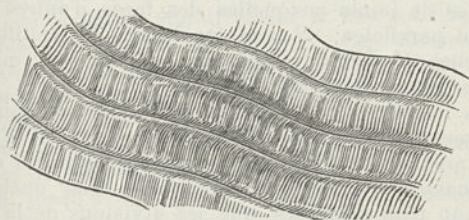


Fig. 634. — Coupe dans les schistes ardoisiers du Silurien Inférieur du Cardiganshire, montrant les plans de clivage recourbés le long de la jonction des lits (T. McK. Hughes).

Le même auteur a porté mon attention sur le fait que la roche, après son clivage, peut subir des mouvements qui, quelquefois, entraînent les plans de clivage et les courbent sur toute la longueur des lignes de jonction des strates, comme l'indique la figure ci-dessus.

Joints. — Quant aux *joints*, ce sont des fissures naturelles qui souvent traversent les roches en lignes droites et parfaitement nettes. Ils fournissent au carrier, ainsi que l'observe M. Murchison, parlant du phénomène tel qu'il se montre dans le Shropshire et les comtés environnants, le plus utile secours pour conduire l'extraction des blocs; et si ces joints se croisent les uns les autres, en nombre suffisant, la masse entière de la roche se sé-

pare en portions symétriques. Les faces des joints sont généralement plus unies et plus régulières que celles des véritables strates. Les joints sont des fentes étroites, souvent un peu béantes, traversant la plupart non-seulement des dépôts successifs, stratifiés, mais encore des masses arrondies de calcaire ou d'autres matières qui ont été formées par voie de concrétion, postérieurement à l'accumulation des couches, et même passant dans le cas des conglomérats, à travers des galets de quartz. Les joints, par conséquent, se sont probablement produits par suite de l'un des derniers changements qu'auraient subis les dépôts sédimentaires (1).

Dans le diagramme suivant (fig. 635), les surfaces planes des roches A, B, C, représentent des portions exposées de joints auxquelles des faces d'autres joints, JJ, sont parallèles; SS sont les lignes de stratification; DD, celles de clivage schisteux, coupant sous un angle aigu les plans de stratification.

Dans les Alpes de la Savoie et de la Suisse, ainsi que l'a observé M. Bakewell, d'étroites solutions de continuité, presque verticales, coupent régulièrement d'énormes masses calcaires; les joints y sont quelquefois beaucoup plus sensibles que les divisions de la strati-

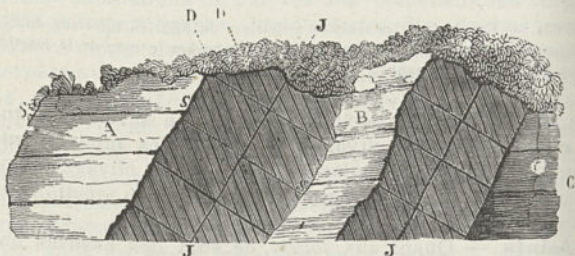


Fig. 635. — Stratification, joints et clivage.
(D'après le *Silurian System* de Murchison, p. 245.)

fication, et un géologue non expérimenté les confond presque inévitablement avec celles-ci : il suppose que les couches sont perpendiculaires, sur des points cepen-

(1) *Silurian System*, p. 246.

dant où, de fait, elles se dirigent presque horizontalement (1).

Or, on a cru voir dans ces joints des divisions analogues à celles qui séparent les roches volcaniques et plutoniques en masses cuboïdes ou prismatiques. On remarque, sur une petite échelle, que l'argile ou l'amidon se partagent, en séchant, sous des formes semblables; la cause en est due souvent à une simple contraction, soit que le retrait provienne de l'évaporation de l'eau, soit qu'il appartienne à un changement de température. C'est un fait parfaitement connu que divers grès et autres roches se dilatent sous l'influence d'une élévation modérée de température, et ensuite se contractent par le refroidissement; sans aucun doute, aussi, de vastes portions de la croûte terrestre ont, durant le cours des âges, été soumises itérativement à des conditions très-variables de chaleur et de froid. Ces alternatives de température ont probablement contribué, dans de très-larges proportions, à la production des joints à travers les roches.

Dans quelques contrées, par exemple, en Saxe, où les masses de basalte reposent sur le grès, la roche aqueuse a pris, jusqu'à une distance de plusieurs décimètres à partir du point de jonction, une structure colonnaire semblable à celle du trapp. De même, certaines pierres de foyer exposées à la chaleur d'un fourneau, sans atteindre, cependant, le point de fusion, n'en sont pas moins devenues prismatiques. Des cristaux aussi acquièrent, sous l'influence de la chaleur, une autre disposition moléculaire; ils se clivent dans une nouvelle direction, leur forme extérieure restant la même.

Théorie du clivage par cristallisation. — Le Professeur Sedgwick, parlant des plans de clivage schisteux lorsqu'ils sont décidément distincts de ceux des dépôts sédimentaires, déclare, dans l'ouvrage que nous avons cité, que, suivant son opinion, ni retrait des parties, ni contraction dans les dimensions des roches passant à l'état solide, ne sauraient rendre compte du phénomène. Il le rapporte donc à des forces cristallines ou polaires

(1) *Introduction to Geology*, chap. iv.

agissant simultanément, et avec assez d'uniformité, suivant des directions déterminées, sur de larges masses ayant une composition homogène.

Quant au clivage schisteux, Sir John Herschell pense que « des roches chauffées à un degré suffisant pour commencer à cristalliser, c'est-à-dire portées à une température qui permette aux particules de se mouvoir, au moins chacune autour de son axe, de telles roches doivent obéir à quelque loi générale déterminant la position dans laquelle ces particules se grouperont en refroidissant. Probablement cette position aura de certains rapports avec la direction suivant laquelle se dégage la chaleur. Or, lorsque toutes ou presque toutes les molécules d'une même nature montrent une tendance générale à un arrangement de ce genre, il doit naître un sens particulier de clivage. C'est ainsi que nous voyons des cristaux infiniment petits, récemment précipités du sulfate de baryte ou d'autres dissolutions analogues, se disposer d'eux-mêmes au sein du fluide qui leur a servi de véhicule; lorsque, après, on agite le dépôt, on voit tous ces cristaux briller d'un même éclat et ressembler à des filaments soyeux. Certaines sortes de savons à margarates insolubles (1) montrent le même phénomène dans l'eau. Or, ce que fournissent nos expériences en petit doit se reproduire également dans la nature sur une plus grande échelle (2). »

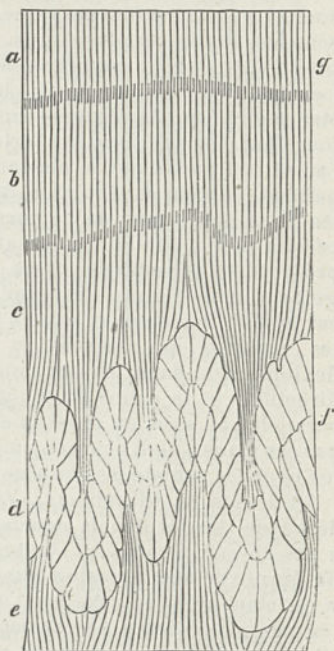
Théorie mécanique du clivage. — D'après les observations du Professeur Phillips, des coquilles et trilobites fossiles, au sein de certaines roches schisteuses, auraient été fortement déformés quant à leurs contours, et tordus suivant toute espèce de direction. Ce changement, ajoute-t-il, semble être résultat d'un mouvement « d'étirage » (*creeping*) des particules de la roche le long des plans de clivage; la direction en est toujours uniforme pour une même localité, et l'on peut, dans quelques

(1) L'acide margarique est un acide oléagineux que l'on extrait de différentes matières grasses, animales ou végétales. Un margarate est une combinaison de l'acide précédent avec la soude, la potasse ou autres bases, et tire son nom de l'éclat perlé qu'il présente.

(2) Lettre adressée à l'auteur, du Cap de Bonne-Espérance, en date du 20 février 1836.

est, mesurer l'étendue de la déformation, qui va jusqu'à 6 et même 12 millimètres (1). M. le Docteur Sharpe, poursuivant le même genre de recherches, est arrivé à conclure que les formes tordues actuelles des coquilles, au milieu de plusieurs roches schisteuses en Angleterre, peuvent s'expliquer par la supposition que ces roches auraient subi une compression perpendiculaire aux plans de clivage, et une expansion correspondante suivant le sens de plongement du même genre de division (2).

Plus tard (juillet 1853), M. Sorby a démontré jusqu'à quel point cette théorie mécanique est applicable aux roches schisteuses de la Galles du Nord et du Devonshire (3), districts où l'on rencontre de nombreuses occasions de constater et mesurer l'étendue des changements de dimension, par la comparaison des différents effets qu'a produits la pression latérale sur



Croquis par H. C. Sorby.

Fig. 636. — Coupe verticale de schistes dans les falaises des environs de Ilfracombe, Devon septentrional.

Échelle = 1 pouce au pied (0^m,025 pour 0^m,30).

a, b, c, e. — Schistes à grains fins, dont la stratification, sur place, se distingue en partie par des teintes plus claires ou plus sombres, et en partie par des degrés différents de finesse des grains. — *d, f.* Schiste sableux, à grains plus grossiers, légèrement coloré, avec clivage moins parfait.

(1) *Report Brit. Assoc.*, Cork, 1843, Sect., p. 63.

(2) *Quart. Geol. Journ.*, vol. III, p. 87, 1847.

(3) *On the Origin of Slaty Cleavage*, par H.-C. Sorby (*Edinb. New Phil. Journ.*, 1853, vol. LV, p. 137).

des lits alternants de matériaux plus fins ou plus grossiers. On verra, par exemple (fig. 636), que le lit sableux, *df*, dont la résistance fut énergique, est cependant contourné sous les angles les plus aigus, tandis que les couches à grains fins, *a, b, c*, sont restées comparativement intactes. Les points *d* et *f*, dans la couche *df*, ont dû primitivement être quatre fois plus éloignés entre eux qu'ils ne le sont aujourd'hui. Ils ont donc été fortement poussés l'un contre l'autre, en partie par le plissement, en partie par l'allongement, suivant la direction de ce que l'on peut appeler les axes plus longs de contorsion, et enfin, jusqu'à un certain point, par la condensation. Le résultat principal provient du plissement; mais, comme preuve de l'allongement, nous ferons observer que l'épaisseur du lit *df* est aujourd'hui environ quatre fois plus considérable dans les portions qui suivent la direction principale des flexions, que dans les portions perpendiculaires à cette direction; et le même lit montre des plans de clivage parallèles au sens du mouvement le plus prononcé, bien que ces plans soient beaucoup moins nombreux qu'à travers les couches schisteuses situées au-dessus et au-dessous.

Au-dessus du lit sableux, *df*, la couche *c* est un peu dérangée, tandis que la couche voisine *b* l'est moins, et *a* pas du tout. Cependant, toutes ces assises, *c, b, a*, ont dû éprouver une pression aussi forte que *d*, les points *a, g*, étant aussi rapprochés l'un de l'autre que *d, f*. Les mêmes phénomènes se répètent dans les lits situés au-dessous de *d*, et l'on aurait pu s'en convaincre si l'on avait développé davantage la coupe vers le bas. Il semble donc que les assises à structure plus fine ont été réduites à un quart seulement de l'espace qu'elles occupaient précédemment; un tel résultat doit être attribué, d'abord, à la condensation ou tassement de leurs plus minimes particules, qui expliquent la pesanteur spécifique beaucoup plus considérable de ces schistes; et ensuite à l'allongement opéré suivant la ligne de plongement de clivage, dont la direction générale est perpendiculaire à celle de la pression. « Ces cas et plusieurs autres, dans le Devon septentrional, dit M. Sorby, sont analogues à ce qui arriverait si une bande de papier était placée au sein de quelque matière plastique dont on modifierait

ensuite les rapports et la valeur des diamètres. Le tout étant comprimé dans la direction de la longueur de la bande de papier, celle-ci se plisserait ou se contournerait, tandis que la matière plastique changerait bientôt de dimensions sans éprouver les mêmes contorsions ; et la différence d'éloignement, entre les extrémités du papier, mesurée en ligne directe ou en diagonale, indiquerait le changement qu'auraient subi les diamètres de la matière plastique. »

D'après l'examen de très-petits cristaux, à l'aide du microscope, et par d'autres observations trop minutieuses pour devoir être relatées ici en détail, M. Sorby est arrivé à la conclusion que la condensation absolue des roches schisteuses peut aller en moyenne à la moitié environ de leur volume primitif. Presque toujours les paillettes de mica, dans certains schistes, sont, d'après l'étude qu'en a faite M. Sorby, disposées suivant le sens du clivage : tandis que, dans toute roche semblable, mais exempte de ce dernier mode de division, les lamelles micacées se montrent suivant leurs axes les plus longs dans toutes directions. Leur position au milieu des schistes n'a-t-elle point été déterminée par le mouvement d'allongement dont nous avons parlé ailleurs ? Pour répondre à cette question, M. Sorby imagina une expérience : il mêla quelques lamelles d'oxyde de fer à de la terre à pipes molle, en ayant soin de les faire incliner dans toutes les directions. Il modifia ensuite, artificiellement, les dimensions de la masse, d'une quantité égale à celle indiquée par des changements analogues dans les roches schisteuses ; puis, il dessécha la terre à pipes, et la calcina. Après cette dernière opération, ayant obtenu par le frottement une surface plane perpendiculaire à la pression et dirigée suivant la ligne d'allongement, ou, en d'autres termes, suivant un plan correspondant à celui du plongement de clivage, il observa que les particules s'étaient disposées de la même manière que dans les schistes naturels, et que la masse avait acquis des facilités de division en feuillets minces et plats, suivant le plan dont il a été question, tandis qu'elle ne cédait point dans le sens perpendiculaire au clivage (1).

(1) Sorby, passage cité ci-dessus, p. 741, note.

Le Dr Tyndall, répétant en 1856 les expériences de M. Sorby, remarqua que la pression seule suffisait pour produire le clivage, et que l'intervention des paillettes de mica et des particules d'oxyde de fer, ou de toutes autres substances à faces planes, était complètement inutile. A cet effet, il démontra expérimentalement qu'une masse de cire blanche et pure, après avoir été soumise à une grande pression, présentait un clivage plus net que toute autre roche schisteuse, et se séparait en lames d'une ténuité incomparable (1). Le même auteur fit observer que toute masse d'argile et de limon se divise et se subdivise en surfaces comparativement peu adhérentes entre elles. Sous une certaine pression, ces masses cèdent et s'élargissent dans le sens de la résistance la plus faible; de petits nodules sont ainsi convertis en feuillets séparés les uns des autres par des surfaces peu cohésives, et en définitive la masse affecte un clivage perpendiculaire à la ligne suivant laquelle s'est exercée la pression. Comme autre exemple de ces phénomènes, M. Hugues a fait remarquer que les concrétions qui, dans les couches dérangées, ont leurs axes les plus longs parallèles aux plissements, sur le point où la roche a le plus fort clivage, se montrent souvent aplaties latéralement, de façon qu'elles ont leurs axes les plus longs parallèles aux plans de clivage et forment des angles considérables et mêmes droits, par rapport à leur première position.

M. Darwin attribue la structure lamellaire et fissile des roches volcaniques de la série trachytique, y compris quelques obsidiennes de l'île de l'Ascension, de Mexico et d'ailleurs, à une motion que ces roches à l'état liquide ont subie dans la direction des lames. Les zones consistent quelquefois en cellules à air étirées et allongées dans le sens supposé de la masse en mouvement (2).

Feuilletage des schistes cristallins. — M. Darwin, après une étude attentive des roches cristallines de l'Amérique méridionale, faite en 1835, a proposé le nom de *foliation* (feuilletage) pour indiquer la divisibilité en lames ou plaques des gneiss, micaschistes et autres roches

(1) Tyndall, *View of the cleavage of crystals and slate rocks.* (Aperçu sur le clivage des roches et schistes cristallins.)

(2) Darwin, *Iles Volcaniques*, pp. 60, 70.

semblables. Le mot *clivage*, observe ce géologue, doit s'appliquer à ces plans divisionnaires qui rendent une masse fissile, bien qu'elle puisse paraître à l'œil complètement homogène ou à peu près. On doit employer l'expression de *feuillet* pour désigner ces bandes ou plaques alternatives, de nature minérale variée, dont se composent le gneiss et diverses roches métamorphiques.

Keilhau a depuis longtemps admis que les feuillets des schistes cristallins de Norvège s'accordent généralement avec les plans originels de stratification (1). De nombreuses observations faites par M. David Forbes dans le même pays (le plus classique probablement en Europe pour l'étude de ce genre de phénomènes sur une grande échelle) ont confirmé la manière de voir de M. Keilhau. De même, aussi, en Ecosse, M. le Docteur Forbes a signalé un cas remarquable où le sens de la division en feuillets correspond tout à fait aux lignes de stratification des roches; on observe ce cas non loin de Crianlorch, sur la route qui conduit à Tyndrum, à environ 13 kilomètres de Inverarnon, comté de Perth. La même localité fournit un calcaire bleu, feuilleté par l'intercalation de petites paillettes de mica blanc, de façon qu'il est souvent difficile de distinguer la roche, à son aspect, d'un gneiss ou d'un micaschiste. La stratification se compose de lits épais et de bandes colorées de calcaire, le tout plongeant, de même que les feuillets, sous un angle de 32 degrés vers le nord-est (2). Dans les formations stratifiées de chaque âge existent de petites bandes de sable pénétrées ou dépourvues de mica, qui alternent avec de l'argile, des fragments de coquilles et de coraux, ou des veines minces de matière végétale; on peut supposer que l'attraction mutuelle de telles particules a favorisé la cristallisation du quartz, du mica, du feldspath ou du carbonate de chaux, plutôt le long des plans d'accumulation originelle que suivant les autres, qui font des angles de 20 ou 40 degrés avec ceux de la stratification.

Après un examen général des roches métamorphiques des Highlands, Sir Roderick Murchison et M. Geikie ont

(1) *Norske Mag. Naturvidsk.*, vol. I, p. 74.

(2) Mémoire lu devant la Société géologique de Londres, 31 janvier 1855.

été conduits à conclure que le feuilletage, dans la totalité du district, coïncide avec la stratification des roches, et non, comme l'a prétendu M. Daniel Sharpe, avec leur clivage (1). D'un autre côté, M. Scrope est porté à attribuer le feuilletage des schistes cristallins « aux résultats des mouvements différentiels internes qui s'opèrent dans les parties constituantes de la matière minérale souterraine, pendant qu'elle est exposée à d'énormes pressions irrégulières ainsi qu'à des variations de température. Sous ces influences, cette matière passe tour à tour de l'état solide à l'état fluide et revient à la solidité cristalline, en passant par des phases intermédiaires de viscosité. — Ces mouvements et ces changements doivent *nécessairement* avoir modifié à plusieurs reprises la disposition des minéraux cristallins composants, les arrangeant quelquefois d'une manière irrégulière, comme dans le granite, le diorite ou le trachyte, d'autres fois en bandes laminaires ou schisteuses, comme dans le gneiss, le micaschiste et autres cristaux dits métamorphiques (2). »

Nous avons déjà vu jusqu'à quel point les plans originels de stratification peuvent être dérangés ou même effacés par l'action concrétionnaire à travers les dépôts conservant encore leurs fossiles, par exemple dans le calcaire magnésien (voy. p. 54). De là, des causes d'erreur lorsqu'on essaye de déterminer si le feuilletage concorde ou ne concorde pas avec cet arrangement que la gravitation, combinée avec l'action du courant, a imprimé à tout dépôt aqueux. De plus, dans la stratification des roches cristallines, il ne faut pas s'attendre à rencontrer beaucoup de

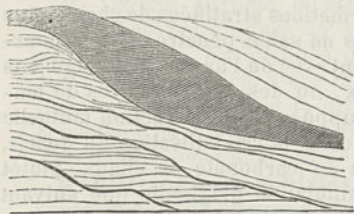


Fig. 637. — Division laminaire d'une roche argileuse, Montagne de Seguinat, près Garvarnie, dans les Pyrénées

régularité. La présence de masses enclavées au sein des accumulations de sable grossier et de cailloux roulés, — la divi-

(1) *Quart. Geol. Journ.*, vol. XVII, 1861, p. 232.

(2) Scrope, *Volcans*, 1872, Préface, p. 48, et *Geologist Mag.*, vol. I, p. 361.

sion laminaire diagonale (voy. p. 25), — les ondulations, — la stratification discordante — les plis fantastiques produits par la pression latérale, — les failles de différentes largeurs, — les dykes intrusifs de trapp, les corps organisés de diverses formes, — et d'autres causes d'inégalité dans les plans de sédimentation, sur une grande ou sur une petite échelle, sont tout autant de causes perturbatrices du parallélisme. Sans formes complexes et énigmatiques de ce genre, le métamorphisme ne serait pas facile à soutenir. M. Sorby a montré que la structure particulière des sables ondulés, ou l'arrangement qui s'est produit lorsque des ondulations se forment pendant le dépôt des matériaux, se reconnaît parfaitement dans plusieurs variétés de micaschistes en Ecosse (1).

Dans le diagramme ci-dessus, j'ai représenté avec soin la division laminaire d'un schiste argileux grossier, que j'ai observé, vers 1830, dans les Pyrénées. Le schiste est en partie à l'état d'ardoise verte et bleue (phyllade), et en partie à l'état extrêmement quartzeux; l'ensemble passe inférieurement à un micaschiste. La coupe verticale que l'on voit ici mesure environ 90 centimètres de haut, et certaines bandes y sont si minces, que l'on peut en compter jusqu'à cinquante sur l'épaisseur de 25 millimètres. Quelques-unes sont de quartz pur. On trouvera de la ressemblance entre ces divers cas et la division laminaire diagonale que l'on voit dans les roches sédimentaires, bien que les bandes de quartz et mica, ou de feldspath et d'autres minéraux, soient plus distinctes dans les feuillets alternatifs qu'elles ne l'étaient primitivement.

(1) H.-C. Sorby, *Quart. Geol. Journ.*, vol. XIX, p. 401.

CHAPITRE XXXV.

SUR LES DIFFÉRENTS AGES DES ROCHES MÉTAMORPHIQUES.

Difficulté de déterminer l'âge des couches métamorphiques. — Couches métamorphiques de date Eocène dans les Alpes de la Suisse et de la Savoie. — Calcaire et schiste de Carrare. — Ordre de succession des roches métamorphiques. — Uniformité du caractère minéral. — Hypothèse d'une Période Azoïque. — Rapport entre l'absence de débris organiques et la rareté de la matière calcaire dans les roches métamorphiques.

D'après la théorie que j'ai adoptée dans le dernier chapitre, l'âge de chaque groupe de roches volcaniques comprend deux divisions : l'une durant laquelle ces roches se sont déposées, et l'autre où elles sont devenues cristallines. Rarement on peut préciser avec certitude la date de chacune de ces divisions, les fossiles ayant été détruits par l'action plutonique, et les caractères minéraux se trouvant identiques, malgré l'âge. La superposition elle-même est un caractère ambigu, surtout lorsqu'on se propose de déterminer la période de cristallisation. Supposons, par exemple, que les couches métamorphiques des Alpes, recouvertes de lits créacés, soient positivement du lias altéré ; elles auront acquis leur structure cristalline durant la période créacée ou pendant l'une des ères tertiaires, l'Eocène par exemple.

En traitant de l'âge des roches plutoniques, nous avons cité de nombreux exemples de dépôts primaires, secondaires et tertiaires, convertis en couches métamorphiques, près de leur contact avec le granite. On ne saurait douter, dans ces cas, que des assises jadis composées de limon, sable et gravier, ou d'argile, marne et calcaire coquillier, n'aient été, jusqu'à une distance de plusieurs mètres,

transformées en gneiss, micaschiste, schiste amphibolique, chlorito-schiste, quartz-roche, marbre statuaire et autres (voy. les deux chapitres précédents). Il est facile d'établir l'identité de deux parties différentes d'une seule couche : l'une, où la roche s'est trouvée en contact avec une masse volcanique ou plutonique qui l'a changée soit en marbre, soit en schiste amphibolique, et l'autre, peu distante, où elle n'a point du tout été altérée, et qui contient encore des fossiles ; mais, quand l'action hydrothermale, telle que nous l'avons décrite dans le trente-troisième chapitre, s'est exercée graduellement sur une plus vaste échelle, elle a pu détruire radicalement tout vestige pouvant indiquer la date de son développement à travers toute une chaîne montagneuse, et il faut toute l'instruction et l'habileté d'un bon praticien pour arriver à des résultats satisfaisants ; encore, quelquefois, les recherches échouent-elles complètement. Je citerai un ou deux exemples d'altération sur une grande échelle, pour faire saisir au jeune géologue la chaîne des raisonnements à l'aide desquels on arrive à conclure que d'énormes masses de couches fossilifères ont été converties en roches cristallines.

Couches Eocènes devenues métamorphiques dans les Alpes. — Dans la partie orientale des Alpes, on reconnaît distinctement des strates Paléozoïques, ainsi que des formations Mésozoïques plus anciennes, comprenant des couches Oolithiques et Crétacées. Des dépôts tertiaires apparaissent aussi à une moindre élévation sur les flancs des Alpes orientales, mais dans la partie centrale ou Suisse de cette chaîne, les formations Paléozoïques et Mésozoïques disparaissent, et les couches Crétacées, Oolithiques, Liasiques, et, même sur quelques points, les couches Eocènes, passent insensiblement à l'état de roches métamorphiques, qui consistent en calcaire grenu, en schiste et en gneiss talqueux, en micaschiste et autres variétés.

Pour prouver la conversion partielle en gneiss de certaines portions de strates fortement inclinées, je citerai le mémoire de Sir R. Murchison, sur la structure des Alpes. Des schistes que l'on désigne dans le pays sous le nom de *Flysch* (voir ci-dessus p. 350), surmontant

le calcaire nummulitique d'âge Eocène, et contenant des bandes arénacées et calcaires, alternent un grand nombre de fois avec des assises de roche granitoïde, analogue par ses caractères au gneiss. Dans ce cas, la chaleur, la vapeur ou l'eau, à une température excessivement élevée, ont peut-être traversé les couches plus perméables et les ont altérées au point de déterminer un mouvement intérieur et un arrangement nouveau des molécules; les couches adjacentes n'ont pas donné passage aux mêmes agents, ou, si elles leur ont laissé la voie libre, du moins n'ont-elles pas été influencées, parce qu'elles ne contenaient pas des matériaux aussi fusibles ou aussi décomposables. Quelle que soit l'hypothèse que l'on adopte, les phénomènes établissent sans contestation la possibilité du développement, dans un dépôt tertiaire, de la structure métamorphique suivant des plans parallèles à ceux de la stratification. Il est évident que ces couches ont été affectées, quoique à un degré moindre, par la même action plutonique qui a radicalement altéré et métamorphosé un si grand nombre de formations sous-jacentes; car, dans les Alpes, l'action du feu n'a nullement été confinée au voisinage immédiat du granite. Cette dernière roche et d'autres plutoniques apparaissent rarement à la surface, quelque profonds que soient les ravins creusés dans la masse intérieure de ces montagnes. On ne saurait douter qu'elles existent au-dessous, à une profondeur peu considérable, car, sur certains points, comme en Valorsine, près du Mont-Blanc, se montrent un granite et des veines de la même roche, perçant un gneiss talqueux, lequel, à sa partie supérieure, passe insensiblement à des couches secondaires.

C'est sans contredit dans les Alpes de la Suisse et de la Savoie, plus qu'en aucune autre contrée de l'Europe, que le géologue rencontrera les traces d'un développement considérable de l'action plutonique; car, dans ces régions, des couches de plusieurs centaines de mètres d'épaisseur ont été recourbées, plissées et retournées. C'est là que des formations secondaires marines, d'une date relativement récente, Oolithiques et Crétacées, ont été élevées à la hauteur de 3,600 mètres, et quelques couches Eocènes à celle de 3,000 mètres au-dessus du niveau

de la mer ; même, des dépôts de l'ère Miocène ont atteint jusqu'à 1,220 et 1,520 mètres, et ils rivalisent aujourd'hui, par leur altitude, avec les sommets les plus fiers et les plus élancés de la Grande-Bretagne. Dans l'une des coupes décrites par M. Studer, coupe qui se rapporte aux régions les plus élevées des Alpes Bernoises, notamment au Roththal, vallée voisine de la ligne des neiges perpétuelles, du côté nord de la Jungfrau, se trouve une masse de gneiss de 300 mètres d'épaisseur et de 4,500 mètres de long, que j'ai eu l'occasion d'examiner moi-même ; non-seulement elle repose sur des couches contenant des fossiles oolithiques, mais encore elle en est recouverte. Ces anomalies s'expliquent en partie par la supposition que d'énormes enclaves solides de gneiss d'intrusion auraient pénétré latéralement entre les strates, avec lesquelles j'ai trouvé ce gneiss en position discordante sur plusieurs points. La superposition du gneiss à l'oolithe peut aussi, dans quelques cas, être rapportée à un renversement de la position originelle des lits, à travers une région où les convulsions ont eu lieu avec un développement si surprenant.

Apennin septentrional. — Carrare. — Le fameux marbre de Carrare, que l'on emploie en sculpture, était autrefois regardé comme type du calcaire primitif. Il abonde dans les montagnes de Massa Carrara, ou *Alpes Apuennes*, comme on les a nommées ; les pics les plus élevés de cette chaîne atteignent près de 1,800 mètres. On concluait à sa très-haute antiquité d'après sa texture minérale, l'absence de fossiles au sein de sa masse, et son passage, vers le bas, aux schistes talqueux et aux micaschistes grenatifères ; ces roches montrent elles-mêmes, plus inférieurement, une transition au gneiss qui se trouve pénétré, à Forno, de veines granitiques. Or, les recherches de MM. Savi, Boué, Pareto, Guidoni, De la Bèche, Hoffmann et Pilla ont démontré que ce marbre, autrefois considéré comme ayant été produit antérieurement à l'existence des êtres organisés, n'est en réalité qu'un calcaire altéré de la période Oolithique ; les schistes cristallins sous-jacents sont aussi des grès et schistes secondaires ou Mésozoïques, modifiés par l'action plutonique. Pour arriver à ces conclusions, on constata d'abord

que les roches calcaires qui bordent le golfe de la Spezia et qui abondent en fossiles Oolithiques, acquièrent une texture d'autant plus semblable à celle du marbre de Carrare, qu'elles sont plus pénétrées de certaines roches trappéennes et plutoniques, telles que diorite, serpentine et granite, que l'on trouve dans la même contrée.

On observa alors que, sur les points où les formations secondaires ne sont pas altérées, la plus supérieure des roches est le calcaire commun des Apennins, avec nodules de silex, au-dessous duquel viennent des schistes argileux, la base du tout étant formée par des grès argileux et siliceux. Les fossiles abondent dans le calcaire, mais ils sont très-rares à travers les schistes et grès sous-jacents. On a donc suivi ces roches et cherché leur passage latéral aux masses de l'autre série correspondante, qui est complètement métamorphique; celle-ci est couronnée à son sommet d'un marbre blanc, grenu, totalement dépourvu de fossiles, presque exempt de stratification, et au sein duquel il n'existe pas de nodules de silex, mais qui renferme une matière siliceuse disséminée à travers la masse sous forme de prismes de quartz. Au-dessous de ce calcaire, et remplaçant les schistes argileux, existent des talschistes, jaspes et cornéenne; enfin, tout au fond, en place de grès siliceux et argileux, sont des quartzites et des gneiss (1). Si toutes les couches secondaires des Apennins avaient éprouvé de pareils changements, il serait impossible de déterminer leur âge véritable; et, alors, conformément à la méthode de classification adoptée par les premiers géologues, on les aurait considérées comme roches primaires. Dans ce cas, la date de leur origine eût été reculée à une époque antérieure au dépôt des couches du Silurien Inférieur ou du Cambrien, bien qu'en réalité elles aient été formées durant la période Oolithique, et aient été métamorphosées à quelque époque subséquente, peut-être moderne.

Couches métamorphiques plus anciennes que les roches Siluriennes et Cambriennes. — J'ai fait remarquer p. 757, fig. 626, que les roches hypogènes,

(1) Voyez les notices de Savi, Hoffmann et autres, citées par Boué, *Bull. de la Soc. Geol. de France*, tome V, p. 317 et tome III, p. 44. Voyez aussi Pilla, cité par Murchison, *Quart. Geol. Journ.*, vol. V, p. 266.

stratifiées ou non stratifiées, ayant cristallisé originellement à une certaine profondeur au-dessous de la superficie du sol, ont toujours dû, avant d'être exhausées et de se montrer à la surface, compter une très-longue période, comparativement à un grand nombre de roches fossilifères et volcaniques. Elles se sont produites à tous les âges; mais chacune d'elles, pour devenir visible, a d'abord été élevée au-dessus du niveau de la mer, et quelques-unes des masses enveloppantes qui les cachaient ont été emportées par la dénudation.

Au Canada, ainsi que nous l'avons vu p. 649, le Laurentien Inférieur composé de gneiss, quartzite et calcaire peut être regardé comme roche métamorphique, car on a découvert des débris organiques (*Eozoon Canadense*) dans une portion de l'une de ces masses calcaires. Le Laurentien Supérieur ou série du Labrador repose en stratification discordante sur le Laurentien Inférieur, dont il diffère principalement par l'absence complète jusqu'à ce jour de fossiles. Il consiste en gneiss, feldspath-Labrador et schistes ardoisiers; il mesure en totalité une épaisseur de 3,000 mètres, et sa composition et sa structure portent à penser que, comme le Laurentien Inférieur, il est d'origine sédimentaire et doit son état cristallin à l'action métamorphique. La conversion en gneiss de ces anciennes couches Laurentiennes remonterait à une date très-reculée, ainsi que le fait supposer la rencontre de cailloux roulés de cette roche dans la formation sus-jacente Huronienne, qui est probablement d'âge Cambrien (p. 648).

En Ecosse, les plus anciennes roches stratifiées sont le gneiss hornblendique de Lewis, dans les Hébrides, et celui de même nature de la côte nord-ouest du Ross-Shire, que nous avons représenté à la base de la coupe donnée p. 118, fig. 82. Ce gneiss est identique au gneiss traversé de nombreuses veines de granite, qui forme les falaises du cap Wrath, dans le Sutherlandshire (voir fig. 622, p. 745); on suppose qu'il date de la période Laurentienne. Cette roche, comme on le voit dans la coupe (fig. 82, p. 118), est recouverte par des lits discordants de grès rougeâtre et de conglomérat, en position presque horizontale et d'une épaisseur de 900 à 1,200 mètres.

Ces anciens grès grossiers n'ont fourni aucun fossile, on les croit contemporains du Cambrien, car Sir R. Murchison les a trouvés recouverts par des couches discordantes du Silurien Supérieur. Ces couches consistent en quartzite parsemé de ces cavités perforées par les anneles dont nous avons parlé p. 119, et en un calcaire dans lequel M. Charles Peach a découvert, le premier, en 1854, trois ou quatre espèces d'*Orthoceras*, les genres *Cyrtoceras* et *Lituites*, deux espèces de *Murchisonia*, une *Pleurotomaria*, une espèce de *Maclurea*, une d'*Euomphalus* et une *Orthis*. Suivant M. Salter, plusieurs de ces fossiles seraient spécifiquement identiques à ceux du Silurien Inférieur du Canada et des Etats-Unis.

La découverte de l'âge véritable de ces roches fossilifères est un des pas les plus importants qu'ait fait depuis plusieurs années la science géologique en Angleterre, car elle nous conduit à une conclusion très-inattendue, à savoir : que toutes les couches cristallines d'Ecosse dans la direction de l'est, couches autrefois appelées primitives, qui recouvrent les calcaire et quartzite en question, doivent être rapportées à une division de la série Silurienne.

Ces couches métamorphiques d'Ecosse, se composent de gneiss, micaschiste et schiste argileux ; elles ont une épaisseur considérable et plongent du nord-est au sud-ouest suivant des angles presque droits par rapport au gneiss Laurentien plus ancien que nous avons déjà mentionné. La série, plus récente, comprenant les roches cristallines des comtés de Perth, d'Aberdeen et du Forfar, ne sont, d'après Sir R. Murchison, que des couches altérées du Silurien ; l'opinion de cet auteur a été confirmée depuis, par les observations de trois éminents géologues, MM. Ramsay, Harkness et Geikie. Sur le schiste argileux, membre le plus récent de la série, repose le Vieux Grès Rouge Inférieur qui longe, en stratification discordante, la bordure méridionale des Grampians et contient les *Cephalaspis Lyelli*, *Pterygotus Anglicus* et *Parka decipiens*.

Ordre de succession des roches métamorphiques. — Il n'y a pas d'ordre universel et invariable de superposition pour les roches métamorphiques, mais

seulement un arrangement particulier qui peut prévaloir à travers des contrées d'une vaste étendue, et qu'on détermine par des moyens semblables à ceux que l'on a employés pour le classement des diverses formations sédimentaires, source naturelle des couches cristallines. Par exemple, nous avons vu dans les Apennins, près de Carrare, la série descendante fournir, sur les points où elle est métamorphique : 1° un marbre saccharoïde, 2° un talschiste, 3° du quartz en roche et du gneiss; et dans les points où il n'existait pas d'altération, nous avons observé : 1° un calcaire fossilifère, 2° un schiste argileux, 3° enfin un grès.

Mais, dans la plupart des chaînes montagneuses, les gneiss, micaschistes, schiste amphibolique, chloritoschiste, calcaire hypogène et autres roches se montrent successivement, et alternent suivant toute espèce d'ordre. On rencontre plus habituellement, il est vrai, certaines variétés de schiste argileux à la partie supérieure de la série métamorphique; toutefois, ce fait n'implique nullement, comme quelques géologues l'ont pensé, que tous les schistes argileux aient été formés vers la fin d'une certaine période où le dépôt des couches cristallines aurait été suivi de l'accumulation des strates sédimentaires ordinaires. En réalité, les schistes argileux varient par leur composition, et quelquefois alternent avec les assises à fossiles; on peut donc les rapporter presque aussi bien à l'ordre des roches sédimentaires qu'à celui des formations métamorphiques. Il est probable que, s'ils avaient été soumis à une action plutonique plus intense, ils auraient passé à l'état de schiste amphibolique, de chloritoschiste feuilleté, de talschiste pailleté, de micaschiste ou autres roches plus complètement cristallines, telles qu'on en voit souvent associées au gneiss.

Uniformité du caractère minéral dans les roches hypogènes. — Il est tout à fait vrai, comme M. de Humboldt a eu l'heureuse occasion de l'observer, que, lorsqu'on passe d'un hémisphère à l'autre, on voit apparaître des formes nouvelles d'animaux et de plantes et, de plus, des constellations différentes au firmament; mais, quant aux roches, ce sont les mêmes: elles rappellent toutes d'anciennes connaissances, telles que granite, gneiss,

micaschiste, quartz en roche etc., ce sont toujours les mêmes roches. Il existe, sans aucun doute, une grande et frappante ressemblance entre les principales variétés de roches hypogènes, en tous pays, quelque différentes qu'elles soient d'âge; mais chacune d'elles, ainsi que nous l'avons démontré, doit être regardée comme faisant partie de familles géologiques, et non comme une combinaison minérale définie. Leur aspect est beaucoup plus uniforme que celui des couches sédimentaires, car ces dernières, souvent composées de fragments qui varient beaucoup par la grosseur, la forme et la couleur, contiennent des fossiles d'espèces et de compositions différentes, et acquièrent des teintes variées par le mélange de diverses sortes de sédiment. Les matériaux de ces couches, si on les faisait fondre et cristalliser, obéiraient à des lois chimiques simples et uniformes dans leur action, les mêmes aussi dans chaque climat; elles échapperaient complètement aux causes mécaniques et organiques. Ce serait une grave erreur de prétendre, avec certains géologues, que les roches hypogènes, considérées comme agrégats de minéraux simples, sont réellement plus homogènes dans leur composition que les divers membres de la série sédimentaire, car les proportions de feldspath, quartz, mica, hornblende et autres minéraux, varient considérablement au sein des roches hypogènes portant le même nom.

Hypothèse d'une période Azoïque. — L'absence totale de toutes traces de fossiles a conduit plusieurs géologues à attribuer l'origine des strates les plus anciennes à une période azoïque, c'est-à-dire antérieure à l'existence des êtres organisés. En admettant, disent-ils, que l'action plutonique ait, dans certains cas, détruit radicalement les fossiles, on pourrait néanmoins s'attendre à en trouver plus souvent des traces dans certains systèmes anciens de schistes que l'on peut à peine considérer comme des formations à structure cristalline. Mais ceux qui opposent cet argument semblent avoir oublié qu'il existe des formations d'énorme épaisseur, et de différents âges, quelques-unes mêmes de date Tertiaire, que l'on sait avoir été formées après que la terre fut devenue l'habitation de créatures vivantes, et qui sont,

néanmoins, dans certains districts, complètement dépourvues de tous vestiges organiques. Dans quelques-unes de ces couches, les traces des fossiles ont peut-être été effacées par l'action de l'eau et des acides qui s'est exercée à plusieurs époques successives; et même la disparition de la matière calcaire composant les coquilles fossiles est prouvée par le fait que ces éléments organiques sont souvent remplacés par de la silice ou autres minéraux, et que l'espace jadis occupé par le fossile est quelquefois laissé vide, ou marqué seulement par une faible empreinte.

A l'appui de cette opinion on doit rappeler le fait que des calcaires et argiles d'âge Liasique remplis de fossiles, surtout des *Gryphæa arcuata*, se rencontrent dans les Hébrides, passant graduellement à des roches qui sont tellement altérées qu'on n'y peut découvrir la plus faible trace de structures organiques. D'autre part, tandis qu'un lit de calcaire Silurien Inférieur métamorphique (voir ci-dessus p. 804), récompensait les patientes recherches de M. Charles Peach, dans une localité favorable, à Durness, par l'exhibition de plusieurs magnifiques fossiles sur les surfaces de la roche exposées à l'air, les investigations les plus minutieuses de lits semblables de calcaire, faites au même niveau géologique que d'autres entreprises par différents observateurs, n'ont été, dans aucun cas, couronnées du même succès.

Les géologues qui pensaient que la formation des roches hypogènes a été antérieure à la création des êtres organisés, imputaient l'absence si remarquable de la chaux dans les strates métamorphiques à la non-existence de mollusques et de ces zoophytes qui secrètent les coquilles et les coraux; mais aujourd'hui que l'on rapporte les formations cristallines à l'action plutonique, il est naturel de s'enquérir si cette action elle-même n'a point dû expulser l'acide carbonique et la chaux des matériaux qu'elle a réduits à l'état de fusion ou de demi-fusion. Non-seulement du carbonate de chaux, mais aussi de l'acide carbonique libre, s'échappent abondamment du sol et des crevasses rocheuses dans les régions à volcans actifs ou éteints, par exemple, aux environs de Naples et en Auvergne. Par suite, les coquilles ou les coraux fossiles

ont souvent perdu leur acide carbonique, et la chaux qui restait est entrée peut-être dans la composition de l'augite, du hornblende, du grenat et d'autres minéraux hypogènes. On ne peut descendre, il est vrai, jusqu'aux régions souterraines où se développe la chaleur volcanique, mais on peut observer dans les pays à volcans éteints, tels que l'Auvergne et la Toscane, des centaines de sources froides ou thermales, sourdant du granite ou d'autres roches, et dont les eaux sont fortement chargées de carbonate de chaux.

Si toute la matière calcaire qui, dans le cours des siècles, a été transportée par ces sources et par des milliers d'autres des profondeurs de l'écorce terrestre à sa surface pouvait nous être représentée sous une forme solide, nous verrions que son volume est comparable à celui de plusieurs chaînes de montagnes. Cette matière calcaire arrive dans les lacs et dans l'océan par des milliers de sources et de rivières, de sorte qu'une partie de toute nouvelle roche calcaire précipitée chimiquement et celle de tant de récifs coquilliers et corallins, dérivent presque entièrement de la substance minérale soustraite par l'action plutonique et chassée par le gaz ou la vapeur hors des roches fondues qui bouillonnent dans les entrailles de la terre.

La rareté du calcaire, dans plusieurs vastes régions à roches métamorphiques, telles que les Grampians de l'Est et du Sud, en Ecosse, résulte probablement de quelque action de ce genre; et si les calcaires du Laurentien Inférieur, dans le Canada, fournissent une exception remarquable à la règle générale, il ne faut pas oublier que c'est précisément dans la plus ancienne de ces formations que *l'Eozoon Canadense* a été découvert. Le fait de l'existence, en cette région, de bandes calcaires d'une puissance de 200 à 450 mètres peut se rattacher à celui de la conservation de quelques traces de vie organique qui ont pu échapper à la destruction, même dans une roche où l'action métamorphique s'est exercée avec assez d'énergie pour produire de la serpentine, de l'augite et d'autres minéraux que l'on trouve largement mêlés au carbonate de chaux.

CHAPITRE XXXVI.

VEINES MINÉRALES.

Différentes sortes de veines minérales. — Veines métallifères ordinaires ou filons. — Leur coïncidence fréquente avec des failles. — Preuves qu'elles ont pris naissance dans des fissures traversant des roches solides. — Veines croisant d'autres veines. — Leurs parois polies, ou *slicken-sides*. — Coquilles et galets au sein des filons. — Preuves d'élargissements successifs et de réouvertures des veines. — Exemples dans les Cornouailles et en Auvergne. — Dimensions des veines. — Pourquoi le renflement et le rétrécissement alternatifs de certaines d'entre elles? — Remplissage des filons par sublimation venant d'en bas. — Age relatif des métaux précieux. — Filons de cuivre et de plomb en Irlande; plus anciens que l'étain de Cornouailles. — Filon de plomb dans le Lias, en Glamorgan. — Or en Russie, Californie et Australie. — Origine des veines minérales.

Le mode de distribution des substances métalliques au travers de la croûte terrestre, et, plus spécialement, le phénomène de ces masses plus ou moins reliées entre elles de minerai, appelées veines minérales, qui fournissent la majeure partie des métaux utiles à l'homme, ce sont là des sujets d'une très-haute importance pratique pour le mineur et d'un intérêt capital, au point de vue de la théorie, pour le géologue.

Sur les différentes sortes de veines minérales.

— Les géologues connaissent tous parfaitement ces veines minérales de quartz et de carbonate de chaux, formant des masses lenticulaires d'une étendue limitée, qui traversent aussi bien les roches hypogènes que les roches fossilifères. Elles paraissent avoir été jadis des fentes, ou cavités étroites, produites, comme les crevasse dans l'argile, par le retrait de la masse passant de l'état fluide à l'état solide, ou simplement baissant de température. La silice, le calcaire, et parfois les métaux

ont pénétré ensemble ou isolément le long de ces espaces vides, après s'être échappés de roches environnantes par exfiltration. Mêlés à l'eau chaude ou à la vapeur, les minerais ont dû passer d'abord au travers d'une gangue pâteuse, avant d'arriver jusqu'à ces réceptacles formés par le retrait, et donner naissance à ces assemblages irréguliers de veines auxquels les Allemands donnent le nom de *Stockwerks*, par allusion aux différents étages suivant lesquels on dirige alors les travaux de mine.

Les veines les plus ordinaires, ou régulières, s'exploitent habituellement sur bandes verticales; évidemment elles furent jadis des fissures produites par action mécanique. On les voit traverser toutes sortes de roches, hypogènes et fossilifères, et elles se prolongent, inférieurement, à des profondeurs indéfinies ou inconnues. On peut présumer qu'elles sont d'origine semblable à celle des fentes produites de temps à autre par les secousses de tremblements de terre. Les veines métallifères, que l'on peut rapporter au même genre d'action, ont parfois quelques millimètres de large, mais plus communément 0^m 90 ou 1^m 20 du même diamètre. Elles poursuivent leur marche d'une manière continue, suivant une certaine direction qui prévaut sur plusieurs kilomètres ou même sur des lieues de longueur, passant à travers des roches variables par leur composition minérale.

Les veines métallifères ont été des fissures. — Comme des mineurs fort intelligents n'ont pu parvenir, même après une étude attentive des veines métallifères, à faire cadrer plusieurs des caractères de celles-ci avec l'hypothèse des fissures, je commencerai donc par établir les arguments qui militent en faveur de cette opinion. L'un des plus convaincants, peut-être, est la coïncidence d'un nombre considérable de veines minérales avec les *failles*, c'est-à-dire avec ces dislocations de roches qui sont incontestablement dues à la force mécanique, comme nous l'avons démontré ci-dessus (p. 86). Il existe, à travers presque tout district minier, des preuves d'une succession de failles par lesquelles les parois opposées de fentes, aujourd'hui remplies de substances métalliques, ont subi des déplacements. Par exemple, supposons que *aa* (fig. 638) indiquent un filon d'étain du Cornouailles (on

donne le nom de filon, en anglais *lode*, aux veines qui contiennent des minerais métalliques). Ce filon, qui court

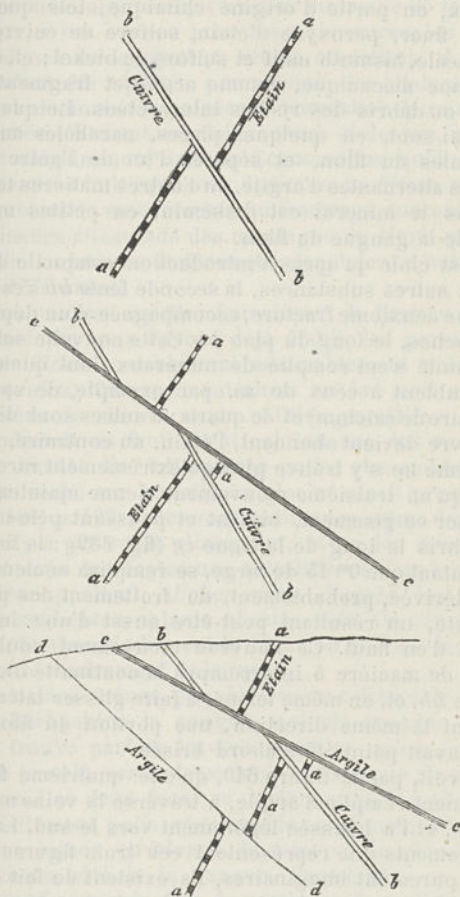


Fig. 658, 639, 640.

Coupes verticales de la mine de Huel Peever, Redruth. Cornouailles.

Est et Ouest, est large de 0^m 90 environ, et se trouve

coupé par un autre filon de cuivre, *bb*, de la même épaisseur. La première fente *aa* a été remplie par divers matériaux, en partie d'origine chimique, tels que quartz, spath fluor, peroxyde d'étain, sulfure de cuivre, pyrite arsenicale, bismuth natif et sulfure de nickel; et, en partie d'origine mécanique, comme argile et fragments angulaires ou débris des roches intersectées. Le quartz et le minerai sont, en quelques places, parallèles aux parois verticales du filon, et séparés l'un de l'autre par des bandes alternantes d'argile, ou d'autres matières terreuses. Parfois le minerai est disséminé en petites masses le long de la gangue du filon.

Il est clair qu'après l'introduction graduelle de l'étain et des autres substances, la seconde fente *bb* s'est ouverte par une deuxième fracture, accompagnée d'un déplacement des roches, le long du plan *bb*. Cette nouvelle solution de continuité s'est remplie de minéraux dont quelques-uns ressemblent à ceux de *aa*, par exemple, de spath fluor (fluorure de calcium) et de quartz; d'autres sont différents, le cuivre devient abondant, l'étain, au contraire, diminue, ou même ne s'y trouve plus qu'extrêmement rare. Supposons qu'un troisième mouvement vienne maintenant bouleverser ce gisement, brisant et poussant pêle-mêle tous les débris le long de la ligne *cc* (fig. 639) : la fissure, ne présentant que 0^m 15 de large, se remplira seulement d'argile, dérivée, probablement, du frottement des parois de la fente, ou résultant peut-être aussi d'une infiltration venue d'en haut. Ce nouveau mouvement soulèvera la roche de manière à interrompre la continuité du filon de cuivre *bb*, et, en même temps, à faire glisser latéralement, suivant la même direction, une portion du filon d'étain qui n'avait point été d'abord brisée.

On voit, par la figure 640, qu'une quatrième fente *dd*, également remplie d'argile, a traversé la veine mince d'étain *aa*, et l'a haussée légèrement vers le sud. Les divers changements que représentent ces trois figures ne sont point purement imaginaires, ils existent de fait dans une coupe fournie par des travaux depuis longtemps abandonnés d'une ancienne mine du Cornouailles, appelée Huel Peever, paroisse de Redruth; cette coupe a été dé-

crite par M. Williams et M. Carne (1). Le mouvement principal dont il est ici question, ou celui de *cc* (fig. 640), s'étend sur une longueur qui n'a pas moins de 25 mètres; mais, pour ce cas comme pour les trois autres, les traits géographiques de la contrée, située au-dessus, *d*, *c*, *b*, *a*, etc., n'ont été affectés par aucune des dislocations, ainsi que le démontre la puissante dénudation qui a raviné le sol postérieurement aux failles (voy. ci-dessus, p. 92). On admet vulgairement dans le Cornouailles qu'il existe en cette contrée huit systèmes distincts de filons, appartenant à autant de mouvements ou fractures successives; et les mineurs allemands des montages du Hartz parlent aussi de huit systèmes de filons correspondant à autant de périodes différentes.

Outre les preuves qu'elles fournissent de l'action mécanique, ainsi que nous l'avons déjà établi, les parois opposées des filons sont souvent admirablement polies et comme vernies; fréquemment aussi on les voit striées et traversées de sillons et de saillies parallèles, telles qu'en produirait un frottement continu sur des surfaces d'inégale dureté. De telles faces polies ressemblent au plan d'une roche sur laquelle un glacier aurait progressé (voy. fig. 109, p. 199); elles sont communes même dans les cas où il n'y a pas eu de glissement, et on les rencontre également dans les fentes non métallifères. Les mineurs anglais les appellent *slicken-sides*, d'après les mots allemands *schlichten*, aplanir, et *seite*, côté. On admet que les lignes de stries indiquent la direction suivant laquelle s'est opéré le mouvement de la roche.

Dans certaines veines plombifères du calcaire de montagne du Derbyshire, la gangue, qui est presque compacte, se trouve parfois traversée par ce qu'on appelle une fêlure (*crack*) verticale passant au-dessous du milieu de la veine. Les deux faces en contact sont des slicken-sides parfaitement polis et cannelés, quelquefois recouverts d'une mince enveloppe de minerai de plomb. Si l'on enlève un côté de la gangue, l'autre côté se fend, surtout quand on a pris soin de pratiquer de petits trous,

(1) *Geol. Trans.*, vol. IV, p. 139. — *Trans. Roy. Geol. Society, Cornwall*, vol. II, p. 90.

et dès lors des fragments se détachent avec fracas, continuant à tomber ainsi pendant des jours entiers. Le mineur est familiarisé avec ces sortes de circonstances, et il en tire profit : il creuse, à l'aide de sa pique, de petits trous à distance de 0^m15 chacun, profonds de 0^m12, et, à son retour, après quelques heures, il trouve le tout près de tomber, même au simple toucher (1).

La communication primitive d'un grand nombre de filons avec la surface d'une contrée ou d'un ancien lit de mer est constatée par l'existence, au sein de ces filons, de cailloux parfaitement arrondis ressemblant à ceux des alluvions superficielles; on observe des exemples de ce genre en Auvergne et en Saxe. On y a découvert aussi des coquilles marines fossiles, à de grandes profondeurs; leur enfouissement date sans doute d'anciens tremblements sous-marins. M. Virlet affirme qu'on a trouvé une gryphée dans une mine de plomb des environs de Semur, en France; un madrépore a été signalé au milieu d'un filon compacte de cinabre en Hongrie (2). M. C. Moore a décrit des veines plombifères, traversant le calcaire carbonifère du Sud-Ouest de l'Angleterre, qui, à l'époque où elles ont été remplies, ont été certainement en communication avec la mer Liasique, car on trouve dans leur sein, à de grandes profondeurs, des fossiles caractéristiques du Lias (3). La Bohême a fourni également des cailloux semblables à la profondeur de 330 mètres. Dans le Cornouailles, M. Carne cite de vrais galets de quartz et de schiste au milieu d'un filon d'étain de la mine Relistran, à plus de 180 mètres au-dessous de la surface; ils sont cimentés par de l'oxyde d'étain et des pyrites de cuivre, et occupent une étendue de plus de 3 mètres de long sur autant de large (4). Lorsque différents groupes ou systèmes de veines parcourent un pays déterminé, ceux que l'on suppose de même âge, et qui sont remplis de matériaux identiques, conservent souvent un parallélisme général de direction. Par exemple, les

(1) Conyb. and Phil., *Geol.*, p. 401; et Farey, *Derbyshire*, p. 243.

(2) Fournet, *Etudes sur les dépôts métallifères*.

(3) *Quart. Geol. Journ.*, vol. XXIII (1867), p. 449.

(4) Carne, *Trans. of Geol. Soc. Cornwall*, vol. III, p. 238.

filons d'étain et de cuivre, dans le Cornouailles, courent à peu près Est et Ouest, tandis que ceux de plomb sont alignés Nord et Sud; mais aucune loi générale de direction n'est applicable à des districts miniers différents. Le parallélisme est un autre motif pour faire regarder les filons comme des fentes ordinaires; en effet, les failles et les dykes trappéens, qui, pour tous les géologues, rappellent d'anciennes masses fondues ayant rempli des fentes, se montrent souvent parallèles.

Fracture, réouverture et formation successive des veines. — Une fois admis que les filons sont simplement des fissures primitives dans lesquelles des dépôts chimiques et mécaniques auraient ensuite pénétré, on acquiert bientôt la preuve de leur remplissage graduel, et, souvent, de leur élargissement successif.

Werner lui-même a remarqué, dans un filon particulier, près de Gersdorff en Saxe, treize lits de minéraux différents, disposés avec la plus grande régularité de chaque côté de la bande centrale. Celle-ci se compose de deux plaques de spath calcaire qui, évidemment, est venu tapisser les parois opposées d'une cavité verticale. Les treize lits se suivent d'un côté et de l'autre dans un ordre correspondant : ils consistent en spath fluor, spath pesant (sulfate de baryte), galène, etc. Ici, évidemment, c'est la masse centrale qui s'est formée en dernier lieu, et les deux plaques, qui revêtent les parois latérales de la fente, sont les plus anciennes de toutes. Si les bandes se composaient de précipités cristallins, on pourrait expliquer leur formation en supposant que la fente a conservé ses dimensions pendant toute la série des changements de nature qu'ont subies les dissolutions arrivant d'en bas; mais un tel mode de dépôt, pour plusieurs cas de bandes successives et parallèles, paraît être exceptionnel.

Lorsqu'une veine pierreuse est formée de matière cristallisée, les pointes des cristaux sont toujours tournées vers le centre de la cavité; en d'autres termes, ces pointes se dirigent du côté où s'est offert le plus d'espace pour le développement des formes régulières. Par conséquent, chaque nouvelle bande a reçu l'empreinte des cristaux de la bande précédente, et imprimé ses traits sur celle qui suit, jusqu'à ce qu'à la fin toute la veine ait été remplie;

deux bandes qui se rencontrent se pénètrent en queue d'hirondelle au moyen de leurs cristaux respectifs. Mais, dans le Cornouailles, au sein de certains filons, les bandes verticales (*combs* en anglais) ont leurs cristaux tellement enchevêtrés sous la forme ci-dessus désignée, qu'ils fournissent la preuve évidente d'un élargissement réitéré de la fente. Sir H. de la Bèche cite le curieux et instructif exemple suivant (fig. 641), observé dans une carrière de granit près de Redruth (1). Chacune des bandes ou *combs* (*a, b, c, d, e, f*) est double; les pointes des cristaux étant

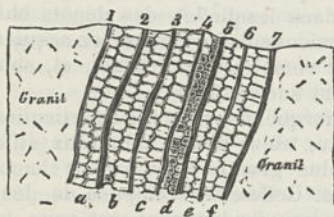


Fig. 641. — Filon de cuivre qui s'est élargi à six époques successives, près Redruth.

tournées vers leur côté interne, le long de l'axe de la veine verticale (*comb*). Les parois (2, 3, 4, 5 et 6) sont séparées par une mince enveloppe d'argile ocreuse; il est facile ainsi de détacher chaque bande par un léger coup de marteau. L'épaisseur

de chacune d'elles représente la largeur totale de la fente à six époques successives; les parois les plus éloignées de la veine, lorsque la première fissure très-étroite se forma, furent les surfaces granitiques 1 et 7.

Une explication à peu près analogue rend compte d'un grand nombre d'autres cas où de l'argile, du sable et des débris angulaires alternent avec des minerais et des veines pierreuses. Supposons, par exemple, que les parois d'une fente soient incrustées de matière siliceuse (de Buch en a signalé de semblables à Lancerote, dans un cratère volcanique datant de 1731; elles étaient traversées par une crevasse béante où les vapeurs chaudes avaient déposé de la silice hydratée, et l'incrustation s'étendait presque jusqu'au milieu) (2); admettons ensuite qu'une fente de ce genre vienne à se combler d'argile ou de sable, et à s'ouvrir de nouveau, de telle manière que la fissure nou-

(1) *Geol. Report on Cornwall*, p. 340.

(2) *Principes*, Table alphabétique, *Lancerote*.

velle divise le dépôt argileux, et permette l'introduction d'une certaine quantité de débris; divers métaux et minéraux de la classe des substances terreuses et alcalines, se précipitant de solutions aqueuses, pourront très-bien s'introduire dans les interstices de cette masse hétérogène.

On a la preuve de la succession répétée de tels changements dans la présence accidentelle de filons croiseurs; ceux-ci impliquent une fracture dirigée obliquement en travers de dépôts chimiques ou mécaniques antérieurement formés. M. Fournet, étudiant quelques mines d'Auvergne exploitées sous sa direction, a constaté les faits suivants: le granite de ce pays fut d'abord pénétré de veines de la même roche, et ensuite disloqué; des crevasses alors se produisirent, croisant à la fois le granite et les veines granitiques. A l'intérieur des solutions de continuité s'introduisit du quartz accompagné de sulfure de fer et de pyrite arsenicale. Une autre convulsion ouvrit violemment les roches le long de l'ancienne ligne de fracture et le premier groupe de dépôt céda sur plusieurs points, se fendit, ou même vola en éclats; la nouvelle crevasse se combla non-seulement de fragments angulaires des roches adjacentes, mais encore de portions de veines pierreuses plus anciennes. Des surfaces polies et striées, sur les côtés ou dans le contenu même de la veine, attestent aussi ces anciens mouvements. Une nouvelle période de repos succéda, pendant laquelle divers sulfures pénétrèrent au sein de la veine, et du silex corné empâta les fragments angulaires du quartz plus ancien, pour former une brèche. Cette période fut suivie d'autres dilatations des mêmes veines, et de l'introduction de nouveaux groupes de minéraux, jusqu'à ce que, définitivement, des cailloux arrondis de lave basaltique d'Auvergne, provenant des alluvions superficielles probablement d'âge Miocène ou Vieux Pliocène, se précipitèrent dans les profondeurs des veines. Ces élargissements et réouvertures itératives des veines s'expliquent parfaitement par l'hypothèse des fissures, surtout si l'on songe au très-petit nombre d'entre elles qui ont été jusqu'ici explorées à fond, ainsi qu'à la résistance plus faible que l'on rencontre, le long des anciennes lignes de fracture, sur tous les points où les fentes ne sont que partiellement remplies.

Cause de la contraction et de la dilatation alternatives des veines. — Grand nombre de filons ont leurs parois opposées presque parallèles, et le phénomène se montre sur une vaste étendue de pays. On admire un magnifique cas de ce genre, au Hartz, dans le célèbre gisement d'Andréasburg, exploité sur une profondeur verticale de 500 mètres et une longueur horizontale de 200 mètres, avec une largeur presque constante de 1 mètre environ. Mais plusieurs filons, dans le Cornouailles et ailleurs, ont des dimensions très-variables, 0^m025 à 0^m050 d'épaisseur sur un point, 2 ou 3 mètres sur un autre, pour une longueur de plusieurs mètres, et de nouveau ils se rétrécissent comme auparavant. Ces sortes de dilatations et contractions alternatives sont tellement caractéristiques que je dois insister ici sur leur description. Les parois des fissures, observe Sir H. de la Bèche, sont rarement des plans parfaits sur toute leur étendue ; et, en réalité, elles ne sauraient l'être, puisque d'habitude elles traversent des roches d'inégale dureté et de composition minérale variable ; si, par conséquent, les parois opposées de fissures aussi irrégulières viennent à glisser l'une sur l'autre, c'est-à-dire s'il survient une faille (et c'est le cas pour plusieurs filons), le parallélisme des parois opposées se trouve tout d'un coup totalement détruit, comme on le voit par les diagrammes qui suivent.

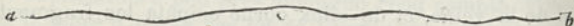


Fig. 642.



Fig. 643.



Fig. 644.

Soit *ab* (fig. 642) une ligne de fracture traversant une roche, et *ab* (fig. 643) la même ligne. Coupons en deux un morceau de papier représentant cette ligne, et tirons de

côté, dans la figure 643, la bande $a'b'$ sur ab , de a en a' , en ayant soin que les deux se touchent aux points 1, 2, 3, 4, 5 : il se produira une ouverture irrégulière en c , et d'autres, séparées, ddd ; dès lors, en comparant les figures avec la nature, on trouvera, à certaines différences près, qu'elles représentent l'intérieur de failles et de veines minérales. Si, au lieu de faire glisser la bande supérieure vers la droite, on tire la bande inférieure vers la gauche, sur une distance à peu près égale à celle parcourue précédemment aa' , on obtiendra des différences considérables dans les cavités produites : il se formera deux longs espaces irréguliers f, f (fig. 644). Ceci sert encore à montrer à quelles légères circonstances sont quelquefois dues les variations les plus considérables dans le caractère des ouvertures produites entre des surfaces inégalement fracturées, ces surfaces étant mues l'une sur l'autre de manière à avoir de nombreux points de contact.

Divers filons sont perpendiculaires, ou à peu près, à l'horizon ; mais quelques-uns montrent une inclinaison (*hadc*) considérable, les angles de plongement étant de divers degrés. Le cours d'un filon est ordinairement très-droit, mais il est aussi parfois tortueux ; et, dans ce cas, on observe qu'aux divers endroits où il dévie le plus de la verticale, il est obstrué d'argile, de pierres et de cailloux roulés. En certains points, *a* par exemple (fig. 645), le mineur se plaint de l'absence des matières métalliques, ou de leur grande diminution : c'est qu'alors, au libre dépôt du minerai s'est opposée l'occupation préalable du filon par des matériaux terreux. Les filons épais de plusieurs mètres sont ordinairement remplis, en majeure partie, de matières terreuses et de roches en fragments, au travers desquelles les minerais sont très-disséminés. Les substances métalliques enveloppent fréquemment ou entourent circulairement des morceaux détachés de roche que les mineurs anglais appellent *horses* (chevaux) ou *riders* (cavaliers). Il est naturel aussi que certaines veines minérales se ramifient, car le même phénomène est propre aux fissures béantes.



Fig. 645.

Dépôts chimiques dans les veines. — Si nous passons maintenant des actions mécaniques aux forces chimiques qui ont concouru à produire les veines minérales, nous remarquerons le fait suivant : les espaces des fentes, que n'ont point engorgés divers débris de roches fracturées, ont toujours été remplis par l'eau ; et toute veine a probablement servi de canal par lequel les sources chaudes, si communes dans les pays volcaniques ou sujets aux tremblements de terre, se sont dirigées vers la surface du sol. Nous savons que les fentes au sein desquelles les minerais abondent se prolongent en bas à des profondeurs considérables où la température est plus élevée. Nous n'ignorons pas, non plus, que les veines minérales sont plus métallifères près du contact des formations plutoniques et stratifiées et qu'elles le sont spécialement sur les points de croisement, c'est-à-dire sur ceux où les premières de ces formations envoient des veines à travers les dernières ; cette circonstance indique que les veines furent originellement très-rapprochées, par leur extrémité inférieure, des roches ignées et à température élevée. Ensuite, il est parfaitement avéré que même les sources minérales et thermales qui, dans l'état actuel du globe, sont éloignées des volcans, sourdent néanmoins le long de grandes lignes d'élévation et de dislocation des roches (1). De plus, les géologues ont constaté que toutes les substances dont les sources chaudes sont imprégnées appartiennent au même groupe que celles vomies, sous forme gazeuse, par les volcans. Plusieurs de ces substances se rencontrent en veines : nous citerons le quartz, le spath calcaire, le carbonate de chaux, les sulfures métalliques, le spath fluor, le sulfate de baryte (*spath pesant*), le spath brun et les oxydes de fer. J'ajouterai que si les veines ont été remplies par des émanations gazeuses provenant de masses fondues en voie de refroidissement lent, au sein des régions souterraines, la contraction de telles masses, dans leur passage de l'état plastique à l'état solide, a dû, suivant les expériences de M. Deville sur le granite (roche que l'on peut choisir pour type), produire une réduction de volume s'élevant jusqu'à 10 pour 100. Par conséquent, la

(1) Dr Daubeny, *Volcanos*.

crystallisation lente de ces sortes de roches plutoniques fournit une force capable non-seulement de déterminer, par défaut de support, des ouvertures au travers des roches incumbantes, mais aussi de produire des failles sur tout point où une portion de la croûte terrestre s'abaissera lentement, tandis qu'une autre contiguë, reposant sur une base différente, restera immobile.

D'après le raisonnement qui précède, on serait peut-être porté à conclure qu'une liaison intime a souvent existé entre les veines métallifères et les sources thermales tenant de la matière minérale en dissolution ; cependant, il ne faut pas s'attendre à ce que les contenus de ces derniers véhicules et des premiers soient identiques. Au contraire, M. Elie de Beaumont a judicieusement observé qu'il faut chercher plus spécialement dans les veines des substances qui, étant moins solubles, ne sauraient être fournies par les eaux thermales, c'est-à-dire de ces corps simples ou composés que les eaux chaudes arrivant d'en bas précipitent contre les parois d'une fente, dès que leur température commence à diminuer. Des eaux de cette nature se refroidissent d'autant plus qu'elles approchent davantage de la surface, jusqu'à ce qu'enfin elles acquièrent la température moyenne des sources ; alors elles sont spécialement chargées des substances les plus solubles, telles que les alcalis, soude et potasse. Ces corps ne se trouvent pas ordinairement dans les veines, bien qu'ils entrent si abondamment dans la composition des granites (1).

On peut donc, jusqu'à un certain point, rapporter l'arrangement et la distribution de la matière métallique, dans les veines, à l'action chimique ordinaire, ou bien à ces variations de température que peuvent éprouver les eaux tenant des minerais en dissolution, à mesure qu'elles montent de grandes profondeurs de la terre. Mais il existe d'autres phénomènes qui n'admettent pas la même explication : par exemple, dans le Derbyshire, certains filons contenant du minerai de plomb, de zinc et de cuivre, mais principalement de plomb, traversent des lits alternants de calcaire et de basalté (ou *toad-stone*, comme on l'appelle vulgairement dans le pays). Ce n'est pas que la

(1) *Bulletin de la Soc. Géol. de France*, t. IV, p. 1278.

fente primitive soit plus étroite sur les points occupés par le basalte, mais la matière pierreuse y remplit un plus large espace, et les eaux ne s'y sont point déchargées aussi librement de leurs contenus métalliques.

« Les filons, dans le Cornouailles, dit M. Robert W. Fox, dépendent essentiellement, quant à leur richesse métallique, de la nature de la roche qu'ils traversent, et souvent, sous ce rapport, ils changent brusquement en passant d'une roche à l'autre; ceux, par exemple, très-chargés de minerai dans le granite, deviendront improductifs dans le schiste argileux ou killas, et *vice versa*. »

Age relatif supposé des différents métaux. —

Après de mûres réflexions sur les faits que nous venons de raconter, il ne saurait y avoir de doute : les veines minérales, de même que les éruptions de granite ou de trapp, doivent être rapportées à plusieurs périodes distinctes de l'histoire de la terre, et cette loi est incontestable, quelle que soit la difficulté que l'on éprouve à déterminer l'âge précis de chacune d'elles; en effet, les veines sont souvent restées béantes pendant des âges, et, de plus, comme nous l'avons vu, la même fissure, après avoir été jadis remplie, s'est plus tard maintes fois rouverte ou élargie. Mais, outre cette diversité d'époques, quelques géologues ont supposé que certains métaux dataient exclusivement de temps plus anciens, et certains autres, d'époques plus modernes; que l'étain, par exemple, était d'une plus haute antiquité que le cuivre, ce dernier que le plomb ou l'argent, et ceux-ci à leur tour que l'or. Je répondrai à cette supposition que, d'abord, les faits autrefois réunis à son appui sont combattus, de nos jours, par l'expérience; et qu'il suffit ensuite de considérer combien il est difficile de reconnaître un ordre chronologique d'arrangement dans la position qu'occupent les métaux précieux et autres, au sein de la croûte terrestre.

Il n'est pas vrai que les filons au sein desquels l'étain abonde soient les plus anciens exploités de la Grande-Bretagne. Les Géologues du Gouvernement, chargés de la description de l'Irlande, ont démontré que, dans le Wexford, les veines de cuivre et de plomb (ces dernières ha-

(1) R. W. Fox, *on Mineral Veins*, p. 10.

bituellement argentifères) étaient beaucoup plus anciennes que celles d'étain, en Cornouailles. Chacune de ces deux contrées a vu s'opérer une série tout à fait semblable de changements géologiques, à deux époques parfaitement distinctes, — le Wexford avant le dépôt des couches Devonniennes, — le Cornouailles après la période Carbonifère. Commençons de plus amples explications par le district minier d'Irlande. Le granite, dans le Wexford, est traversé de veines granitiques, veines qui pénètrent aussi au travers de strates du Silurien; ces roches Siluriennes, aussi bien que les veines, ont été dénudées avant la superposition des lits Devonniens. On trouve ensuite, pour le même comté, que les *Elvans* ou dykes droits de felsite porphyrique, ont coupé le granite ainsi que les veines dont il a été question ci-dessus, mais n'ont point pénétré jusqu'aux roches Devonniennes. Postérieurement à la production de ces elvans, se produisirent des filons de cuivre et de plomb, à une époque certainement plus nouvelle que le Silurien, mais plus ancienne que le Devonien, car ces veines n'atteignent pas jusqu'à ce dernier terrain; et, circonstance bien plus décisive, l'on observe, près de Wexford, des filets minces ou petites bandes de cuivre dérivé au sein de couches Devonniennes, non loin des localités où l'on exploite la mine de cuivre qui gît dans les couches Siluriennes.

Quoique l'âge précis de ces filons de cuivre soit encore enveloppé d'obscurité, on peut, sans crainte de se tromper, affirmer qu'il date de la fin de la période Silurienne ou du commencement de l'ère Devonienne. Outre le cuivre, le plomb et l'argent, il existe un peu d'or dans ces veines métallifères anciennes ou primaires. On a trouvé également quelques morceaux d'étain parmi le Drift (terrain de transport), à Wicklow, et l'on suppose qu'ils proviennent de veines du même âge (1).

Retournons maintenant au Cornouailles : nous y découvrirons encore bien d'autres monuments d'une série d'événements très-analogues. En premier lieu, dans cette contrée, parut le granite; une fois celui-ci formé, et à peu près vers la même époque, se produisirent des veines

(1) Sir H. de la Bèche, Ms., *Notes on Irish Survey*.

d'un autre granite à grains fins, souvent tortueuses (voy. fig. 622, p. 747), qui pénétrèrent à la fin la croûte extérieure de ce minéral ainsi que les roches Paléozoïques fossilifères avoisinantes, y compris les couches houillères; en troisième lieu surgirent les elvans dans une direction rectiligne à travers le granite, les veines granitiques et les schistes fossilifères; en quatrième lieu, arriva l'étain accompagné de cuivre, et ce fut là le premier des huit systèmes de fentes de différents âges dont nous avons parlé (page 813). Dans le cas actuel, par conséquent, les filons d'étain sont plus nouveaux que les elvans. Quelques mineurs du Cornouailles ont, il est vrai, avancé que ces elvans étaient parfois postérieurs aux plus anciens filons d'étain; mais les observations recueillies par Sir H. de la Bèche, durant son voyage au nom du Gouvernement, l'ont conduit à une conclusion opposée, et ce savant a fait voir qu'il fallait autrement interpréter les cas supposés (1). On peut donc affirmer que les filons les plus anciens du Cornouailles sont plus nouveaux que les couches houillères de cette partie de l'Angleterre, et il résulte de faits observés qu'ils sont d'âge très-postérieur au cuivre et au plomb du Wexford ou d'autres comtés voisins en Irlande. Or, de combien ces filons du Cornouailles sont-ils plus nouveaux que les derniers ci-dessus mentionnés? La réponse n'est pas facile: on peut dire cependant que, suivant toute probabilité, ils n'ont pas dépassé le commencement de la période Permienne, car on n'a découvert aucun filon d'étain au travers des Grès Rouges qui recouvrent la houille dans le Sud-Ouest de l'Angleterre.

On connaît des filons de plomb qui, dans le comté de Glamorgan, pénètrent au sein du Lias; et d'autres, que l'on exploite près de Frome, comté de Somerset, ont été poursuivis jusque dans l'Oolithe Inférieure. En Bohême, les riches filons d'argent de Joachimsthal coupent un basalte contenant de l'olivine et surmontant un lignite d'âge tertiaire, où sont disséminées des feuilles d'arbres dicotylédones. L'argent, par conséquent, est ici décidément de formation tertiaire; quant à l'or des monts Ourals, en

(1) *Report on Geology of Cornwall*, p. 310.

Russie, que l'on tire principalement, de même que celui de Californie, des alluvions aurifères, il se rencontre dans des veines de quartz, au sein des roches schisteuses et granitiques de cette chaîne; or, Sir R. Murchison, MM. de Verneuil et Keyserling supposent qu'il est plus nouveau que le granite hornblendique de l'Oural; peut-être serait-il de date Tertiaire. Ces savants observent que, jusqu'à présent, on n'a pas encore rencontré d'or dans les conglomérats Permien qui gisent à la base des monts Ourals, bien que de grandes quantités de débris de fer et de cuivre soient mêlés aux cailloux roulés de ces couches Permien. Peut-être les veines quartzueuses de l'Oural, contenant de l'or et du platine, n'existaient pas encore; mais certainement elles n'avaient point alors été exposées à la dénudation aqueuse qui date de l'ère Permienne.

L'Alluvion aurifère de Russie, de Californie et d'Australie a fourni des ossements divers de quadrupèdes terrestres éteints; des restes de mammouths sont communs dans le gravier au pied des monts Ourals, tandis qu'en Australie les débris osseux appartiennent à de grands Marsupiaux, dont quelques-uns avaient la taille du Rhinocéros et se rapprochaient du Wombat vivant. Ces Marsupiaux rappellent les genres *Diprotodon* et *Nototherium* du Professeur Owen. L'or du Chili septentrional est associé, dans les mines de Los Hornos, à de la pyrite de cuivre en veines qui traverse les formations Crétacéo-Jurassiques, ainsi appelées parce que leur fossiles partagent à la fois les caractères crétacés et jurassiques de la faune d'Europe (1). L'or que l'on trouve aux Etats-Unis, au centre des régions montagneuses de la Virginie, des Carolines Nord et Sud et de la Géorgie, appartient aux couches Siluriennes métamorphiques, mais on le rencontre, aussi, disséminé à travers un gravier aurifère qui dérive de ces couches. Dans le Queensland, suivant les recherches de M. Daintree, les filons aurifères sont entièrement confinés aux districts qui sont traversés par une série de roches trappéennes d'un caractère particulier (2).

(1) Darwin, *South America*, p. 209, etc.

(2) *Quart. Geol. Journ.*, vol. XXVIII, 1872, p. 291.

On a découvert l'or dans presque toutes les espèces de roche, telles que schiste, quartzite, grès, calcaire, granite et serpentine, soit en filons, soit parmi la masse encaissante elle-même, à petite distance des filons. En Australie, on l'a exploité avec profit non-seulement dans l'alluvion, mais encore dans des veines au sein de la roche-mère qui, généralement, consiste en argile et schiste Siluriens. La présence de l'or a été constatée en cette région sur plus de 9 degrés de latitude (entre les 30^e et 39^e degrés Sud), et sur 12 degrés de longitude ; pour toute cette surface, son rendement annuel en 1853 a égalé, s'il n'a pas surpassé, celui de l'or en Californie ; et, jusqu'à présent, on n'a aucune raison de craindre que le profit diminue, ou encore moins que les placers viennent à s'épuiser.

Origine de l'or en Californie et dans l'Amérique du Sud. — En 1864, le Professeur Whitney (1) montra que les dépôts de détritits aurifères que l'on exploitait en Californie étaient d'origine fluviatile et dataient de deux époques différentes. Le dépôt le plus ancien ou Pliocène avait été protégé par une couverture de lave dure qui s'était échappée des volcans de la partie supérieure de la Sierra, tandis que les graviers aurifères les plus récents ou Post-Tertiaires, qui avaient été formés depuis la période de la plus grande activité volcanique dont nous avons parlé et qui contenaient des restes de mastodonte et d'éléphant, appartenaient à l'époque de l'homme. Le même auteur annonçait également que les veines d'or elles-mêmes étaient probablement d'âge crétacé, comme l'a démontré M. David Forbes pour le cas de l'Amérique du Sud (2). Ce dernier minéralogiste avait déjà émis l'opinion, en 1861, que les filons d'or de l'Amérique du Sud et de plusieurs autres contrées appartenaient à deux époques différentes et se rapportaient respectivement aux éruptions des roches Granitiques ou Dioritiques ; — les premiers ou les plus anciens ne remontant pas au delà du Carbonifère, et les derniers datant seulement de la période Crétacée.

(1) *Amer. Journ. Science*, sept. 1864.

(2) *Quart. Journ. Geol. Soc.*, vol. XVII, 1861.

En 1868, M. J. Arthur Phillips (1) déclara être convaincu que la formation des veines métallifères récentes se poursuit actuellement sur divers points de la côte du Pacifique. Ainsi, par exemple, des fissures existent au pied de la déclivité orientale de la Sierra-Nevada, dans l'Etat de ce nom, desquelles s'échappent de l'eau bouillante et de la vapeur qui forment des incrustations siliceuses sur les parois des fentes. Lorsque la fissure est partiellement remplie de silice renfermant du fer et des pyrites de cuivre, on dit que l'or a été trouvé dans la gangue. Toutefois M. Belt, qui a fait récemment une étude spéciale des veines de quartz aurifères du Nicaragua, est d'avis que, puisque les filons, depuis leur remplissage, ont été sujets à diverses actions chimiques et hydrothermales, les veines elles-mêmes doivent avoir été à l'origine des injections ignées semblables aux dykes et veines de granite.

M. Belt a aussi donné des raisons géologiques pour expliquer la richesse du minerai près de la surface dans un grand nombre de terrains aurifères. Un morceau détaché de minerai, de petite dimension, qui se trouvait près de la surface, dans la mine Consuelo, Nicaragua, a fourni mille onces d'or ; à Santo-Domingo et ailleurs, on a découvert du minerai très-riche à quelques mètres au-dessous du sol. Mais, lorsqu'on suit ces dépôts plus au fond, ils deviennent invariablement plus pauvres, et à 30 mètres de la surface on ne trouve plus de minerai très-riche. Audessous de cette limite, quant on poursuit les travaux encore plus profondément, le minerai ne paraît pas subir une diminution de valeur progressive. Suivant M. Belt, la cause de ces dépôts riches près de la surface ne proviendrait pas de ce que les minerais, à l'origine, avant qu'ils fussent exposés à la dénudation, renfermaient plus d'or dans leur portion supérieure qu'au-dessous, mais de ce que la dénudation graduelle et la destruction de la superficie, occasionnent une accumulation de l'or libre qui se trouve à la partie supérieure des filons, et qui dérive de portions placées plus haut à l'origine et détruites aujourd'hui par l'action des éléments. Cette accumulation, près de la surface des veines aurifères, de cet or libre qui

(1) *Proc. Royal Soc.*, 1868, p. 294.

s'est dégagé de la gangue par suite de la décomposition du minerai et qui s'est concentré graduellement, est probablement la raison de la grande richesse de ce qu'on appelle les coiffes des veines de quartz, c'est-à-dire des parties voisines de la surface existante ; c'est de là peut-être qu'est venue l'opinion que les veines aurifères diminuent de richesse avec la profondeur (1).

Suivant M. de Beaumont, il se trouve du plomb et quelques autres métaux à la fois dans certains dykes de basalte et au sein de filons liés à des roches trappéennes, tandis que l'étain gît avec le granite et en filons associés à la série plutonique. Si cette règle est générale, la position géologique de l'étain, quant aux localités qui ont été jusqu'à ce jour fouillées par le mineur, appartiendrait en majeure partie à des masses plus anciennes que celles chargées de plomb. Les filons d'étain seraient, pour la même raison, relativement plus anciens que les formations ignées ou granites *sous-jacents*, visibles aux yeux de l'homme, et dateraient, en somme, d'une époque plus reculée que les formations trappéennes qui les surmontent. M. David Forbes (2) a découvert aussi que, dans l'Amérique du Sud et ailleurs, les filons métalliques ne prennent pas seulement l'apparence des roches éruptives de leur voisinage, mais que leur contenu métallique est aussi fortement influencé par la nature de la roche intruse.

Supposons différents groupes de fissures produites simultanément à divers niveaux de la croûte terrestre, et communiquant, les unes avec des masses volcaniques, et les autres avec des roches plutoniques en ignition ; admettons ensuite que tous ces groupes viennent à se remplir de substances métalliques variées : les fissures existant aux plus bas niveaux exigeront un temps plus considérable que les autres pour apparaître à la surface, ou arriver à la portée du mineur. La dénudation et l'exhaussement devront se montrer d'autant plus énergiques, pour mettre ces fissures à découvert, que celles-ci se trouveront à de plus grandes profondeurs lors des premiers mouvements. Il a dû se passer une longue série

(1) *Minéralogie de l'Amérique du Sud, Phil. Mag.*, vol. XXIX.

(2) Belt, *Naturalist in Nicaragua*, 1874, p. 90.

d'événements géologiques avant l'apparition, à la surface du sol, des fentes qui ont, pendant des âges, avoisiné les roches plutoniques et reçu les gaz qui s'en dégagèrent, à mesure de leur refroidissement. Mais je ne m'étendrai pas davantage sur ce sujet; le lecteur se rappellera ce que j'ai dit, dans les chapitres XXX, XXXI et XXXV, sur la chronologie des formations volcaniques et hypogènes.

TABLEAU DES FOSSILES BRITANNIQUES.

Les tableaux suivants, qui ont été dressés par M. Etheridge, se rapportent exclusivement, comme le titre l'indique, aux fossiles Britanniques : cela expliquera l'absence de cette portion de la série Paléozoïque dont il a été fait mention dans le chapitre XXVII, sous le titre de Laurentien et dans lequel l'Eoozoon, trouvé au Canada, et pas encore dans les Iles Britanniques, est jusqu'à ce jour le seul organisme connu.

L'apparition, le développement maximum et la décroissance de chaque ordre ou famille sont représentés par le renflement graduel et par l'amincissement des lignes noires, tandis que la survivance jusqu'à nos jours de certains ordres ou familles est indiquée par la répétition des lignes noires dans la colonne intitulée *Recent*, même lorsqu'un hiatus dans les couches Britanniques (comme, par exemple, dans la colonne *Miocène*) ferait croire que ces formes sont éteintes. Cette méthode de représenter par des lignes noires l'apparition et le développement d'une forme fossile a été introduite, je crois, pour la première fois, par Bronn; elle a été adoptée par Agassiz et constamment employée plus tard par Edward Forbes dans ses *Lectures géologiques*.

Le tableau montre le rang de toutes les classes principales, de tous les ordres et de toutes les familles. L'énumération des genres eût occupé beaucoup trop d'espace, quoique ce renseignement eût été extrêmement précieux.

TABLEAU
DES
FOSSILES BRITANNIQUES

MONTRANT EN LEUR TEMPS L'APPARITION
SUCCESSIVE ET LE DÉVELOPPEMENT DES DIVERS ORDRES
D'ANIMAUX ET DE PLANTES.

N. B. — La colonne intitulée *Récent*, indique la survivance jusqu'à nos jours de certaines classes et familles (les Marsupiaux et les Palmiers, par exemple) dans une partie quelconque du globe, et non pas exclusivement dans les Iles Britanniques.

CLASSES, ORDRES ET FAMILLES.	PALEOZOIQUE					
	Cambrien.	Silurien Inférieur.	Silurien Supérieur.	Devonien.	Carboni- fère.	Permien.
RÈGNE PLANTÆ.						
Classe CRYPTOGAMIA.						
<i>Cellulares.</i>						
Fam. Algæ
— Characæ
<i>Vasculares.</i>						
Fam Equisetacæ.
— Calamitæ.
— Filices
— Osmundæ.
— Lycopodiacæ
— Sigillariæ
Classe PHANEROGAMIA.						
Sous-classe <i>Gymnospermia.</i>						
Fam. Cycadacæ.
— Coniferæ.
Sous-classe <i>Monocotyledones.</i>						
Fam. Cyperacæ.
— Graminæ.
— Naiadacæ.
— Pandanacæ.
— Nipacæ.
— Aroidæ.
— Palmæ.
— Typhacæ.
Sous-classe <i>Dicotyledones.</i>						
<i>Apetalæ.</i>						
Fam: Ceratophyllæ.
— Cupuliferæ

CLASSES, ORDRES ET FAMILLES.	PALÉOZOÏQUE					
	Cambrien.	Silurien Inférieur	Silurien Supérieur.	Devonien.	Carboni- fère	Permien.
Fam. Salicinæ
— Betulacæ.
— Platanacæ.
— Myricacæ.
— Artocarpæ.
— Laurinæ
— Proteacæ.
<i>Monopetalæ.</i>						
Fam. Rubiacæ
— Apocynacæ.
— Ericacæ.
— Vaccinæ
<i>Polypetalæ.</i>						
Fam. Anonacæ
— Nymphæacæ
— Nelumbiæ.
— Cucurbitacæ
— Alangiæ
— Myrtacæ
— Malvacæ
— Aurantiacæ.
— Sapindacæ
— Vitacæ
— Euphorbiacæ
— Rhamnacæ
— Juglandacæ.
— Rosacæ
— Celastracæ
— Leguminosæ

CLASSES, ORDRES ET FAMILLES	PALÉOZOÏQUE.					
	Cambrien.	Silurien Inférieur.	Silurien Supérieur.	Devonien.	Carboni- fère	Permien.
INVERTEBRATA.						
SOUS-RÈGNE Protozoa.						
Classe RHIZOPODA.						
Ordre Spongida, etc.
— Foraminifera						
SOUS-RÈGNE Cœlenterata.						
Classe HYDROZOA						
Fam. Graptolitidæ					
Classe ACTINOZOA.						
<i>Corallaria.</i>						
— Tabulata
— Rugosa
— Aporosa
— Perforata
SOUS-RÈGNE Annuloida.						
Classe ECHINODERMATA.						
Ordre Crinoidea						
— Cystoidea					
— Blastoidea			
— Ophiuroidea
— Asteroidea
Fam. Palæchinidæ		
— Cidaridæ
— Cassidulidæ
— Echinidæ

CLASSES, ORDRES ET FAMILLES.	PALÉOZOÏQUE.					
	Cambrien.	Silurien Inférieur.	Silurien Supérieur.	Devonien.	Carboni- fère.	Permien.
Fam. Ananchytidæ
— Spatangidæ
— Galeritidæ
— Archæocidaridæ
— Marsupitidæ
Sous-RÈGNE Annulosa.						
Classe ANNELIDA						
Ordre Tubicola (<i>Serpulæ</i>)	—————					
— Errantia (<i>Arenicolæ</i>)	—————					
Classe CRUSTACEA.						
Ordre Cirripedia, etc.
— Ostracoda	—————				..
— Phyllopora	—————					
MEROSTOMATA.						
— Eurypterida	—————			
— Xiphosura
Groupe Trilobita.						
Fam. Phacopidæ	—————				..
— Cheiruridæ	—————				..
— Acidaspidæ	—————				..
— Cyphaspidæ
— Harpedidæ	—————				..
— Calymenidæ	—————				..
— Conocephalidæ
— Paradoxidæ

Entomostraca

CLASSES, ORDRES ET FAMILLES.		PALÉOZOÏQUE.				
		Cambrien.	Silurien Inférieur.	Silurien Supérieur.	Devonien	Carboni- fère.	Permien.
Entomostraca (suite)	Fam. Olenidæ.	—	—			
	— Asaphidæ. . . . .	..	—	—	
	— Bronteidæ. . . . .	..	—	—	—
	— Proteidæ. . . . .	..	..	—	—	—
	— Trinucleidæ. . . . .	..	—		
	— Agnostidæ.	—				
Sous-classe MALACOSTRACA.						
Ordre	Isopoda. . . . .	..	..	..	..	..
—	Macrura. . . . .	..	..	..	—	—
—	ANOMURA. . . . .	..	..	..	..	..
—	Brachyura. . . . .	..	..	..	..	..
Classe ARACHNIDA						
—	Myriapoda. . . . .	..	..	..	—	..
—	Insecta. . . . .	..	..	..	—	..
SOUS-REGNE Mollusca.						
DIVISION Molluscoida.						
Classe POLYZOA. . . . .		..	—	—	—	—
Classe Brachiopoda						
Fam	Terebratulidæ. . . . .	..	..	..	—	—
—	Thecididæ. . . . .	..	..	..	..	..
—	Spiriferidæ. . . . .	..	..	—	—	—
—	Orthidæ.	—	—	—	—	—
—	Rhynchonellidæ. . . . .	..	..	—	—	—
—	Strophomonidæ. . . . .	..	—	—	—	—
—	Productidæ. . . . .	..	..	—	—	—
—	Craniadæ. . . . .	..	—	—	—	—
—	Discinidæ. . . . .	..	—	—	—	—

CLASSES, ORDRES ET FAMILLES.		PALÉOZOÏQUE.					
		Cambrien.	Silurien Inférieur.	Silurien. Supérieur.	Devonien	Carboni- fère.	Permien.
Bra- chio- poda	Fam. Lingulidæ	—————					
	— Calceolidæ . . . . .	..	..	..	..	..	..
Classe LAMELLIBRANCHIATA							
Asiphonida.	Fam. Ostreidæ . . . . .	..	..	..	..	..	..
	— Aviculidæ . . . . .	..	—————			
	— Mytilidæ . . . . .	..	—————			
	— Arcadæ	—————					
	— Trigoniadæ . . . . .	..	..	..	—————
	— Unionidæ . . . . .	..	..	..	..	..	..
	— Limidæ . . . . .	..	..	..	..	..	..
	— Pectinidæ . . . . .	..	..	..	..	..	..
Siphonida	Fam. Chamidæ . . . . .	..	..	..	..	..	..
	— Cardiidæ . . . . .	..	..	—————	
	— Lucinidæ . . . . .	..	..	..	..	..	..
	— Hippuritidæ . . . . .	..	..	..	..	..	..
	— Cycladidæ . . . . .	..	..	..	..	..	..
	— Cyprinidæ . . . . .	..	..	..	—————
	— Veneridæ . . . . .	..	..	..	..	..	..
	— Mactridæ . . . . .	..	..	..	..	..	..
	— Tellinidæ . . . . .	..	—————			
	— Solenidæ . . . . .	..	..	..	..	..	..
	— Myadæ . . . . .	..	..	..	..	..	..
	— Anatinidæ . . . . .	..	..	..	..	..	..
	— Gastrochænidæ . . . . .	..	..	..	..	..	..
	— Pholadidæ . . . . .	..	..	..	..	..	..
	— Nuculidæ	—————					
— Cyrenidæ . . . . .	..	..	..	..	..	..

CLASSES, ORDRES ET FAMILLES.		PALÉOZOÏQUE					
		Cambrien.	Silurien Inférieur.	Silurien Supérieur.	Devonien.	Carboni- fère.	Permien.
Nucleo- brah- chiata	Fam. Bellerophontidæ. . . . .	..				
	— Atlantidæ.						
Classe GASTEROPODA							
Siphonostomata	Fam. Strombidæ . . . . .	..	..	..	..	..	..
	— Muricidæ. . . . .	..	..	..	..	..	..
	— Buccinidæ . . . . .	..	..	..	— — —	— — —	..
	— Conidæ. . . . .	..	..	..	..	..	..
	— Volutidæ . . . . .	..	..	..	..	..	..
	— Cypræidæ. . . . .	..	..	..	..	..	..
Holostomata	— Naticidæ . . . . .	..	..				..
	— Pyramidellidæ . . . . .	..				..
	— Cerithiadæ . . . . .	..	..	..	..	..	..
	— Melaniadæ. . . . .	..	..	..	..	..	..
	— Turritelidæ. . . . .	..	..				..
	— Littorinidæ. . . . .	..	..	..	..		..
	— Paludinidæ. . . . .	..	..	..	..	..	..
	— Neritidæ . . . . .	..	..				..
	— Turbinidæ . . . . .	..				..
	— Haliotidæ. . . . .	..				..
	— Fissurellidæ. . . . .	..	..	..	..	..	..
	— Calyptræidæ. . . . .	..				..
	— Patellidæ. . . . .	..	..	— — —	..		..
	— Chitonidæ. . . . .	..	..	— — —	..		..
— Dentaliadæ. . . . .	..	..	..	..		..
Inopercu- lata	— Helicidæ . . . . .	..	..	..	..	..	..
	— Limnæidæ . . . . .	..	..	..	..	..	..
	— Auriculidæ. . . . .	..	..	..	..	..	..

CLASSES, ORDRES ET FAMILLES.		PALÉOZOÏQUE.					
		Cambrien.	Silurien. Inférieur.	Silurien Supérieur.	Devonien.	Carboni- fère.	Permien.
Tecti- bran- chiata	Fam Tornatellidæ . . . . .	..	..	..	..	..	..
	— Bullidæ . . . . .	..	..	..	..	..	..
Classe PTEROPODA.							
	Fam Hyleidæ . . . . .	..	—————			
Classe CEPHALOPODA.							
Dibran- chiata	Fam Teuthidæ . . . . .	..	..	..	..	..	..
	— Belemnitidæ . . . . .	..	..	..	..	..	..
	— Sepiadæ . . . . .	..	..	..	..	..	..
Tetrabran- chiata	— Nautilidæ . . . . .	..	—————			
	— Orthoceratidæ . . . . .	..	—————			
	— Ammonitidæ . . . . .	..	..	..	..	..	..
VERTEBRATA.							
CLASSE Pisces.							
Ordre ELASMOBRANCHII							
Sous-ordre <i>Holocephali</i> .							
	Fam Edaphodontidæ . . . . .	..	..	..	..	..	..
Sous-ordre <i>Plagiostomi</i> .							
	Fam Cestraptorii . . . . .	..	..	..	—————
	— Squalidæ (Selachii) . . . . .	..	..	..	..	..	..
	— Raidæ . . . . .	..	..	..	..	..	..
Ordre TELEOSTEI.							
Sous-ordre A. <i>Malacopteri</i> .							
	Fam. Siluridæ . . . . .	..	..	..	..	..	..
	— Cyprinidæ . . . . .	..	..	..	..	..	..
	— Characini . . . . .	..	..	..	..	..	..
	— Salmonidæ . . . . .	..	..	..	..	..	..

CLASSES, ORDRES ET FAMILLES.	PALÉOZOÏQUE					
	Cambrien.	Silurien Inférieur.	Silurien Supérieur.	Devonien.	Carboni- fère.	Fermeien.
Fam. Scopellidæ
— Escoidæ
— Clupeidæ
— Murænidæ
Sous-ordre B. <i>Anacanthini</i> .						
Fam. Gadidæ
Sous-ordre C. <i>Acanthopteri</i> .						
Fam. Percidæ
— Mugilidæ
— Scomberidæ
— Squammipennes
— Lophiidæ
Sous-ordre D. <i>Pharyngognathi</i>						
Fam. Scomberesocidæ
Ordre GANOIDEI.						
S.-ordre <i>Lepidosteidæ</i> (<i>Sauroidæ</i>).	—————		
Fam. Chondrosteidæ
— Cephalaspidæ	◆		
— Placodermi	◆		
— Acanthodidæ	◆	◆	◆
— Pycnodontidæ	◆	◆
— Crossopterigidæ	◆	◆	◆
— Saurodiptèrini	◆	◆	◆
— Glyptodiptèrini	◆	◆	◆
— Cœlacanthini	◆	◆	◆
— Phaneropleurini	◆	◆	◆
— Ctenodiptèrini	◆	◆	◆

CLASSES, ORDRES ET FAMILLES.	PALÉOZOÏQUE.					
	Cambrien.	Silurien Inférieur.	Silurien. Supérieur.	Devonien.	Carboni- fère.	Pernien.
Ordre DIPNOI.						
Fam. Sirenidæ (<i>Ceratodus</i>)
Classe Amphibia.						
Ordre LABYRINTHODONTIA.		
Classe Reptilia.						
Ordre Lacertilia.
— Crocodilia
— Ichthyopterygia
— Sauropterygia
— Anomodontia
— Deinosauria
— Chelonia.
— Pterosauria
— Ophidia
Classe Aves.						
Classe Mammalia.						
Ordre MARSUPIALIA.
— Sirenia
Ordre CETACEA.						
Fam. Balænidæ
— Rhynchocæti
— Delphinidæ
Ordre UNGULATA.						
Sec. A. <i>Perissodactyla</i> .						
Fam. Rhinocerotidæ
— Tapiridæ
— Palæotheridæ.
— Equidæ

CLASSES, ORDRES ET FAMILLES.	PALEOZOIQUE.					
	Cambrien.	Silurien Inférieur.	Silurien Supérieur.	Devonien.	Carboni- fère.	Récent.
Sec. B. <i>Artiodactyla</i> .						
Fam. Hippopotamidæ
— Suidæ
— Anoplotheridæ
— Cervidæ
— Bovidæ
Ordre PROBOSCIDEA.						
Fam. Elephantidæ
Ordre CARNIVORA.						
Sec. 1. <i>Pinnigrada</i> .						
Fam. Phocidæ
— Trichicidæ
Sec. 2. <i>Plantigrada</i> .						
Fam. Ursidæ
Sec. 3. <i>Digitigrada</i> .						
Fam. Mustellidæ
— Hyænidæ
— Canidæ
— Felidæ
Ordre RÖDENTIA						
Fam. Leporidæ
— Castoridæ
— Muridæ
Ordre CHEIROPTERA.						
Fam. Vespertilionidæ
— Rhinolophidæ
Ordre INSECTIVORA.						
Fam. Talpidæ
— Soricidæ

INDEX

(Les fossiles dont les noms sont imprimés en *caractères italiques* sont représentés dans le texte.)

ABBEVILLE

- ABBEVILLE, outils en silex, 176, 177.
 Abich, M., sur les roches trachytiques, 668.
Acer trilobatum, Miocène, 271, 272, 273.
 Acides (roches), explication de ce terme, 657.
 Açores, laves Miocènes avec coquilles aux, 717.
Acrodus nobilis, Lias, 459.
 Acrogènes, explication de ce terme, 384.
 — période houillère appelée âge des, 547.
Acrolepis Sedgwickii, Permien, 504.
Actæon acutus, Grande Oolithe, 442.
 Action hydrothermale dans le métamorphisme, 770.
Actinocyclas dans le limon Atlantique, 362.
 Actinolite, 660, 665.
 — schiste, 770.
Æchmodus Leachii, Lias, 459.
Adiantites Hibernica, Vieux Grès Rouge, 577.
 Aérienne (respiration), animaux de la houille à, 537.
 Agassiz, sur les poissons de Sheppey, 334.
 — les poissons du Brown-Coal, 720.
 — les poissons de Monte-Bolca, 724.
 — la *Voluta* vivante, 240.
 — les poissons du Lias, 459.
 — les poissons fossiles du Vieux Grès Rouge, 580, 585.
 — les poissons heterocerques, 502.
 — les poissons du Silurien, 586.
 Age des roches métamorphiques, 798.
 — — plutoniques, 752.
 — des couches, caractères pour distinguer l', 436.
 — des roches volcaniques, 712.

AMÉRIQUE

- Agglomérat, sa description, 675.
Agnostus integer, A. Rex, 643.
 Airdrie, coquilles glaciaires d', 212.
 Aix-la-Chapelle, flore Crétacée d', 276, 382.
 Albâtre, sa définition, 20.
 Alberti, sur le Keuper, 483.
 Albiens des Français, série crétacée, 356.
 Albite, 658, 663.
 Aldeby et Chillesford, lits de, 234.
 Allemagne, Miocène Inférieur d', 302.
 — Faune Triasique d', 483.
 — Roches Permiennes d', 506.
 — Alkali, sa présence dans les couches Paléozoïques, 782.
 Alleghany (Monts), épaisseur des couches Paléozoïques dans les, 116.
 — — houille bitumineuse des, 523.
 Alpains (blocs), sur le Jura, 201.
 Alpes, âge des roches métamorphiques dans les, 800.
 — calcaire nummulitique et flysch des, 350.
 Alumineux ou Aluminifères (schistes) de Norvège et de Suède, 645.
 Alluviaux (dépôts), Récents et Pleistocènes, 174.
 Alluvion, explication de ce terme, 101.
 — Paléolithique, 174.
 — en Auvergne, 103.
 — dépôts d', Récents et Pleistocènes, 175.
 Aloë, homocerque, 503.
 Alternances de couches marines et de couches d'eau douce, 66.
 — apparentes de couches, 88.
 Alum Bay (lits d'), plantes des, 329.
Amblyrhynchus cristatus, Saurien marin vivant, 463.
 Amérique, Nord, formation glaciaire de l', 220.

AMÉRIQUE

- Amérique Sud, élévation graduelle de la terre ferme dans l', 65.
 — — couches Siluriennes de l', 630.
 — Voir Etats-Unis, Canada, Nouvelle-Ecosse.
 Américain, caractère, de la flore Miocène inférieure Suisse, 298.
 — terrain houiller, empreintes de pas dans le, 529.
 Amici, Prof., sur les Charas, 46.
 Amiens, outils en silex, 176.
 Ammonites du Gault, 381.
Ammonites bifrons, Lias, 456.
 — *Braikenridgii*, Oolithe, 450.
 — *Bucklandi*, Lias, 455.
 — *Deshayesii*, Néocomien, 396.
 — *Humphresianus*, Oolithe Inf., 450.
 — *Jason*, Argile d'Oxford, 435.
 — *Nortcus Specton*, 398.
 — *macrocephalus*, Oolithe, 451.
 — *margaritatus*, Lias, 456.
 — *planorbis*, Lias, 455.
 — *Rhotomagensis*, marne crayeuse, 377.
 Amphibies carbonifères, 527.
 Amphibole, groupe des minéraux de l', 660, 665.
Amphistegina Hacurina, bassin de Vienne, 280.
Amphitherium Broderipii, dans Stonesfield, 445.
 — *Prevostii*, schiste de Stonesfield, 445.
Ampullaria glauca, 44.
 Amygdaloïde, 672.
 Analcime, 662.
 Anamesite, variété de basalte, 669.
Ananchytes ovatus, Craie Blanche, 370.
 — avec crania adhérente, 34.
Ancillaria subulata, Eocène, 44.
Ancyloceras gigas, 392.
 — *spinigerum*, Gault, 380.
 — *Duvallii*, Néocomien, 397.
Ancyclus velletia (*A. elegans*), 42.
 Andalusite, 662.
 Andes, roches plutoniques des, 750.
 Andreasburg, veine métallifère d', 818.
 Angiospermes, 384.
 Angelin, sur le Cambrien de Suède, 644.
 Anglesea, dyke traversant le schiste à, 683.
Anodonta Cordierii, 41.
 — *Jukesii*, Vieux Grès Rouge Supérieur, 576.
 — *latimarginata*, 41.
Anoplotherium commune, Binstead, 317.
 — *gracile*, Bassin de Paris, 341.

ARENICOLITES

- Anorthite, 658, 663.
Annularia Sphenophylloïdes, terrain houiller, 554.
Antholithes, Etage houiller, 560.
Antophyllum lineatum, 285.
 Anthracite, conversion de la houille en, 522.
 Anticlinales et synclinales, courbes, 68.
 Antrim, craie altérée par un dyke à, 684.
 — Miocène Inférieur d', roches volcaniques du, 718.
 — Potstones dans la craie d', 368.
 Anvers, Crag d', 250.
Apateon pedestris, reptile carbonifère, 527.
 Apatite, 662.
 Apennin septentrional, roches métamorphiques de l', 801.
Apiocrinites rotundus, Bradford, 439.
Apiocrinus, avec serpules adhérentes, 440.
Aporrhais Sowerbyi, Sables de Thanel, 338.
 Appalaches, longues lignes de flexion dans les, 91, 93.
 — épaisseur considérable de couches successives dans les, 116.
Aptychus, partie d'ammonite, 431.
 Aqueuses (roches), définition des, 3, 15.
 — — caractère pour distinguer les différents âges des, 135, 144.
Araucaria sphaerocarpa, Oolithe Inf., 446.
 Arbre fossile à Gosforth, 58.
 Arbres fossiles debout dans le terrain houiller de la Nouvelle-Ecosse, 533.
 Arbroath, coupe du Vieux Grès Rouge à, 68.
 — pierre à paver d', 584.
Archæopteryx macrura, Solenhofen, 433.
Archegosaurus minor et A. medius, terrain houiller, 527.
 Archiac (M. d'), sur les nummulites, 348.
 — sur la craie de France, 387.
 Arctique (Miocène), flore, 298.
 — (Crétacée), flore, 408.
 Arctocyon primævus dans l'Eocène de France, 348.
 Ardoises de Tremadoc, 635.
 Arenacées (roches), leur description, 16.
 Arenicolites dans les couches paléozoïques de Queenaig, 119.
Arenicolites linearis, Couches Arenig, 625.

ARENIG

- Arenig ou Stiper-Stones, groupe, 623,
— formations volcaniques d', 732.
Argile, sa définition, 16.
— de Kimmeridge, 430.
— d'Atherfield, 393.
— plastique, 347.
— de Speeton, 396.
— du Weald, 399.
— d'Oxford, 436.
— de Barton, 323.
— de Bradford, 438.
Argileux, minerai de fer, 521.
— schiste, 771.
— — lamellation du, 796.
Argileuses (Roches), leur description, 15,
Argyll (Duc d'), sur les lits à feuilles de l'île de Mull, 309.
— sur les laves miocènes, 697.
Argillite, schiste argilacé, 771.
Armagh, lits à ossements dans le Calcaire de Montagne d', 571.
Arran, amygdaloïde rempli de spath près d', 688.
— arbres debout dans la cendre volcanique d', 728.
— dyke de Greenstone à, 682.
Arthur's Seat, roches trappéennes d', 727.
Arvicola, dent d', 195.
Asaphus caudatus, Silurien, 624.
Asaphus tyrannus, *A. Buchii*, 624.
Ascension (île de l'), lamination de roches volcaniques à l', 794.
Ash (M.), sur les fossiles de Tréma-doc, 635.
Ashburnham, lits d', 402.
Ashby-de-la-Zouch, faille dans le terrain houiller d', 90.
Ashdown, sable d', 402.
Aspidura loricata, *Muschelkalk*, 489.
Astarte borealis (= *A. arctica* = *A. compressa*), 213.
— *Omalii*, *Crag*, 244.
Asterophyllites foliosus, terrain houiller, 553.
Astrangia lineata (*Antophillum lineatum*), 285.
Astræa basaltiforme, Carbonifère, 565.
Astropecten crispatus, *Argile de Londres*, 334.
Atanekerdluk, flore Miocène d', 301.
Atherfield, argile d', 392.
Atlantique, limon, sa composition, 363.
Aturia ziczac (*Nautilus ziczac*), 334.
Atrypa reticularis, Aymestry, 606.
Augite, 660, 665.
Auricula, récente, 42.
Aust, lits Rhétiques d', 470.

BARNES

- Austen (M. Godwin), sur le dépôt marin de Selsea Bill, 219.
— sur le Néocomien, 395.
— sur les cailloux de transport dans la craie, 369.
Australie, cavernes à brèches d', 185.
— gravier aurifère d', 826,
— marsupiaux éteints d', 186.
Auvergne, alluvions en, 103.
— chaîne de volcans éteints en, 654.
— couche d'eau douce d', 39.
— veines granitiques en, 817.
— Miocène inférieur d', 288.
— Roches volcaniques Miocènes d', 720.
— éruptions volcaniques Pleistocènes en, 701.
— Sources de volcans éteints en, 781, 808.
Aveline (M.), sur les schistes de Tarannon, 614.
Avicula contorta, lits Rhétiques, 470.
— *cygnipes*, *Lias*, 454,
— *inaequivalvis*, *Lias*, 454.
— *socialis*, *Muschelkalk*, 488.
Aviculopecten papyraceus, Etage houiller, 525.
— *sublobatus*, Calcaire de Montagne, 568.
Azinus angulatum, 334.
Aymard (M.), sur les mammifères de la Limagne, 291.
Aymestry, Calcaire d', 606.
Azoïque (période) supposée, 806.
- BACILLARIA paradoxa*, 37.
Baculites anceps, *Craie inférieure*, 376.
— *Faujasi*, craie, 269.
Baffin (baie de), icebergs transportant des blocs dans la, 205.
Bagshot, sables de, 315, 325, 328.
Bahr Assal, lac salé de, 482.
Baie de Fundy, dénudation dans le terrain houiller de la, 545.
Baïes (Golfe de), action ignée au, 698, 759.
Bakewell (M.), sur le clivage dans les Alpes Suisses, 788.
Bala et Caradoc, couches de, 617.
Balistida, épine défensive de, 326.
Bangor ou Longmynd, groupe de, 640.
Banksia, fruit et feuille, Miocène, 297.
Barmouth, grès de, 642.
Barnes (M. J.), sur les insectes dans le terrain houiller d'Amérique, 541.

BARSNAPE

- Barnstaple, Devonien supérieur de, 587.
 Barrande (M. Joachim), sa zone *Primordiale*, 642.
 — sur les métamorphoses des trilobites, 619.
 — sur les fossiles siluriens de Bohême, 630.
 Barrett (M.), sur un oiseau dans un lit de coprolites, 378.
 Barton, série de, pourcentage des coquilles communes à l'argile de Londres, 322.
 Basalte colonnaire, 678.
 — composition du, 669.
 Basaltiques (roches), pauvres en silice, 668.
 — — poids spécifique des minéraux dans les, 668.
 Basiques (roches), explication de ce terme, 657.
Basilosaurus, Eocène, États-Unis, 351.
 Bâle, loess de, 481.
 Basset (affleurement), explication de ce mot, 80.
 Basterot (M. de), sur les couches tertiaires de Bordeaux, 161.
 Bateman (M.), sur les coquilles de transport près Manchester, 219.
 Bates (M.), sur des bancs d'insectes éteints, 270.
 Bath, Oolithe de, 438.
 Bathybius, fossile de la craie, 363.
 Bear Island, flore carbonifère, 577.
 Beauchamp, grès de, 344.
 Beaumont (M. E. de), sur une île dans la mer crétacée, 386.
 — sur les veines minérales, 821.
 — sur les roches plutoniques jurassiques, 762.
 — sur les formations de granite, 738.
 Beckles (M. S. H.), sur des empreintes de pas dans l'argile du Weald, 401, 422.
 — sur les mammifères du Purbeck, 416, 422.
Belemnitella mucronata, Craie, 357.
Belemnites hastatus, Argile d'Oxford, 435.
 — *Puzosianus*, Argile d'Oxford, 436.
 Belgique, Miocène de, 278.
Bellerophon costatus, Calcaire de montagne, 569.
Beiosepia septioidea, Sheppey, 334.
 Belt (M.), sur la subdivision de *Lingula* Flags, 638.
 — sur la cause de la richesse de coiffes, dans les veines aurifères, 827.

BORROWDALE

- Belt sur l'origine des veines aurifères, 827.
 — sur la classification du Menevien, 639.
 Bembridge (couches de), Yarmouth, 314.
 Berger (Dr), sur les roches altérées par les dykes, 684.
 Berlin, couches Miocènes près de, 302.
 Bernoises (Alpes), gneiss dans les, 801.
 Berthier, sur l'isomorphisme, 666.
 — sur la production artificielle de l'augite, 666.
 Bertrich-Baden, basalte colonnaire de, 679.
Better-bed (houille), coupe, 536.
 Beyrich, sur le terme Oligocène, au lieu de Miocène inférieur, 302.
 — sur les lits Miocènes de transition, 227.
 Bilin, tripoli de, 37.
 Billings (M.), sur les trilobites, 619.
 Bingen (loess de), 481.
 Binney (M.), sur des sigillariées dans la cendre volcanique, 728.
 — sur les empreintes de pas du Permien, 505.
 — sur les stigmariées, racines des sigillariées, 556, 560.
 Biotite, 660, 665.
 Bischoff (Professeur), sur le limon du Nil et du Rhin, 180.
 — sur la conversion de la houille en anthracite, 523.
 — sur l'action hydrothermale, 782.
 Blackdown, lits de, 381.
 Blackheath, argile de Londres sous des lits marins à, 337.
 Blainville (M.), sur l'arctocyon primævus, 348.
 Blanc ou Corallin, Crag, 241.
 — sable, d'Alum Bay, 19.
 Boase, sur la composition de l'argile, 47.
 Bœuf commun, molaire, 194.
 Blocs alpins sur le Jura, 201.
 Bog-iron-ore (minéral de fer des marais), 37.
 Bohême, roches cambriennes de, 642.
 — roches siluriennes de, 629.
 — veines argentifères en, 824.
 Bois fossiles et récents perforés par des mollusques, 35.
 Bolderberg, Miocène du (Belgique), 278.
 Boom, Miocène inférieur de, 301.
 Bordeaux, Miocène supérieur de, 263.
 Borrowdale, mine de plomb de, 56.

BOSQUET

- Bosquet (M.), sur les couches de Maestricht, 257.
 Botanique, nomenclature, 384.
 Boucher de Peithes, sur l'alluvion d'Abbeville, 176.
 Boulder-Clay (argile de transport caillouteux), 197.
 — du Canada, 220.
 — faune du, 212.
 Boulders et galets dans la craie, 369.
 Bournemouth, lits de (Bagshot inférieur), 328.
 Bovey Tracey, lignites et argiles de, 307.
 Bowerbank (M.), sur les fruits fossiles de Sheppey, 331.
 Bowmam (M.), sur la réunion de plusieurs couches de houille, 520.
 Brachiopodes, prépondérance des, dans les roches anciennes, 618.
 — moyen de distinguer les coquilles des brachiopodes, 619.
 — de la craie Blanche, 372.
 — le silurien est l'âge des, 632.
 Bracklesham, lits de, et sables de Bagshot, 326.
 Bradford, encrinets de, 440.
 Brèche, sa description, 16.
 Brèches du Permien inférieur, 505.
 Brique (terre à) ou loam fluviale, 179.
 Bridlington, drift ou terrain de transport de, 230.
 Bristol, conglomérat dolomitique de, 479.
 — lit à ossements carbonifère près de, 478.
 Briston (M.), sur les minéraux volcaniques, 662.
 Brixham, caverne de, près de Torquay, 184.
 Brocchi, sur les couches tertiaires d'Italie, 161.
 — sur les couches Subapennines, 256.
 Brockenhurst, coraux et coquilles de, 321.
 Broderip (M.), sur les mammifères de Stonesfield, 446.
 Brodie (Rev. P. B.), sur les insectes du Lias, 463.
 Brodie (M. W. R.), sur les mammifères du Purbeck, 416.
 Brongniart (M. Adolphe), sur la nomenclature botanique, 384.
 — sur les plantes du Lias, 406.
 — sur la flore du Bunter, 490.
 — sur la flore du terrain houiller, 546.
 — sur le fruit du Lépidodendron, 552.

CALAMITE

- Brongniart (M. Alex.), sur la série tertiaire, 160.
Brouteus flabellifer, Devonien, 593.
 Bronze, âge du, 171.
 — (armes de), des habitations lacustres, 171.
 Bronzite, 660, 665.
 Brora, formation de houille oolithique à, 448.
 Brown (M. Richard), sur les stigmaria, 537.
 — sur les empreintes de pluie carbonifères, 543.
 — (Robert), sur les fruits proteacés de l'Eocène, 332.
 — (Rev. T.), sur les coquilles marines dans le drift Ecosais, 212.
 Brown-Coal d'Allemagne, 720.
 Bryce (M.) sur le till d'Ecosse, 211.
 Bryozoaires du calcaire de montagne, 564.
 — et Polyoaires, explication de ces mots, 241.
 — de la craie blanche, 373.
 Buch (Von), Voir Von Buch.
 Buckland (Dr), sur la caverne de Kirkdale, 184.
 — sur la destruction subite des sauriens, 463.
 — sur les épines de poissons, 460.
 — sur les huîtres de l'Eocène, 335.
 — sur les potstones dans la craie, 368.
 — sur les coprolites de la craie, 376.
 — sur la conservation des mâchoires inférieures, 420.
 Buckley (Dr), sur le Zeuglodon de l'Alabama, 352.
 Buddle (M.), sur les creeps dans les mines de houille, 73.
Bulimus ellipticus, Bembridge, 316.
 — *lubricus*, Loess, 43.
 Bullock (Capt. de la M. R.), sur le limon de l'Atlantique, 363.
 Bunbury (Sir. C.), sur le lit à feuilles de Madère, 708.
 — sur les fougères du terrain houiller du Maryland, 548.
 Bunter d'Allemagne, 478, 483.
 — ou Trias inférieur d'Angleterre, 477.
 — sandstein, 490.
Buprestis ? élytre de, Stonesfield, 443.
 Burmeister sur les trilobites, 619.

CACHEMIRE, formations récentes dans le, 163.
 Cainozoïque, définition de ce mot, 135.
 Caithness, lit à poissons de, 579.
Calamite, racine de, 553.

CALAMITES

- Calamites Sucovii*, terrain houiller, tige restaurée de, 533.
Calamophyllia radiata, *Oolithe de Bath*, 438.
 Calcaire de la Beauce, âge du, 259.
 — à hippurites, — 385.
 — grossier, fossiles du, 344.
 — siliceux de France, 343.
 — pisolitique de France, 358.
 — formé de coraux et de coquilles, 32.
 — à brèches, 500.
 — d'origines chimique et organique, 50.
 — magnésien, 499.
 — métamorphique ou cristallin, 771.
 — de Montagne, ses fossiles, 572.
 — strié, 199.
 — de Wenlock, 610.
 — de Niagara, 631.
 — de Trenton, 631.
 — bloc de, strié, sillonné, 199.
 — matière, émanant des sources, 808.
 — à insectes, 465.
 — cavernes dans le, 182.
 Calcaires (roches), leur description, 17
 — nodules, dans le Lias, 54.
Calcarina rarispina, Eocène, 345.
Calceola sandalina, Devonien, 593.
 Calceola-schiefer d'Allemagne, 598.
 Californie, gravier aurifère de, 826.
Calymene Blumenbachii, silurien, 612
 Cambrien, groupe, classification du, 630.
 — supérieur, 635.
 — inférieur, 638.
 — de Suède et de Norvège, 644.
 — de l'Amérique septentrionale, 645.
 Cambriennes, couches, de Bohême, 642.
 — roches métamorphiques, 803.
 — roches volcaniques, 732.
Campophyllum flexuosum, 563.
 Canada, Cambrien du, 645.
 — Devonien du, 595.
 — insecte du, 599.
 — roches trappéennes du, 732.
 — roches métamorphiques du, 803.
 Canarie, Grande, tufs coquilliers de la, 715.
 Canaries, îles, latérite des, 676.
 Cantal, Miocène inférieur du, 291.
 Canham (Rev. H.), cité, 241.
 Cap Breton, empreintes de pluie dans le terrain houiller du, 542.
 — de Bonne-Espérance, veines granitiques au, 747.
 — Wrath, veines granitiques dans le gneiss au, 747.
 Caractère de l'âge des roches, 136.

CARTE

- Caractère de l'âge des roches volcaniques, 691, 696.
 — — des roches plutoniques, 732.
 Caradoc et Bala, lits de, 617.
 Carbonate de chaux dans les roches, moyen de le reconnaître, 18.
 Carbonifère, groupe, subdivisions du, 511.
 — flore, 547, 562.
 — Calcaire, son épaisseur, 515.
 — faune marine du, 562.
 — Période, roches trappéennes de la, 727.
 — amphibies du, 527.
 — coraux du, 562.
 — insectes du, 541.
 Carbonifères, roches plutoniques, 762
 — couches plissées, dénudation de, 543.
Carcharodon angustidens, *Bracklesham*, 327.
 Cardiganshire, coupe montrant le clivage schisteux dans le, 787.
Cardiocarpon ottonis, Permien, 508.
 — *Lindleyi*, 560.
Cardita (Venericardi) planicosta, 325.
 — *sulcata*, Barton, 324.
Cardium dissimile, Pierre de Portland, 429.
 — *rheticum*, lits Rhétiques, 470.
 — *striatulum*, argile de Kimmeridge, 430.
 Carne (M.), sur les filons des Cornouailles, 813.
 Carpathes, calcaire nummulitique des, 350.
 Carpenter (Dr), sur le limon de l'Atlantique, 363.
 — sur l'Eozoon Canadense, 648.
 — sur les Orbitoïdes, 351.
 Carrière, eau de, dans la pierre, 52.
 Carrare, marbre de, 801.
 Carruthers (Mr), sur les fruits protéacés de l'Eocène, 333.
 — sur le cardiocarpon, 560.
 — sur les cycas du Purbeck, 425.
 — sur les feuilles de calamite, 557.
 — sur les spores dans la houille, 536.
 — sur les spores des Lycopodiacées carbonifères, 550.
 — sur la structure des sigillariées, 557.
 — sur des arbres dans la cendre volcanique, 729.
 Carte des principales surfaces Eocènes du nord-ouest de l'Europe, 313.
 — de la Craie en Erance, 386.
 — des lits de Saint-Cassian et de Hallstadt, 484.

CASPIENNE

- Caspienne, mer, faune chétive de la, 575.
 Cassian (St-), couches Triasiques de, 484.
 Castrogiovanni, couches recourbées près de, 82.
 Catane, laterite formée à, 676.
 — couches tertiaires de, 251.
Catillus Lamarchii, craie blanche, 372.
 Caucase, absence de lacs au, 227.
Caulopteris primæva, terrain houiller, 548.
 Cautley (Sir Proby), sur la faune des monts Siwâlik, 282.
 Cavernes, brèches de, Australie, 185.
 — dépôts de, avec restes d'hommes et d'animaux, 181.
 — de Kirkdale et de Brixham, 184.
 Celts, description et représentation des, 176.
 Cimentation des couches, 51.
 Cénomaniens de la série Crétacée française, 356.
Cephalaspis Lyellii, Vieux Grès Rouge, 584.
Ceratites nodosus, *Muschelkalk*, 488.
Cerithium concavum, *Headon*, 319.
 — *elegans*, couches de *Hempstead*, 306.
 — (*Terebra*) *Portlandicum*, 424.
 — *plicatum*, *Hempstead*, 306.
 — *melanoides*, 336.
 — *funatum*, 42.
Cervus alces, dent de, 195.
Cestracion Philippi, Récent, 375.
 Cétacés des États-Unis, Eocène, 351.
 Chabasite, 662.
 Chaleur et pression, leur action dans la consolidation des couches, 55.
 — roches soulevées et plissées par la, 92.
 — intérieure, causée par le transport du sédiment, 123.
 Challenger (Bâtiment de la marine Royale), dragages exécutés par le, 718.
Chama squamosa, Barton, 323.
 Champoléon, jonction du granite avec des couches jurassiques, près de, 763.
Chara elastica, *C. medicaguinula*, 45.
 — *tuberculata*, *Bembridge*, 317.
 Charpentier (M.), sur les glaciers des Alpes, 201.
 Chaux, sa rareté dans les roches métamorphiques, 808.
 — en dissolution, source de, 61.

CLIVAGE

- Chatham, terrain houiller de, 494.
 Chaussée des Géants, Basalte de la, 8.
 — — âge du, 310.
 — laterite de la, 675.
Cheirotherium, empreintes de pas de, 477.
 Cheltenham, Oolithe inférieure de, 447.
 Chert, sa définition, 83.
 Cheshire, plaque ondulée de grès du, 30.
 — sel gemme du, 480.
 Chiapa, pluie de poussière volcanique à, 694.
 Chili, pyrites cuivreuses avec or au, 825.
 — Murs crevassés par des tremblements de terre au, 86.
 Chichester, erratiques près de, 219.
 Chillesford et Aldeby, couches de, 234.
Chimæra monstrosa, *Lias*, 460.
 Chimiques, dépôts, dans les veines, 820.
 — dépôts, et mécaniques, 49.
 Chlorite, 660.
 Chlorito-schiste, 771.
 Chloritique, série, ou Grès vert supérieur, 377.
 Christiania, porphyre euritique à, 750.
 — granite altérant des couches à, 775.
 — veines granitiques dans les couches siluriennes de, 762.
 — veines de quartz dans le gneiss à, 574.
 Chronologiques, groupes, 145.
 Chronologie des roches, 133.
 Cinder-bed (lit de cendres), du Purbeck, 427.
Cinnamomum polymorphum, Miocène, 271.
 — *Rossmassleri*, Miocène, 297.
 Claiborne, lits de, fossiles des, 350.
 Clarke (Comté de), États-Unis, Zeuglodon du, 352.
 Classification des formations tertiaires, 155, 363.
 — des roches, 3.
 — valeur des coquilles dans la, 162.
Claussilia bidens, Loess, 43.
 Climat des crags, 245.
 — de la houille, 562.
 — du Miocène dans les régions artiques, 298.
 — de la période pleistocène, 78.
 Clivage, son explication, 784.
 — cristallin, théorie du, 789.

CLIVAGE

- Clivage, théorie mécanique du, 790.
 — schisteux, 781.
 — coupes de, 786.
Cleidotheca operculata, 636.
 Clermont, gneiss métallifère près, 781.
 Clinkstone, 671.
 Clinton, groupe, fossiles du, 630.
 Cluses (gorges profondes et transversales), causes des, 79.
 Clyde, canots ensevelis dans l'estuaire de la, 168.
 — coquilles marines arctiques dans les transports de la, 213.
 Clymenien-Kalk d'Allemagne, 590.
Climenia linearis, Devonien, 590.
 Coalbrook-Dale, plantes houillères de, 551.
 — failles de, 87.
 Coal-pipes (tuyaux de la houille), leur danger, 517.
 Cocolithes, coccosphères, 363.
Cochliodus contortus, 571.
 Cockfield Fells, roches altérées par des dykes, 685.
Calacanthus granulatus, Permien, 503.
 Coléoptères des lits d'Oeningen, 277.
Collyrites ringens, Oolithe Inférieure, 449.
 Colonnaire, structure, des roches volcaniques, 676.
 — basalte, dans le Vicentin, 678.
 Compact, Feldspath, 663.
 Compognathus dans le schiste de Stonesfield, 433.
 Concrétionnée, structure, 53.
 Concrétions sphéroïdales dans le calcaire magnésien, 54.
 Condamine (M. de la), cité, 336.
 Cône du Tartaret, 701.
 — de Côme, 703.
 Cônes et cratères, leur description, 652.
 — leur absence en Angleterre, 9.
 Concordante, stratification, 22.
 Conglomérat ou poudingue, 46.
 — et grès verticaux, 67.
 — dolomitique, de Bristol, 479.
 Conifères du terrain houiller, 534, 559.
 Connecticut (vallée du), Nouveau Grès Rouge de la, 494.
Conocoryphe striata, 643.
 Conrad (M.), sur l'âge des roches crétacées d'Amérique, 388.
 Consolidation des couches, 50.
 Continentale, glace, du Groenland, 204.
 Continents et mers, permanence des, 126.

COUCHES

- Continent, roches Permienne du, 506.
 Contournées, couches, dans le drift, 215.
Conulus priscus, terrain houiller, 540.
Conus deperditus, Bracklesham, 328.
Conularia ornata, Devonien, 593.
 Conybeare et Phillips, sur un dyke de quatre-vingt-dix brasses, 89.
 — (M.), sur les reptiles du Lias, 462.
 Coprolites, lit à, de la série chloritique, 378.
 — des Craggs Rouge et Corallin, 240.
 Corallin ou blanc, Crag, 241.
 Coquilles arctiques dans le transport Ecosais, 212.
 — dérivées, dans le Crag, 238, 250.
 — marines, trouvées à de grandes hauteurs au-dessus de la mer, 6.
 — des Faluns, 236.
 — vivantes, proportion des, dans les Craggs, 236, 238, 243.
 — valeur des, dans la classification, 162.
 — amas de, dans le Danemark, 168.
 — fossiles, voir Fossiles.
 Coraux du Carbonifère, 562.
 Coraux cupelliformes et étoilés, 562.
 — du Devonien, 591.
 — du Calcaire de Montagne, 562.
 — Miocène des Etats-Unis, 285.
 — néozoïques, type des, 562.
 — paléozoïques, type des, 562.
 Coral Rag, fossile du, 434.
 — pourcentage des espèces éteintes dans le, 437.
Corbula pisum, couches d'Hempstead, 306.
 Cordaites de la houille, 535.
 Corinthe, corrosion de roches par les gaz, près de, 781.
 Cornbrash ou Forest-Marble, 487.
 Cornstones, 587.
 Cornouailles, veines granitiques dans les, 775.
 — filons dans les, 524.
 — masse de granite dans les, 736.
 — coupes verticales de veines dans une mine des, 741.
 Cosaguina, volcan, enfouissement de restes organiques par le, 694.
 Couches, définition, 4.
 — alternances de, de mer basse et profonde, 113.
 — alternances de, marines et d'eau douce, 66.
 — altérées par du granite, 773.
 — horizontalité apparente de, 78.

COUCHES

- Couches, consolidation des, 50.
- contournées dans le terrain de transport, 216.
 - en recouvrement, 95.
 - contournement de, Iles des Cyclopes, 704.
 - courbées, inclinées et verticales, 79.
 - arrangement diagonal de, 25.
 - élévation au-dessus de la mer de, 113.
 - fossilifères, tableau général des, 147.
 - horizontalité des, 22.
 - marines et d'eau douce, comment les distinguer les unes des autres, 39.
 - d'origine organique, 36.
 - affleurement des, 80.
 - plis parallèles des, 93.
 - formation lente des, attestée par les fossiles, 32.
 - caractères de l'âge des, 132.
 - amincissement des, 24, 143.
 - discordance des, 94.
 - grande épaisseur des, ne formant pas de hautes montagnes, 115, 118.
 - cimentation des, 51.
- Coupe de l'alluvion d'Auvergne, 103.
- de roches carbonifères, Lancashire, 83.
 - de craie et de grès vert, 361.
 - de nodules concrétionnaires, 54, 55.
 - de terrain de transport contournés, 216.
 - de crags près Woolbridge, Suffolk, 243.
 - de stratification croisée, 25, 26.
 - de couches courbées, 70, 71.
 - de couches courbées du Jura, 79.
 - d'un lit de boue dans l'île de Portland, 426.
 - de différentes formes de stratification, 26.
 - du Forfarshire, montrant des lits courbés, 68.
 - d'un arbre fossile, montrant sa texture, 59.
 - de couches carbonifères plissées et dénudées, Nouvelle-Ecosse, 544.
 - de couches oolithiques, 412.
 - de dépôts alluviaux récents et Post-Pliocènes, 175.
 - de clivage schisteux, 787.
 - montrant des vallées formées par la dénudation, 100.

CRANIA

- Coupe montrant la formation Wealdienne, 399.
- de couches s'amincissant, 24, 143.
 - de groupes superposés, à Dundry-Hill, 144.
 - de roches en jonction discordante, 94.
 - de couches discordantes, près de Mons, 95.
 - d'Ayzac, de la lave, 677.
 - du Monte-Calvo, 27.
 - d'une dent de Labyrinthodon, 476.
 - montrant les creeps dans les mines de houille, 75.
 - de schistes près d'Ilfracombe, 791.
 - d'un rocher à l'est de Lulworth Cove, 426.
 - de couches paléozoïques en position discordante, 118, 120.
 - des falaises des South Joggins, 531.
- Coupes montrant des failles, 86, 87, 88.
- verticales de la mine de Hue Peever, 811.
- Couze, rivière, coupant à travers la lave, 704.
- Couzeranite, 776.
- Courbures anticlinales et synclinales, 67.
- Crag, sa définition, 234.
- d'Anvers, 251.
 - Faune du, ses rapports avec la faune des mers actuelles, 247.
 - de Norwich, 235.
 - corallin ou blanc, 241.
 - rouge, 237.
 - tableau des testacés marins du, 248.
 - dépôts de, climat des, 245.
- Craie, composition, étendue et origine de la, 361.
- de Faxoe, 350.
 - origine des silex de la, 366
 - blanche, ses fossiles, 370.
 - cailloux transportés par la glace dans la, 369.
 - Blanche inférieure, sans silex, 356, 376.
 - — avec silex, 356.
 - Période de la, erreur populaire concernant la, 363.
 - éponges vitreuses de la craie, 367.
 - puits de, avec potstones, vue d'un, 367.
- Crayeuse, marne, ses fossiles, 377.
- Crania, attachée à un oursin de mer, 34.

CRANIA

- Crania Parisiensis*, Craie Blanche, 371.
Crassatella sulcata, Barton, 324.
 Cratères et cônes, leur description, 632.
 — — théorie des, par soulèvement, 634.
 Craven, faille à, 89.
 Creeps dans les mines de houille, 73.
 Crétacées, roches, des Etats-Unis, 388.
 — — volcaniques, 725.
 — — plutoniques, 761.
 — — leur classification, 354.
 Crétacés supérieur et inférieur, connexion entre les couches des, 381.
 Crétacé, tableau des subdivisions du, 356, 391.
 — inférieur, 391, 408.
 — supérieur, flore du, 382.
 Crétacée, Période, erreur touchant la continuité de la, 363.
 Crinoïdes du calcaire de Montagne, 593.
 Croatie, Miocène inférieur de, 303.
 Croll (M.), sur l'évaluation de la quantité de dénudation sous-aérienne, 421.
 Cromer, lit forestier de, 233.
 — — formations succédant au, 232.
 Crossopterigidæ, ou poissons à nageoires frangées, 580.
 Crowfoot (M.), sur les coquilles des couches d'Aldeby, 235.
 Croûte de la terre, sa définition, 2.
 Crustacés du Vieux Grès Rouge, 584.
Cryptodon angulatum, Argile de Londres, 334.
 Cristallin, calcaire, 771.
 — théorie du clivage, 789.
 Cristallins, schistes, forte proportion d'alcali dans les, 790.
 Cristallines, roches, leur définition, 10.
 Cuisse-Lamothe, lits coquilliers de, 346.
 Cumberland, Permien supérieur du, 499.
 Courbées, couches, 67, 73.
 Cutch, couches salines dans le Runn de, 432.
 Cuvier, sur les divisions du bassin de Paris, 339.
 — sur les mammifères du gypse de Paris, 339.
 — sur les séries tertiaires, 160.
Cyathocrinus caryocrinoïdes, 566.
 — *planus*, 566.

DARWIN

- Cyathea glauca*, terrain houiller, 549.
Cyathophyllum cœpitosum, 591.
 Cycadées dans la Flore crétacée Arctique, 409.
Cycas circinalis, 424.
Cycas (sphaerium) cornucis, 41.
 Cyclopes, îles des, tuf et argile dans les, 703, 704.
 — — couches contournées dans les, 705.
Cyclopteris Hibernica, Vieux Grès Rouge, 577.
Cyclostoma elegans, Loess, 43.
 Cypris, marais à, Mississipi, 522.
Cypris, dans l'argile du Weald, 402.
Cypridina serrato-striata, 590.
Cyprina Morrisii, sables de Thanet, 338.
 Cypris dans les dépôts d'eau douce, 44.
 — *gibbosa*, *C. tuberculata*, *C. leguminella*, 414.
 — *striato-punctata*, *C. fasciata*, *C. granulosa*, 415.
 — *Purbeckensis*, *Cypris punctata*, 423.
 — *spinigera*, Argile du Weald, 402.
Cyrena (Corbicella) fluminalis, 41.
 — *fluminalis* dans les graviers de la Tamise, 189.
 — *cuneiformis*, argiles de Woolwich, 336.
 — *semistriata*, couches de Hempstead, 303.
 Cystidées des roches Silluriennes, 618
Cyrtoceras præcox, 636.
- DADOXYLON, Coalbrook-Dale, 538.
 Daintree (M.), sur les filons aurifères du Queensland, 825.
 Dana, sur les membres supposés des trilobites, 619.
 — sur les minéraux volcaniques, 662.
 Danemarck, tourbe et Kitchen-Middens du, 168.
 — trois âges de la pierre dans le, 169.
 — craie Faxoe du, 359.
Dapedius monilifer, Lias, 459.
Daphnogene ciunamomifolia, 297.
 Darbshire (M.), sur les mollusques dans le terrain de transport des Galles, 217.
 Dartmoor, lignites et argiles de, 307.
 — granite post-carbonifère de, 762.
 Darwin (M.), sur l'*Amblyrinchus cristatus*, 463.
 — sur les sauriens marins, 463.

DARWIN

- Darwin, sur l'affaissement des récifs de coraux, 65.
 — sur le feuilletage des roches, 794.
 — sur l'exhaussement des couches, 65.
 — sur les rapports entre les types des mammifères vivants et ceux des mammifères éteints, 188.
 — sur la structure lamellaire des roches, 794.
 Darwin-Fox (Rév.), sur les mammifères éocènes de l'île de Wight, 317.
 Dasyurus d'Australie, 185.
 Dates de la découverte des fossiles vertébrés, 608.
 Daubeny (Dr), sur la décomposition des roches trachytiques, 781.
 — sur le basalte, 669.
 Daubrée (M.), sur les changements produits par les eaux alcalines des Vosges, 779.
 — sur les zéolithes, 691.
 Davidson (M.), sur les Spiriferina, 456.
 David's, Cambrien du promontoire de, 641.
 Davis (M.), sur les ardoises à lingules, 637.
 Dawkins, M. Boyd, sur la Hyæna spelæa, 184.
 — sur les mammifères du lit forestier de Cromer, 233.
 — sur un mammifère triasique, 473.
 Dawson (M.), sur l'étage houiller de la Nouvelle-Ecosse, 531.
 — sur la flore carbonifère de la Nouvelle-Ecosse, 533.
 — sur le psilophylon, 598.
 — sur la Pupa vetusta, 540.
 — sur la structure des sigillariées, 557.
 — sur la structure des calamites, 554.
 — sur les sporanges dans la houille, 535.
 — sur les reptiles de la houille, 538.
 — sur les empreintes de pluie sur la houille, 542.
 — sur l'Eozoon Canadense, 648.
 Dax, lits tertiaires de, 161.
 Deane, sur les empreintes de pas d'oiseaux, 492.
 Debey (Dr), sur les plantes de la Craie supérieure, 383.
 Débris organiques, caractère pour déterminer l'âge des roches, 137.
 Dechen (Professeur (Von), sur les amphibiens du bassin houiller de Saarbruck, 527.

DEVONIEN

- Dechen (Von), sur les veines granitiques des Cornouailles, 747.
 — sur le Siebengebirges, 719.
 De La Bèche (Sir H.), sur la destruction des sauriens, 463.
 — sur le marbre de Carrare, 801.
 — sur les sauriens du Lias, 463.
 — sur l'étage houiller des Galles, 515.
 — sur la granite de Dartmoor, 775.
 — sur les roches trappéennes du Nouveau Grès Rouge, 726.
 — sur les veines minérales, 818.
 — sur l'origine de l'oolithe et du lias, 467.
 — sur un filon de cuivre près de Redruth, 816.
 Delesse (M.), sur la latérite, 676.
 — sur les piliers basaltiques, 679.
 — sur le porphyre, 672.
 — sur l'action de l'eau dans le métamorphisme, 780.
 Deltas, couches accumulées dans les, 5.
 Dents de mammifères Pleistocènes, 191.
 Dénudation, définition de la, 97.
 — littorale, 106.
 — par l'action des rivières, 104.
 — sous-marine, 109.
 — et force volcanique, pouvoirs antagonistes, 123.
 — contrariant l'exhaussement des couches, 127.
 — sub-aérienne, 98.
 — taux moyen annuel de la, 121.
 — des couches carbonifères, 511.
 — servant à rendre visibles les roches cristallines, 751.
 Dépôts chimiques et mécaniques 48.
 — — dans les veines, 820.
 — successifs indiqués par les fossiles, 32.
 Dépôts de caverne avec restes humains et ossements d'animaux éteints, 181.
 Derbyshire, veines dans le Calcaire de montagnes du, 814.
 Deshayes (M.), sur les couches tertiaires, 164.
 Desnoyers (M.), sur des empreintes de pas fossiles, 341.
 — sur l'âge des faluns, 162.
 Desor (M.), monnaies découvertes à La Thene, 171.
 Destruction subite des sauriens, 463.
 Devonien de Russie, 595.
 — ou type marin, 587.

DEVONIENS

- Devoniens, insectes, du Canada, 599
 Devon septentrional, série devonienne du, 589.
 Devonienne, Période, supérieure, 576.
 — — moyenne, 579.
 — — inférieure, 583.
 Devonniennes, roches, supérieures, 589.
 — — moyennes, 590.
 — — inférieures, 594.
 — — aux Etats-Unis et au Canada, 593.
 Devonshire, clivage des roches schisteuses dans le, 813.
 Diabase, 670, 743.
 Diagonale ou croisée, stratification, 24.
 Diallage, 660.
 — roche de, 743.
Diatopora diluviana, *Oolithe de Bath*, 487.
 Diatomées, 37.
 — dans le limon de l'Océan, 362.
 — formant le tripoli, 37.
Diceras Lonsdallii, Néocomien, 393.
Didelphys Azara, Récent, mâchoire inférieure de, 444.
Didymograpsus Murchisonii, 622.
 — *geminus*, 626.
Dikelocephalus Minnesotensis, 466.
 Diluvium, sa signification, 198.
 Dimyaires, mollusques, explication de ce terme, 40.
 Dinornis Palapteryx de la Nouvelle-Zélande, 188, 492.
 Dinosauriens de l'oolithe, 433.
Dinotherium giganteum, 261.
 Diopside, 665.
 Diorite, 743.
Diplograpsus pristis, 622,
 — *folium*, 623.
 Direction des couches, 77.
 Dirt-beds, lits de boue, 422, 424.
Disaster ringens, 449.
 Disco, île, flore de l', 300.
 Discolithes, 363.
 Discordance des couches, 91.
 — fréquente des couches, 156.
 Distribution des fossiles dans les couches, 31.
 Dogger - Banck, Northumberland, 110.
 Dolerite, 666, 669.
 Dolgelly, couches Trémadoc de, 635
 Dolomie, sa définition, 20.
 Dolomitique, conglomérat, de Bristol, 479.
 Dore, Mont, couches Miocènes du, 289.

ÉCAILLES

- Downs du Nord et du Sud, escarpements des, 108.
 Downton, grès, 691.
 Downson (M.), sur les coquilles des couches Aldeby, 235.
 Drew (M.), sur les sables de Hastings, 402.
 Drift (terrain de transport), transporté par les glaces, 200.
 — de Bridlington, 230.
 — des falaises du Norfolk, 229.
 — de l'Amérique du Nord, 220.
 — de Scandinavie, 230.
 — glaciaire d'Irlande, 230.
 — coquilles du, au Canada, 221.
 — couches contournées dans le, 216.
 — coquilles marines du, Ecosse, 212.
 Dryopithecus à St-Gaudens, 265.
 Dudley, Calcaire de, 610.
 — trilobite de, 613.
 Duff (M. Joseph), sur deux espèces de protosaurus, 594.
 Dufrenoy (M.), sur le granite des Pyrénées, 776.
 Dumont (M.), sur les couches du Bolderberg, 276.
 Duncan (D^r), sur les coraux de Brockenhurst, 321.
 — sur les coraux Néozoïques passant inférieurement au Devonien, 564.
 Dundry-Hill, près Bristol, coupe de, 144.
 Dunker (D^r), sur les formations Wealdiennes, 407.
 Dura-Den, fossiles de, 578.
 Durdham Down, sauriens triasiques de, 480.
 Dykes, définition, 8.
 — de Monte-Somma, 699.
 — à Madère et Arran, 681.
 — de quatre-vingt-dix brasses, 89.
 — volcaniques, 631.
 — de greenstone, Arran, 682.
 — basaltiques dans la craie, 685.
 — de Palagonia, 707.
 — coupant les schistes, Anglesea, 683.
 EAU courante, action de l', 99.
 Eau douce, couches d', comment les distinguer des couches marines, 38, 48.
 — formation d', Auvergne, 290.
 — plantes fossiles et poissons d', 45.
 — dépôts liasiques d', 466.
 Ecailles de poissons, Calcaire magnésien, 503.

ÉCHINODERMES

- Echinodermes du Crag de Suffolk, 245.
Echinosphærites balticus, 621.
 Écosse, action glaciaire en, 210.
 — formations tertiaires d', 309.
 — *gneiss fondamental d'*, 649.
 — mammouth dans le till d', 211.
 — terrain houiller d', 512.
 — Vieux Grès Rouge d', 579.
 Écossais, terrain de transport, coquilles marines dans le, 212.
 Eden (Capitaine), sur l'éruption de Coseguina, 694.
 Ega, lac, bancs d'insectes morts dans le, 271.
 Edwards (M.), sur les coquilles de l'Éocène Supérieur, 316.
 — sur les couches marines de Brockenhurst, 321.
 Egerton (Sir P.), sur les poissons de l'Éocène supérieur, 320.
 — sur les poissons du Trias, 493.
 — sur les poissons du Permien, 503.
 — sur les poissons de Pennarth, 470.
 — sur les poissons du schiste marneux, 503.
 — sur les poissons fossiles du Connecticut, 493.
 Ehrenberg (M.), sur les foraminifères du Silurien, 629.
 — sur le mot Bryozoa, 241.
 — sur la forme mulloscoïde des polypes, 241.
 — sur le minéral de fer des marais, 37.
 — sur le tripoli, 37.
 Eifel, calcaire d', 593.
 — volcans pliocènes de l', 710.
 — rochers volcaniques d', 719.
 — — miocènes de l', 719.
 — trass de l', 711.
 — cratères de lac de l', 710.
Elephas antiquus, molaire, 192.
 — *méridionalis*, molaire, 193.
 — *primigenius*, molaire, 192.
 Elie, terrain de transport Écossais d', 212.
 Elvans, couches plutoniques appelées, 763.
 — d'Irlande et des Cornouailles, 823.
Elytre de Buprestis, Stonesfield, 443.
Emarginula clathrata, 442.
 Emmons (Professeur), sur un mammifère triasique, 494.
 Empreintes de pas d'un oiseau, Connecticut, 491.
 — — fossiles, 341.
 Encrinite couverte de serpules, 439.
 Encrinites de Bradford, 440.
 Encrinite-poire, 439.

ÉTATS-UNIS

- Encrinus liliiformis*, 489.
 Endogènes, définition, 384.
 Engihoul, caverne d', 183.
 Enstatite, 654.
 Éocène, définition, 161.
 — supérieur d'Angleterre, 315.
 — moyen d'Angleterre, 325.
 — inférieur d'Angleterre, 330.
 — supérieur de France, 338.
 — inférieur de France, 347.
 Éocènes, couches, des États-Unis, 350
 — — cartes des, d'Europe, 313.
 — couches, devenus métamorphiques dans les Alpes, 799.
 — foraminifères, 345.
 — formations, 312.
 — couches, de France et d'Angleterre, 314.
 — roches volcaniques, 722.
Eozoon Canadense, 649.
 Épaisseur des couches dans diverses régions, 116.
Eponge rameuse dans un silex de la craie blanche, 374.
 Éponge siliceuse, 362.
 Éponges vitreuses de la craie, 367.
 Eppelsheim, Gibbon Miocène d', 280.
 Epidote, 602.
 Equisétacées de la houille, 552.
Equisetum arenaceum, 483.
Equus caballus, molaire, 194.
 Erratiques près de Chichester, 219.
 — dans le Crag Rouge, 266.
 — blocs, 197.
 — Alpains, 201.
 — du Groenland, 204.
 Errol, drift Écossais d', 212.
 Escarpements, 107.
Eschara disticha, craie blanche, 373
Escharina oceanii, craie blanche, 374
 Esino, faune marine d', 488.
 Espagne, lits néocomiens d', 406.
 Espèces, changement graduel des, 158.
 — plus anciennes que la terre qu'elles habitent, 255.
 — Similitudes des conditions qui causent la réapparition des, 395.
Estheria minuta, 474.
Estheria ovata, Richmond, 494.
 Etampes, coquilles fossiles d', 287.
 Etages de la houille, 514.
 Etain exporté des Cornouailles par les Anglais, 172.
 — veines d', âges des, dans le Cornouailles, 824.
 États-Unis, Cambrien des, 645.
 — Devonien des, 595.
 — Miocène inférieur des, 311.
 — Vieux Pliocène et Miocène des, 283.

ÉTATS-UNIS

- États-Unis, Couches Eocènes des, 350.
 — roches crétaées des, 388.
 — Couches Siluriennes des, 630.
 — Trias des, 491.
 Etheridge (M.), sur la composition de la vase de l'Atlantique, 363.
 — tableau des fossiles britanniques par, 831.
 — sur les formations du Devon, 588.
 — sur les fossiles du Devonien, 594.
 — sur les mollusques carbonifères, 567.
 — sur les mollusques de Bracklesham, 326.
 — sur le nombre des fossiles de Kelloway, 457.
 Etoile de mer dans le Silurien, 621.
 Ettingshausen (M.), sur un fruit éocène, 332.
 Etna, cône de l', ses dimensions, 251.
 — laves Pliocènes de l', 697.
 — coquilles de l', 252.
Eunomia radiata, 438.
Eunotia bidens, diatomée siliceuse, 362.
Euomphalus pentangulatus, 569.
 Euphotide, 743.
 Eurite, 742.
 Eurite porphyritique alternant avec des couches fossilifères primaires, 750.
 Exhaussement des couches, 64.
 Exogènes, définition, 384.
Exogyra virgula, argile de Kimmeridge, 430.
Extracrinus Briareus, 457.
- FAILLES, origine des grandes, 90.
 — description des, 85.
 — dans le terrain houiller de Coalbrook-Dale, 87.
 — dans les veines minérales, 810.
 — plan de, 86.
 Falaises marines dans l'intérieur des terres, 107.
 Falconer (Dr), sur la caverne de Brixham, 184.
 — sur la faune Miocène des Monts Siwâlik, 280.
 — sur le Microlestes, 472.
 — sur les mammifères du Purbeck, 417.
 Faluns de Touraine, 259.
 — définition, 260.
 — de la Loire, coquilles récentes dans les, 261.
 Farnham, phosphate de chaux près de, 378.
Fascicularia aurantium, 244.

FLORE

- Faxoe, craie de, 359.
 Faune des insectes du Miocène inférieur de Croatie, 304.
 — du Crag, ses rapports avec celle de nos mers récentes, 247.
 — du calcaire de Montagne, 562.
 — du Bassin de Paris, 340.
 — du Permien, 504.
 — marine de la période Carbonifère, 562.
 — fossile, tableau de la, de différents âges, 831.
Favosites cervicornis, 591.
 — *Gothlandica*, 611.
 Feldspath, groupe du, 663.
 — variétés de, 663, 664.
Felis tigris, molaire, 195.
 Felsite, 742.
 Felstone, 742.
Fenestella retiformis, 500.
 Fer, âge du, 170.
 — pyrites de, 662.
 — armes en, des habitations lacustres de la Suisse, 171.
 — argileux, minéral de, 524.
 Feuilletage des roches cristallines, 794.
 Fife, Dykes de trapp dans le Comté de, 727.
 Filons. Voir veines minérales.
 — coquilles fossiles dans les, 814.
 Fisherton, lemming Groenlandais dans le terrain de transport de, 189.
 Fissures remplies de matière métallique, 810.
 Fitton (Dr), sur les couches Néocènes, 399.
 Flamborough Head, argile Speeton de, 396.
 Fleming (Dr), sur les dykes de trapp de Fife, 727.
 — sur la Parka decipiens, 586.
 — sur les fossiles de la houille, 537.
 Flemingites gracilis de la houille, 587.
 Flore arctique du crétaé inférieur, 408.
 — du Carbonifère, 546.
 — Dévonienne et carbonifère, 596.
 — des couches Subapennines, 257.
 — du Crétaé supérieur, 382.
 — Miocène arctique, 298.
 — Miocène inférieure de Suisse, 293.
 — Miocène de Suisse, 270, 277.
 — de la molasse inférieure, 293.
 — du Bassin de Vienne, 279.
 — Permienne, 507.
 — du Miocène inférieur du Devonshire, 307.

FLORE

- Flore fossile de différents âges, tableau de la, 881.
 — du vieux Pliocène d'Italie, 257.
 — du Weald, 408.
 Flower (M.), sur l'*Halitherium*, 241.
 Fluviales, lits, sous-jacents à des couches formées dans une mer profonde, 337.
 Fluvio-marin, crag, ou de Norwich, 235.
 Flysch, lits à nummulites, 350.
 — des Alpes, 350.
 — roches plutoniques envahies par le, 759.
 Folkestone et Hythe, couches de, 392.
 Fontainebleau, Grès de, 287.
 Fondamental, gneiss, 649.
 Foraminifères du Calcaire de Montagne, 572.
 — formant la craie, 37.
 — Eocènes, 345.
 — de la craie, 362.
 Forbes (M. David), sur la cristallisation de la silice, 739.
 — sur le feuilletage des roches, 795.
 — sur l'analyse des minéraux, 662.
 — sur le quartz, 663.
 — sur les minéraux volcaniques, 663, 744.
 — sur l'or de l'Amérique du Sud, 826, 828.
 Forbes (Edouard), sur les couches du Purbeck, 422.
 — sur la faune mollusque des faluns, 261.
 — sur le mot *Pleistocène*, 167.
 — sur deux types de coraux, 563.
 — sur les fossiles du Purbeck, 416.
 — sur l'épaisseur du Néocomien supérieur, 394.
 — sur les coquilles du Crag, 246.
 — sur les laves anciennes, 697.
 — sur les fossiles crétacés des Etats-Unis, 389.
 — sur les fossiles des couches de Bembridge, 315.
 — sur les plantes de l'île de Mull, 310.
 — sur les couches de Hempstead, 305.
 — sur les causes de la réapparition des espèces, 395.
 — sur le sphéronites, 620.
 Foreland, grès du, 589.
 Forest-bed de Cromer, 233.
 Forêt fossile, Pakfield, 518.
 — — couches contournées dans le, 216.
 — — coupe de couches courbées dans le, 68.

FOURNET

- Forêts submergées en Angleterre, 106.
 Forfarshire; couches à Céphalaspis du, 584.
 Forfarshire, marbre et cornbrash, 437.
 Formation, explication de ce mot, 4.
 Formations tertiaires, classification des, 154.
 Fossiles, arrangement des, dans les couches, 31.
 — caractère pour déterminer l'âge des couches, 141.
 — destruction des, dans les formations anciennes, 158.
 — trouvés à de grandes profondeurs, 6.
 — d'eau douce et marins, 38.
 — détruits par l'action métamorphique, 774, 806.
 — progrès des dépôts indiqué par les, 32.
 — Récents et Post-pliocènes, 180-193.
 — du terrain de transport, 213, 231.
 — des Craggs, 235, 250.
 — du Miocène supérieur, 260, 285.
 — du Miocène inférieur de Suisse, 295.
 — des couches de Hempstead, 306.
 — de l'Eocène, 315.
 — de l'argile de Barton, 323.
 — de la craie Blanche, 370.
 — du Néocomien, 392, 394.
 — de l'Oolithe, 415, 451.
 — du schiste de Stonesfield, 442.
 — du Lias, 454.
 — du Calcaire magnésien, 499.
 — de la houille, 525.
 — plantes, de la houille, 546, 561.
 — du Calcaire de Montagne, 567.
 — poissons, du Vieux Grès Rouge, 579.
 — de l'Argile de Londres, 331.
 — du Moel Tryfaen, 218.
 — Devonien, 589.
 — Siluriens, 603, 631.
 — Cambriens, 634, 644.
 — Laurentiens, 649.
 — définition des, 6.
 — arbres, debout dans la houille, 533.
 Fossilifères, groupes, tableau de la succession des, 549.
 Foster (M.) sur les sables de Hastings, 402.
 Fougères arborescentes, 549.
 — de la période houillère, 548.
 Foulon, terre à, fossiles de la, 447.
 Fournet (M.), sur le gneiss métallifère d'Auvergne, 781.

FOURNET

- Fournet (M.), sur des veines dans le granite, 817.
 — sur des mines d'Auvergne, 817.
 Fox (Rev. D.), sur les fossiles Eocènes de l'île de Wight, 317.
 Fox (M. R.), sur les filons dans les Cornouailles, 822.
 Fractures des couches et failles, 85.
 Fragments enclavés, caractère de l'âge des roches volcaniques, 690, 696.
 — — indiquant l'âge des roches, 143.
 — — indiquant l'âge des roches plutoniques, 754.
 France, formations Eocènes de, 339.
 — Miocène inférieur de, 286, 292.
 — Miocène supérieur de, 258, 264.
 — Période du Renne du Midi de la, 172.
 Freshfield (M.), sur l'absence des lacs au Caucase, 227.
 Frostburg, fougères carbonifères de, 549.
 Fucoides, grès, de Suède, 643.
Fulgur canaliculatus, 284.
 Fundy (baie de), 535.
Fungia patellaris, 564.
Fusilina cylindrica, 572.
 Fusion du quartz, 663.
Fusus contrarius, 240.
 — *quadricostatus*, 285.

GABBRO, 670, 743.

- Gallionella distans, ferruginea*, 37.
 Galapagos, îles, Saurien vivant dans les, 463.
Galeocerdo latidens, 328.
Galerites albogalerus, Craie blanche, 371.
 Galets dans la craie, 369.
 — dans les veines minérales, 819.
 Galles et Angleterre, action glaciaire dans les, 217.
 — clivage schisteux dans les, 787.
 Ganoïdes, type des poissons du Vieux Grès Rouge, 530.
 — du Weald, 403.
 — du Trias, 494.
 Gastornensis Parisiensis, dans l'argile plastique, 347.
 Gaudin (M.), sur la fusion du quartz, 738.
 — sur la flore éocène de Bournemouth, 329.
 — sur les mammifères du Miocène supérieur, 264.

GLACE

- Gaudin (M.), sur les plantes de la molasse inférieure, 294.
 — sur les plantes du nouveau pliocène, 256.
 — sur la flore du vieux pliocène d'Italie, 257.
 Gaudry (M.), sur les ossements fossiles de Pikermé, 281.
 — sur les divisions du Miocène, 258.
 — sur les vertébrés Miocènes de Vaucluse, 264.
 Gault, sa composition, 380.
 Geikie (M.), sur le feuilletage des roches, 795.
 — sur les roches trappéennes du Permien, Ayrshire, 726.
 — sur le creusement par la glace des bassins de lacs, 228.
 — sur les laves anciennes, 697.
 — sur la dénudation subaérienne, 122.
 — sur les roches volcaniques du Vieux Grès Rouge de Pentland, 731.
 — sur les roches métamorphiques du silurien, 804.
 — sur la syénite de l'île de Mull, 758.
 — sur la quantité de dénudation annuelle, 122.
 Geinitz, sur les plantes fossiles du Permien, 507.
 — sur la striation répétée de l'argile caillouteuse, 215.
 Géologiques, monuments, leur obscurité et leur déféctuosité, 157.
 Gemunder Maar, roches volcaniques du, 710.
 Genève, Miocène inférieur de, 293.
 Géographique, rapport, des animaux, 187.
 Géologie, sa définition, 1.
 Gergovia, tufs de couches d'eau douce associées de, 722.
 Gers, Miocène supérieur du, 364.
Gervilia anceps, Néocomien supérieur, 393.
 — *socialis*, 488.
 Gessner (M.), sur des empreintes de pas de reptiles dans la houille, 538.
 Gibbes (Dr R. W.), sur le Zeuglodon, 352.
 Gibbon du Gers et d'Eppelsheim, 264, 280.
 Gypseuse, série, de Montmartre, 315-339.
 Girgenti, nouveau Pliocène de, 255.
 Gisement, lignes de, 77.
 Glace continentale du Groenland, 204.

GLACIAIRES

- Glaciaire, terrain de transport, distribution et nature du, 196.
 — érosion, des bassins de lacs, 222.
 — époque, changements de niveau dans l', 129.
 — terrain de transport, d'Irlande, 230.
 — action, en Russie et Scandinavie, 208.
 — — en Ecosse, 210.
 — — dans les Galles et en Angleterre, 217.
 — — dans l'Amérique du Nord, 220.
 Glaciaires, formations, d'âge Pleistocène, 196.
 — formations, d'âge Pliocène, 229.
 Glaciers, pouvoir de transport et d'érosion des, 199.
 Glasgow, canots enfouis près de, 168.
 Glauconie grossière, 315, 345.
 Glen Tilt, jonction de granite au schiste argileux, 745.
 Globiforme, pitchstone, 680.
Globigerina bulloides, 362.
 Globulaire, structure, des roches volcaniques, 677.
Glyptostrobos Europæus, Miocène supérieur d'Oeningen, 276.
 Gneiss, définition et représentation du, 768.
 — veines granitiques traversant le, 747.
 — fondamental d'Ecosse, 649.
 Godwin Austen (M.), sur les coquilles de Selsea Bill, 249.
 — sur les galets dans la craie blanche, 369.
 Goldenberg (M.), sur les insectes de la houille, 526.
 Goldfuss (Professeur), sur les amphibies carbonifères, 527.
Goniatites crenistra, 570.
 — *Listeri*, 525.
 Göppert (M.), sur les végétaux fossiles de la houille, 516.
 — sur les formes Américaines dans le flore Miocène de Suisse, 276.
 — sur la pétrification, 60.
Gorgonia infundibuliformis, 500.
 Graham, île, formant un conglomérat de cendres, 724.
 Grampians, conglomérat de Vieux Grès Bouge aux, 67.
 — roches trappéennes des, 729.
 — glaciers anciens aux, 210.
 Grande Canarie, tufs coquilliers de la, Miocène inférieur, 715.
 — dénudation dans la, 717.
 Grande Oolithe ou de Bath, 438.

GROUPES

- Granite, sa composition, 735.
 — graphique et colonnaire, 737.
 — ses rapports avec les roches volcaniques, 743.
 — hornblendique et talqueux, 742.
 — action hydrothermale dans la formation du, 739.
 — métamorphosant les couches fossilifères, 773.
 — porphyroïde, 741.
 — passage du, au trapp, 744.
 — cuboïdal, 737.
 Granites les plus anciens, 767.
 Granitiques, veines, 745.
 Granton, monocotylédone trouvé dans la houille à, 561.
 Graptolites des couches de Bala, 622.
Graptolites Murchisonii, 622.
Graptolithus Ludensis, 613.
 Gravier, sa définition, 16.
 Grays, Essex, pachydermes trouvés à, 188.
 Grèce, Miocène supérieur de, 281, Greenstone, 670.
 Grenat, composition des cristaux de, 684.
 Grès de Downton, 601.
 — calcaire, 18.
 — bigarré, 483.
 — de Beauchamp, Bassin de Paris, 344.
 — de Fontainebleau, âge du, 287.
 — du terrain houiller de Pensylvanie, empreintes de pas dans un, 529.
 — gris du Ludlow supérieur, 603.
 — ondulé, plaque de, 30.
 — rouge, nouveau, 469.
 — rouge nouveau, de la vallée du Connecticut, 491.
 — rouge, origine du, 480.
 — siliceux ou *quader supérieur* des Allemands, 370.
 — vert supérieur, 377.
 Griffiths (Sir R.), sur le grès jaune d'Irlande, 576.
Grillacris lithanthraca, 526.
 Gristhorpe, fougères oolithiques de, 448.
 Groënland, glace continentale du, 204.
 — affaissement graduel du, 65, 105.
 — flore Miocène du, 299.
 Groupe carbonifère, subdivisions du, 510.
 Groupes chronologiques, 143.
 — — les plus anciens, exhaussement plus considérable au-dessus de la mer des, 158.
 — — les plus nouveaux, pourquoi il faut commencer par l'étude des, 159.

GROUPE

- Groupe Jurassique, 450, 451.
Gryphæa columba, sable chloritique, 379.
 — *concava*, craie supérieure, 372.
 — *incurva*, 41.
 — *arcuata*, Lias, 454.
 — *virgula*, argile de Kimmeridge, 430.
Gryphée fossile couverte de serpules, 33.
 Gryphées, calcaire à, 454.
 Guadeloupe, cavités vitreuses dans le quartz, à la, 789.
 Gulf-stream, pouvoir d'érosion probable du, 111.
 Gumbel (M.), sur les couches Rhétiques, 469.
 Gunn (Mrs), sur les potstones dans la craie, 367.
 Günther (M.), sur les espèces vivantes de poissons, 582.
 Gutbier (Colonel), sur le cardiocarbon, 508.
 Guyot (M.), sur les erratiques des Alpes, 202.
 Gwyn Jeffreys, dragages en mer profonde, 247.
 — sur la composition de la vase blanche, 363.
 — sur une espèce de *Pentacrinus*, 458.
 Gymnogènes, définition, 384.
Gyps Bengalensis, queue de, 433.
 Gypse et marne gypseuse, sa composition, 20.
 Gypseuse, série, de Montmartre, 339.
 — marne, d'Auvergne, 290.
Gyrolepis tenuistriatus, 471.
 Gyrogonites, réceptacles de la graine de charas, 45.
 — dans le Weald, 408.

HABITATIONS LACUSTRES DE LA SUISSE, 170.

- raretés de restes humains dans les, 172.
 Haime (M.), sur les coraux carbonifères, 563.
Hakea, fruit fossile de l', 275.
 — *Salicina*, 275.
 Hall, Capitaine Basil, sur les îles des Cyclopes, 704.
 — Sir James, sur les couches courbées, 69.
 — M. J., sur les roches paléozoïques des Appalaches, 116.
 Halitherium dans un lit de coprolites, 241.
 Hallstadt, couches de, 484.

HEBERT

- Halysites catenularius*, 611.
 Hamilton (Sir W.), sur l'éruption du Vésuve, 699.
Hamiles spiniger, Gault, 380.
 Hancock (M.), sur les reptiles du permien inférieur, 504.
 Harding (Dr), sur des empreintes de pas de reptiles dans la houille, 538.
 Harkness, Professeur, sur les roches métamorphiques siluriennes, 804.
 — sur le grès de Penrith, 505.
 Harlech, grès grossier de, 640.
 Harmer (M.), sur les formations glaciaires, 232.
Harpactor maculipes, Miocène supérieur d'Oeningen, 277.
 Harris (Major), sur les lacs salés, 482.
 Harpe (M. de La), sur la flore éocène de Bournemouth, 329.
 Hastings, sables de, 402.
 Hartung (M.), sur les coquilles marines des tufs de la Grande Canarie, 715.
 — sur les coquilles des Açores, 717.
 — sur le lit à feuilles de Madère, 708.
 Hartz, montagnes du, veines minérales des, 813.
 — Bunter Sandstein du, 490.
 Haüy, sur la classification des minéraux, 665.
 Hautes-Alpes, granites des, 762.
 Headon, série de, 318.
 Hebert (M.), sur les coquilles de l'argile de Barton, 323.
 — sur le calcaire pisolitique, 359.
 — sur le *Gastornensis Parisiensis*, 347.
 — sur les sables de Bracheux, 348.
 — sur les fossiles de la craie blanche, 359.
 — sur la flore arctique du crétacé inférieur, 409.
 — sur l'âge du lit à feuilles de Madère, 708.
 — sur la flore arctique Miocène, 299.
 — sur la flore d'Oeningen, 256, 270.
 — sur la flore de Bear Island, 577.
 — sur la flore miocène de Bovey Tracey, 508.
 — sur les Protées du Miocène inférieur, 295.
 — sur la flore éocène de Bournemouth, 329.
 — sur les plantes éocènes de Monte Bolca, 724.
 — sur les plantes du terrain houiller de la Virginie, 493.

HEBERT

- Hebert, sur les plantes de la molasse inférieure, 294.
 — sur les Proteacées supposées des couches d'Oëning, 295.
 — sur les plantes fossiles de Superga, 305.
 — sur les plantes fossiles du Groenland, 299.
 Hébrides, roches volcaniques éocènes des, 722.
 — dykes dans les, 723.
 — gneiss hornblendique des, 119.
 Heidelberg, variété de granite près, 746.
 Heligoland, Néocomien Inférieur d', 398.
 Hélices, coquilles sur les bords du Rhin, 39.
Heliolites porosa, 591.
Helix labyrinthica, Hédon, 319.
 — *hispidâ*, 180
 — *occlusa*, Bembridge, 316.
 — *Turonensis*, Faluns de Touraine, 43.
Hemicidarid Purbeckensis, Purbeck, 444.
Hemipneustes radiatus, 358.
Hemitelites Brownii, Oolithe inférieure, 448.
 Hempstead, couches de, 305.
 Henry, sur l'absorption de l'acide carbonique par l'eau, 780.
 Henslow (M.), sur des arbres silicifiés du Purbeck, 425.
 — sur le dyke de Plas Newydd, 685.
 — sur les nodules du crag rouge, 240.
 Hermsdorf, argile Rupélienne de, 302.
 Hertfordshire, poudingue de l', 52.
 — coupe crétacée depuis l', jusqu'en France, 361.
 Herschell (Sir John), sur le clivage schisteux, 790.
 Hétérocerques, poissons, 502.
 Hicks (Docteur), sur les ardoises de Tremadoc, 637.
 — sur les lits Meneviens, 639.
 — sur les grès grossiers de Harlech, 641.
 — sur les fossiles des couches Arenig, 627.
 Highlands, roches métamorphiques, des, 803.
 Himalaya, coquilles à de grandes hauteurs sur l', 6.
 — Miocène supérieur de l', 281.
Hippocrenes ampla, 333.
Hippopodium ponderosum, Lias, 455.

HOUILLE

- Hippopotamus*, molaire, 193.
 — dans les graviers de la Tamise, 188.
 Hippurites, calcaire à, 385.
Hippurites organisans, craie supérieure, 388.
 Hitchcock (Professeur), sur les empreintes du Trias, 491.
Histioderma hibernica, 640.
Holoptychius nobilissimus, 578.
 — restauré, 579.
Homalonotus delphinocephalus, 613.
 — *armatus*, Dévonien, 595.
 Homfray (M.), sur les ardoises de Trémadoc, 635.
 Homme, ouvrages de mains d', dans la Période récente, 169.
 — dans les dépôts de caverne, 182.
 — Antiquité de l', 176.
 Homocerques, poissons, 502.
 Hongrie, trachyte de, 745.
 Hooghly, vase de la rivière, 61.
 Hooker (Dr), sur les sigillariées, 556.
 — sur les conifères, 560.
 — sur les plantés de la houille, 552.
 — sur les sporanges d'une plante silurienne, 602.
 Hordwell Cliff, couches des, 322.
 — *Helix labyrinthica* à, 319.
 — *Hyænodon* dans l'Eocène de, 322.
 Horizontalité primitive des couches, 22.
 — apparente des couches, 78.
 Hornblende, 660, 663.
 — Schiste, 771.
 Hornblendique, granite, 742.
 Hornes (Dr), sur les mollusques fossiles du miocène supérieur de Vienne, 279.
 Houille, conversion en anthracite de la, 522.
 — formation terrestre et marécageuse de la, 514.
 — cause de la pureté de la, 521.
 — fougères de la, 548.
 — conversion du lignite en, 523.
 — arbres debout dans la, 533.
 — Période de la, climat de la, 562.
 — Période de la, coraux de la, 563.
 — structure de la, 535.
 — métal, définition, 74.
 — végétation de la, 546.
 — animaux à respiration aérienne dans la, 537.
 — réunion de plusieurs lits de, 518.
 — amphibies de la, 527.
 — tuyaux de la, leur danger, 517.

HOUILLE

- Houille, empreintes de pluie dans la, 542.
 — spores et sporanges de la, 536.
 — plissement et dénudation des couches de, 543.
 Houiller, terrain, de Richmond, Virginie, 493.
 — étage, de la Nouvelle-Ecosse, 514.
 — — épaisseur de l', dans les Galles, 511.
 Horstead, potstones à, 367.
 Howse (M.), sur le protosaurus, 504.
 Hubbard (Professeur). Sur le granite des White Mountains, 754.
 Hudson River, groupe de, fossiles du, 631.
 Hucl Peever, mine de, groupes de la, 811.
 Hugh Miller, sur le pavement strié, 244.
 Hughes (M.), sur le clivage schisteux, 794.
 Hull (M.), sur la mesure des failles, 91.
 — sur les brèches dans le Permien, 505.
 — sur les dérangements éprouvés par des roches du Lancashire, 94.
 — sur l'épaisseur des couches sédimentaires, 512.
 — sur l'épaisseur du Keuper, 474.
 — sur l'épaisseur du Permien, 498.
 — sur le grès de Penrith, 505.
 Humboldt, sur le caractère minéral des roches, 805.
 — sur la hauteur moyenne du continent américain, 123.
 Humphrey et Abbot, sur le sédiment transporté par le Mississipi, 122.
 Hunt Sterry, sur l'action de l'eau dans le métamorphisme, 780.
 Huronienne, série, 646.
 Hutton, théorie de, 41.
 Huxley (Professeur), sur les reptiles Dinosauriens, 432.
 Huxley (Le Professeur), sur la composition de la vase de l'océan, 362.
 — sur le Pteraspis, 609.
 — sur les fossiles du permien inférieur, 504.
 — sur la houille du Better Bed, 536.
 — sur l'affinité entre les reptiles et les oiseaux, 432.
 — sur les spores et sporanges de la houille, 536.
 — sur les poissons du Vieux Grès Rouge, 580.
Hybodus plicatilis, 471.

INTRUSION

- Hybodus reticulatus*, 459.
 Hydrothermale, action, produisant le métamorphisme, 780.
 — — dans la formation du granite, 739.
Hymenocaris vermicunda, 638.
Hyena spelæa, *H. crocuta*, machoire inférieure, 135.
Hyperodapedon Gordoni, 475.
 Hypersthène, 660, 665.
 Hypogènes, roches, uniformité du caractère minéral dans les, 805.
 — — définition, 13.
Hypsiprymnus Gaimardi, prémolaire de l', 417.
 — d'Australie, 184.
 Hythe, couches Néocomiennes de, 390.
 ICEBERGS, terrain de transport charrié par les, 206.
 — échoués dans la baie de Baffin, 207.
 Ichthyodorulites du Lias, 459.
 Ichthyornis dispar du Kansas, 389.
Ichthyosaurus communis, 461.
 Idocrase, 662.
Iguanodon Mantelli, dent d', 400.
 Ile Bourbon, courant de lave à, 755.
 — de Wight, lits d'Hempstead, 305.
 — — lits Eocènes à l', 313, 315.
 — de Mull, lits à feuilles de l', 309.
 — — roches volcaniques de l', 718.
 Ilfracombe, groupes du Dévon, 589.
 — coupe de roches schisteuses près, 791.
 Inclinaisons d'une vallée, 81.
 Inclusion de fragments, caractère * pour déterminer l'âge des roches, 143.
 Inde, miocène supérieur de l', 281.
 Inférieure, Oolithe, épaisseur et fossiles de l', 447.
 Infusoire dans le tripoli, 37.
Inoceramus Lamarckii, craie blanche, 372.
 Inondation, vase d', des rivières, 179.
 Insectes des couches d'Oëningen, 277.
 — dans la houille d'Europe, 526.
 — Miocènes, de Croatie, 303.
 — dévoniens du Canada, 593.
 — lit à, d'Oëningen, 271.
 — lits à, Lias, 464.
 — causes de la fossilisation des, 270.
 Intrusion, caractère de l', indiquant l'âge des roches plutoniques, 733.

INTRUSION

Intrusion, caractère pour distinguer l'âge des roches volcaniques, 690.
 — de trapp entre les couches, 686.
 Irlande, drift glaciaire d', 230.
 — grès jaune d', 576.
 — craie partant d', jusqu'en Crie-mée, 361.
 — couches carbonifères d', 512.
Isastræa oblonga, 429.
 Isomorphisme, théorie de l', 665.
 Italie, Miocène inférieur d', 304.
 — Pliocène d', 256.
 — flore du Vieux Pliocène d', 257.
 — Miocène supérieur d', 281.
 — volcans du Vieux Pliocène d', 709.

JAEGER (Professeur), sur des dents recueillies dans le Keuper, 483.
 Jamieson (Mr T. F.), sur le terrain de transport glaciaire d'Ecosse, 210.
 Java, explosions volcaniques à, 655.
 Joachimsthal, filons d'argent de, 824.
 Johnson (M.), sur les fossiles de Madère, 714.
 Joints, 787.
 — structure à, des roches métamorphiques, 788.
 Jones, Dr Rupert, sur l'Éozoon Canadense, 648.
 Jorullo, coulée de lave du, 754.
 Jucker (M.), sur la formation de Wenlock, 614.
 Judd (M.), sur des masses de granite dans les couches de la période tertiaire, 776.
 — sur la composition des montagnes des Hébrides, 758.
 — sur les roches éruptives, 697.
 — sur les roches volcaniques des Hébrides, 723.
 — sur l'argile Speeton, 396, 398.
 — sur le granite intrusif d'Ecosse, 776.
 — sur le Tithonien, 392.
 — sur les laves post-tertiaires de Suisse, 697.
 Jukes, (M.), sur les schistes de Tarannon, 614.
 Jura, blocs alpins sur le, 201.
 — structure du, 79.
 Jurassique, groupe, 410, 451.

KANGOUROU, machoires de, 185, 186.

LAC MAJEUR

Kansas, oiseaux crétacés du, 389.
 Kaolin, sa composition, 47.
 Kåsegrotte, piliers basaltiques de la, 679.
 Kaup (Professeur), sur des empreintes de pas du Trias, 478.
 Keilhau (Professeur), sur les veines granitiques, 749.
 — sur le granite Silurien de Norwège, 764.
 — sur la protrusion du granite, 773.
 — sur les plans de feuilletage des roches, 795.
 Keller (Dr), sur les habitations lacustres, 470.
 Kelloway, roche de, 436.
 Keuper des Allemands, 473, 483.
 — plantes du, 484.
 — reptiles du, 484.
 — ou Trias Supérieur d'Angleterre, 473.
 Kentish-Rag, calcaire appelé, 392.
 Kley-Spawen, couches de, 301.
 Kilkenny, plantes fossiles de, 576.
 Killas, altéré par le granite dans les Cornouailles, 775.
 Kiltorkan, grès jaune de, avec anodontes, 576.
 Kimmeridge, argile de, 430.
 Kinahan (Dr), sur les annelides cambriens, 641.
 King (Dr), sur des empreintes de pas de reptile, 529.
 — sur les fossiles permien, 501, 503.
 Kirkdale, caverne de, 184.
 Kitchen Middens du Danemark, 168.
 Kæssen, lits de, 470.
 Könen (Baron Von), sur les coquilles de Brockenhurst, 321.
 Koninck (M. de), sur les fossiles du Calcaire de Montagne, 571.
 — sur le Miocène inférieur d'Allemagne, 303.
 — sur les coquilles du Miocène inférieur de Belgique, 301.
Koninckia Leonhardi, 486.
 Kupfer Schiefer d'Allemagne, 507.
 Kyson, débris de mammifères à, 334.
 LABRADOR, série du, 647.
 — roche, 670.
 Labradorite, 658, 663.
 Labyrinthodons, 527.
Labyrinthodon, dent de, 475.
 — *Jaegeri*, 476.
 La Fère, mammifère tertiaire, à 348.
 Lac Majeur, formation du, 224.

LACS

- Lacs, prédominance des, concordant avec l'action glaciaire, 223.
 — cratères de, de l'Eifel, 711.
 — districts à, limites méridionales des, 227.
 — dépôts dans les, 4.
 Lacustres, habitations, de la Suisse, 170.
 — — raretés de restes humains dans les, 171.
 Lamark, sur les mollusques bivalves, 40.
 — sur la Teredina, 36.
 Lamellation du schiste argileux, 796.
 Lamellibranches du Devonien, 618.
Lamna elegans, 328.
 Lancashire, grande épaisseur des roches sans hauteur correspondantes dans le, 117.
 — coupe des roches carbonifères dans le, 83.
 Lanceterote, veines dans le cratère de, 816.
 Landenien de Belgique, 354.
 Land's End, granite colonnaire à, 737.
 — — porphyritique à, 741.
 La Roche, dépôts récents dans l'estuaire de, 21.
 Lartet (M.), sur la période du renne, 173.
 — sur le *Gastornensis Parisiensis*, 347.
 — sur les mammifères du Miocène Supérieur, 264.
 — sur la période du Renne, 173.
Lastræa stiriaca, 297.
 Latérale, compression, occasionnant la courbure des couches, 71, 115.
 Latérales, moraines, 199.
 Laterite, 675.
 La Thène, découverte d'objets en fer à, 171.
 Laurentien, groupe, 646.
 — supérieur, 647.
 — inférieur, 647.
 — Gneiss, d'Ecosse, 649.
 — épaisseur du, au Canada, 120.
 Laurentiennes, roches volcaniques, 733.
 — roches métamorphiques, 803.
 Lave, 673.
 — effet des courants de, 7.
 — se consolidant sur les pentes, 656.
 — scoriacée, 673.
 — de la coupe de Ayzac, 677.
 Laves coquillières d'Auvergne, 701.
 — en Auvergne, reposant sur des alluvions d'âges différents, 103.
 — du Jorullo, 574.

LIMON

- Leda Deshayesiana*, 302.
 — *lanceolata*, 213.
 — *oblongata*, 213.
 — *truncata*, 213.
 — *amygdaloides*, 334.
 Lee (M. J. E.), sur le *Pteraspis*, 609.
 Leidy (Dr), sur les quadrupèdes fossiles de Nebraska, 31.
 Leintwardine, *Pteraspis* trouvé à, 609.
Leperditia inflata, 525.
Lepidodendron, branche bifurquée de, 577.
 — *corrugatum*, cône et branche de, 544.
 — *Sternbergii*, 551.
 — végétaux de la période houillère, 550.
 Lepidolite, 660, 665.
Lepidostrobos ornatus, 552.
Lepidotus gigas, écailles du, 458.
 — *Mantelli*, 403.
Leptena Moorei, Lias supérieur, 455.
 — *depressa*, 612.
 Leucite, 658.
 Lewis, gneiss hornblendique de, 803.
 Lias, définition, 452.
 — zones du, 452.
 — mollusques du, 453.
 — fossiles du, 454.
 — poissons du, 458.
 — reptiles du, 460.
 — lits à insectes du, 464.
 — plantes fossiles du, 466.
 — roches plutoniques du, 761.
 — roches volcaniques du, 726.
 Liebig, sur la formation des stalactites, 183.
 — sur la conversion de la houille en anthracite, 552.
 Liège, cavernes calcaires à, 183.
 Lightbody (M.), sur le Ludlow, 605.
 Lignite, conversion en houille du, 552.
 Lignites et argiles de Bovey-Tracey, 307.
Lima gigantea, Lias, 454.
 — (*Plagiostoma*) *Hoperi*, 380.
 — *spinosa*, Craie blanche supérieure, 372.
 Limagne, Miocène inférieur de la, 291.
 — — mammifères du, 291.
 Limbourg, couches du, 301.
Limnæa caudata, Headon, 319.
 — *fusiformis*, 317.
 — *longiscata*, 42.
 Limon, sa définition, 19.

LIMON

- Limon fluviatile ou Loess, 179.
 Lindley, sur les antholithes, 560.
 — sur la nomenclature botanique, 384.
Lingula crednerii, calcaire magnésien, 501.
 — *Dumortierii*, crag, 245.
 — *Lewisii*, 605.
Lingulella Davisii, 638.
 Link (M.), sur des empreintes de pas d'animaux en Saxe, 478.
 Lipari, îles, stufas dans les, 781.
Liquidambar europæum, var. *trilobatum*, 258.
 Lis de pierre, crinoïdes, 456.
Lithostrotion basaltiforme, 565.
 — *striatum*, 565.
 — *floriforme*, 565.
 Lit à coprolites, 378.
 — à insectes d'Oeningen, 271.
 — forestier de Cromer, fossiles du, 233.
 — à feuilles de Madère, 708.
 — — de l'île de Mull, 309.
 — pierreux, 235.
 Lits de boue du Purbeck, 422, 424.
 — coquilliers, 345, 346.
 — à insectes du Lias, 464.
Lituites giganteus, 607.
 Llanberis, ardoises de, 640.
 Llandeilo Flags, 622.
 Llandeilo inférieur, 625.
 Llandoverly, groupe de, 614, 615.
 — inférieur, épaisseur des roches du, 622.
 Loch Assynt, couches paléozoïques discordantes de, 118.
 Locle, plantes proteacées de, 276.
 Loess ou limon fluviatile, 179.
 — coquilles fossiles du, 180.
 Logan (Sir W.), sur les couches devoniennes du Canada, 597.
 — sur l'épaisseur de l'étage houiller de la Nouvelle-Ecosse, 531.
 — sur l'épaisseur du terrain houiller, 515.
 — sur le grès de Postdam, 646.
 — sur les Stigmaria, 516.
 — sur l'Eozoon Canadense, 648.
 — sur les grès de Gaspé, 597.
 — sur la série Huronienne, 646.
 — sur l'épaisseur du Laurentien, 647.
 Longévité relative de l'espèce dans les mammifères et les testacés, 190.
 Longmynd, groupe de, 640.
 Loire, faluns de la, 259.
 Londres, argile de, fossiles de l', 333.

MADÈRE

- Lonsdale (M.), sur les coquilles de Madère, 715.
 — sur les coraux miocènes des Etat-Unis, 285.
 — sur les testacés des faluns, 262.
 — sur les fossiles Devonien, 588.
 — sur le schiste de Stonesfield, 442.
Lonsdaleia floriformis, 565.
 Lowe (Rev. R. T.), sur les mollusques marins de Mogador, 715.
 Lubbock (Sir J.), sur les deux âges de la Pierre, 169.
Lucina serrata, 328.
 Ludlow supérieur, formation du, 601.
 — inférieur, 604.
 — Lit à ossements du, 602.
 Ludworth Cove, lits de boue, près de, 426.
 Lycett (M.), sur la grande oolithe, 441.
 Lycopodiacées de la houille, 537.
 — de la période houillère, 550.
Lycopodium densum, 552.
 Lym Fiord, couches marines et d'eau douce mêlées dans le, 47.
 Lynton, groupe devonien de, 589, 594.
 MACLAREN (M.), sur les roches volcaniques des Pentland Hills, 731.
 Macclesfield, coquilles marines à 360 mètres de hauteur à, 218, 236.
 Mac Clintock (Sir Léopold), sur les globigerinées, 363.
 Mac Muller (M. J.), sur les fossiles du Laurentien inférieur, 648.
 Mac Culloch (Dr), sur le granite de l'Aberdeenshire, 744.
 — sur un grès de l'île de Skye, 53.
 — sur les roches ignées d'Ecosse, 689.
 — sur les syénites de Skye, 756.
 — sur le Trapp, 689.
 — Mr. J., sur l'Eozoon Canadense, 648.
 Mâchoires de mammifères dans le Purbeck, 417.
 Mac Kenny Hugues, sur le clivage, 787.
Macropus atlas, mâchoire inférieure, 186.
 — *major*, mâchoire inférieure, 186.
 Macrospores de la houille, 536.
 Madère, roches volcaniques de, 707.
 — dyke dans la vallée de, 681.
 — lit à feuilles Pliocène et coquilles dans les laves de, 707.

MADÈRE

- Madère, roches volcaniques miocènes de, 714.
 — scories déplacées par le vent à, 99.
 — couches de latérite à, 676.
 Maëstricht, couches de, 358.
 Maffiote, don Pedro, cité, 717.
Magas pumila, craie blanche supérieure, 371.
 Magnétite, 662.
 Maidstone, fossiles du Crétacé supérieur à, 375.400.
 Magnésien, calcaire, moyen de le reconnaître, 19.
 — — concrétions dans le, 53.
 — — et schiste marneux, 499.
 — — écailles de poisson dans le, 503.
 Malacolite, 665.
 Malaise (Professeur), sur la caverne d'Engihoul, 183.
 Mammifères fossiles des couches plus anciennes que le gypse, tableau des, 421.
 — éteints, contemporains de l'homme, 177.
 — degré inférieur des, dans les couches anciennes, 495.
 — et testacés, longévité comparée des, 190.
 — fossiles du Purbeck moyen, 416.
 — — dans le Pliocène du Val d'Arno, 256.
 — — dans le Crag, 234. 241.
 — — dans le Bassin de Vienne, 279.
 — — dans le Bassin de Paris 340.
 — — de la Limagne d'Auvergne, 291.
 — triasiques, 471.
 — des monts Siwalik, 282.
 — du schiste de Stonesfield, 442.
 — *post-Pliocènes, dents de*, 191.
 Mammifère triasique, 494.
 Mammouth dans le till d'Ecosse, 211.
 — gravure grossière du, dans une caverne du Périgord, 173.
 — Voir Elephas Primigenius.
 Manfredi (M.), sur l'évaluation de la dénudation sous-aérienne, 121.
 — sur l'iguanodon, 401.
 — sur les sauriens de Hastings, 403.
 — sur le palmier éventail, 316.
 — sur les Belemnites de l'argile d'Oxford, 436.
Mantellia nidiformis, 424.
 Marbre, sa définition, 18.
 — de Carrare, 801.
 Marcou (M.), sur l'*Asteracanthus granulatus*, 406.

MENEVIENS

- Margarite, 660.
 Margarique, acide, 790.
 Marine, faune, du Carbonifère, 562.
 Marines, couches, sous-jacentes à l'argile de Londres, 337.
 — couches, et d'eau douce dans la houille, 524.
 — — comment les distinguer des couches d'eau douce, 39.
 — — causes de l'élévation des, 62.
 — — et d'eau douce, alternances des 66.
 — falaises, intérieures, 107.
 Marne, crayeuse, 377.
 — du Lac Supérieur, 53.
 — rouge, verte et blanche d'Auvergne, 290.
 — gypseuse, 20.
 — sa définition, 19.
 — à gryphées virgules, 431.
 — irisée, 483.
 Marneux, schiste, 19.
 — — du Permien moyen, 409.
 Marsh (Professeur O. C.), sur des oiseaux du Grès vert, 389.
 Marsupiaux éteints d'Australie, 185.
Marsurpites Milleri, Craie blanche, 371.
 Massachussets, plombagine de, 777.
Mastodon avernensis, molaire, 236.
 — gigantesque aux Etats-Unis après la période du terrain de transport, 221.
Mastodontosaurus Jaegeri, 476.
 Maun Chunk, houille de, 319.
 May-Hill, grès de, 615.
 Mayence, bassins tertiaires de, 302.
 Mayer (M. Karl), sur les coquilles fossiles de Madère, 714.
 Mécaniques et chimiques, dépôts, 49.
 Mécanique, théorie, du clivage, 790.
 Médianes, moraines, 199.
Megalodon cucullatus, 592.
 Méditerranée, province zoologique, 140.
 — île volcanique formée dans la, 111.
Melanatria inguinata, 336.
 — *turritissima*, Bembridge, 315.
Melanopsis buccinoidea, Asie, 42.
 Mélaphyre, variété de basalte, 669.
 Mer, abaissement apparent de la, causé par l'exhaussement de la terre ferme, 63.
 — pouvoir dénudant de la, 110.
 — profonde, sondages en, 363.
 — profondeur moyenne de la, 127.
 — oursin de, avec crânes adhérentes, 34.
 Meneviens, lits, et leurs fossiles, 638.

MERGEL-SCHIEFER

- Mergel-Schiefer d'Allemagne, 507.
 Mésozoïque, explication de ce mot, 135.
 — et Caïnozoïque, périodes, hiatus entre les, 354.
 — et Paléozoïque, limites des roches, 497.
 Métallifères, veines, origine des, 810.
 Métaux, âge relatif des différents, 822.
 Métamorphique, définition de ce mot, 12
 — Calcaire, 771.
 Métamorphiques, couches, origine des, 772.
 — roches, 10. 767.
 — — clivage des, 784.792.
 — — rareté de la chaux dans les, 808.
 — — âges des, 798.
 — — uniformité du caractère minéral dans les, 805.
 — — ordre de succession des, 804.
 Métamorphisme, théorie du, objections opposées à la, 783.
 — action hydrothermale produisant le, 778.
 Métamorphoses des Trilobites, 619.
 Météorites, minéraux dans les, 664.
Mesosaurus Camperi, 358.
 Meudon, calcaire pisolitique de, 358.
 — Gastornensis Parisiensis de, 347.
 Mexico, golfe de, débris terrestres apportés par les eaux dans le, 142.
 Meyer (M. H. Von), sur les amphibies carbonifères, 527.
 — sur le Belodon, 472.
 — sur les formations Wealdiennes, 407.
 Miall (M.), sur les amphibies carbonifères, 528.
 Miascite, 743.
 Mica, groupe du, 665.
 — son mode de dépôt, 22.
 Micacé, grès, origine du, 16.
 Micaschiste ou schiste micacé, 770.
 Michelotti (M.), sur les coquilles miocènes de l'Italie septentrionale, 286.
Micraster cor-anguinum, Craie blanche, 371.
Micraster fossile avec serpule, 34.
Microconchus carbonarius, 525.
Microlestes antiquus, 472.
 Microspores de la houille, 535.

MIOCÈNE

- Middendorf, sur des glaces de Sibérie, 215.
 Migrations des quadrupèdes, 188.
 Miliolite, calcaire, 345.
 Miller (M. Hugh) sur les poissons du Vieux Grès Rouge, 579, 582.
 — sur les lacs salés, 482.
 Millstone-grit, 479.
 Milne-Edwards (M.), sur les coraux paléozoïques, 563.
 — sur les subdivisions du Miocène, 259.
 Minchinhampton, Grande Oolithe de, 441.
 Mine de plomb, fabrication artificielle de, 56.
 Minéral de fer argileux, 524.
 Minéral, caractère, des roches crétacées, 369.
 — — des roches hypogènes, 805.
 Minérale, composition, des roches volcaniques, 694.
 — — des couches, 45.
 — — caractéristique, de l'âge des roches plutoniques, 753.
 — — caractéristique de l'âge des roches volcaniques, 695.
 Minérales, veines, différentes sortes de, 809.
 — — formées dans les fissures, 810.
 — — roches altérées par les, 773.
 — — formation successive des, 815.
 — — renflement et contraction des, 818.
 — — âge relatif des, 822.
 — — galets dans les, 819.
 — — dépôts chimiques dans les, 820.
 — — question de l'origine des, 848.
 Minéralisation des débris organiques, 56.
 Minéraux dans les météorites, 664.
 Minéraux les plus abondants dans les roches volcaniques, tableau des, 657.
 Minudie, axe anticlinal de l'étage houiller de, 544.
 Miocène, définition, 164.
 — inférieur d'Allemagne, 302.
 — flore arctique du, 298.
 — et l'Eocène, ligne de démarcation entre le, 286.
 — inférieur d'Angleterre, 305.
 — — de Belgique, 301.
 — — de Croatie, 303.
 — — d'Italie, 305.
 — — des Etats-Unis, 311.
 — — du centre de la France, 288.
 — supérieur à Bordeaux et dans le midi de la France, 263.

MIOCÈNE

- Miocène supérieur du bassin de Vienne, 279.
 — — du Bolderberg, 278.
 — — de France, 259.
 — — de Grèce, 281.
 — — de l'Inde, 281.
 — — d'Italie, 280.
 — roches volcaniques du, 713.
 Mississippi, sédiment charrié par le, 122.
 — marais du, 522.
 — vallée du, dépôts et dénudation dans la, 105.
 Mitchell (Rev. Hugh), sur le Pteraspis, 583.
 — (Sir T.), sur des cavernes d'Australie, 185.
 — (M.), sur le fruit *Aralia* dans l'Eocène d'Alum-Bay, 329.
Mitra scabra, 324.
 Mitscherlich, sur l'augite, 666.
 — sur l'isomorphisme, 668.
 Mobile, Alabama, Cyrena trouvée à, 337.
Modiola acuminata, 499.
 Moel Tryfaen, coquilles marines du, 217, 218.
 Mohs, sur la classification des minéraux, 665.
 — sur l'isomorphisme, 665.
 Mollusques carbonifères, 567.
 — longévité des espèces, 190.
 — des couches de Hallstadt, 486.
 — valeur des, dans la classification, 162.
 — Voir coquilles.
 Molasse, définition, 268.
 — inférieure de Suisse, 292.
 — moyenne ou marine de Suisse, 278.
 — supérieure d'eau douce, 268.
 Monitor de Thuringe, 502, 608.
 Monoclinique, feldspath, 664.
 Monocotylédone dans les terrains houillers, 561.
 Monod, flore de la molasse inférieure à, 294.
 Monomyaires, mollusques, explication du mot, 40.
 Mons, couches discordantes près de, 95.
 Montagne, Calcaire de, fossiles du, 567.
 Monte-Bolca, poissons fossiles de, 724.
 — Calvo, stratification croisée à, 27.
 — Mario, âge des dépôts volcaniques de, 709.
 — Nuovo, formé en 1538, 698.

MURCHISON

- Mont-Dore, Auvergne, volcans éteints du, 721.
 Mont-Dôme, Auvergne, 654.
 Montmartre, série gypseuse de, 339.
 Montmorency, empreintes de pas fossiles à, 341.
 Monts Siwalik, Miocène supérieur des, 281.
 Monuments géologiques, leur obscurité et leur défectuosité, 157.
 — — leur imperfection, 342.
 Moore (M. C.), sur des veines plombifères, 814.
 — sur le Lias blanc, 469.
 — sur les mammifères du Trias supérieur, 473.
 Moraines, définition, et description des, 199.
 Morainiques, lacs, 223.
 Morée, rangées de falaises intérieures en, 107.
 — roches volcaniques crétaées de, 726.
 Morris (Prof.), sur les spores de la houille, 537.
 Morthæ, couches devoniennes à, 589.
 Mortillet (M.), sur la formation des lacs, 223.
 Morton (Dr), sur les roches crétaées des Etats-Unis, 388.
Mososaurus Camperi, *Craie*, 358.
 Moutonnées, roches, 200.
 Mudstone du Ludlow supérieur, 603.
 Mull, île de, formations de l', 309.
 — roches volcaniques de l', 718.
 Munster (Comte), sur les fossiles de Solenhofen, 432.
 Murchison (Sir R.), sur les couches marines dans la houille, 524.
 — sur les couches d'eau saumâtre dans la houille, 525.
 — sur la structure des Alpes, 799.
 — sur l'étendue de la craie blanche, 362.
 — sur l'épaisseur du Keuper, 474.
 — sur l'épaisseur du Trias, 474.
 — sur l'épaisseur de la craie en Russie, 362.
 — sur le mot Permien, 498.
 — sur les roches permienes de Russie, 507.
 — sur le Vieux Grès Rouge, 572, 518, 587.
 — sur le mot Dévonien, 573.
 — sur les grès du Devon septentrional, 588.
 — sur les fossiles du Ludlow, 606.
 — sur les poissons fossiles de Monte-Bolca, 724.

MURCHISON

- Murchison (Sir R.), sur les couches de Llandovery, 615.
 — sur le schiste de Wenlock, 613.
 — sur le système silurien, 625.
 — sur les Ichthyolites devoniens, 613.
 — sur les roches ignées éocènes, 350.
 — sur les roches volcaniques tertiaires d'Italie, 709.
 — sur les roches métamorphiques des Highlands du Nord, 802.
 — sur le gneiss laurentien d'Ecosse, 619.
Murchisonia gracilis, 631.
Murex vaginatus, 251.
 Muschelkalk, 473, 488.
 Muscovite, 660, 665.
Myliobates Edwardii, plaques palatines et dentales du, 327.
Mytilus septifer, 499.
- NAPLES, roches volcaniques de, 698.
 — source d'acide carbonique près de, 807.
Natica clausa, 213.
 — *helicoïdes*, 235.
 Natrolite, 662.
Nautilus centralis, Argile de Londres, 333.
 — *Danicus*, Craie de Faxoe, 360.
 — *plicatus*, Couches de Hythe, 392.
 — *truncatus*, Lias, 456.
 — *Ziczac* (*Aturia Ziczac*), 334.
 Nebraska, Miocène inférieur de, 311.
 Necker, sur les roches ignées sous-jacentes, 749.
 — sur l'éruption du Vésuve, 699.
 Néocomien, groupe, 391.
 — subdivisions du, 356.
 — supérieur, 392.
 — moyen, 396.
 Neolithique, période, sa définition, 169.
 Néozoïque, type, de coraux, 561.
 Nepheline, 658, 671.
 Neptune, coupes de, à Sumatra, 368.
Nerinea Goodhallii, Coral Rag, 435.
 Nerinéen, Calcaire, 436.
Nerita conoïdea (*N. Schmidelliana*), 346.
 — *costulata*, Grande Oolithe, 442.
 — *granulosa*, Bassin de Paris, 43.
Neritina concava, Headon, 319.
 — *globulus*, Bassin de Paris, 43.
 Neuchâtel, monnaies et outils en fer dans le lac de, 171.

NORWÈGE

- Newberry (Dr), sur la flore du crétacé des Etats-Unis, 390.
 Newcastle, terrain houiller de, failles dans le, 81.
 — tuyaux de la houille dans les mines de, 517.
 New-Jersey, roches crétacées de, 388.
 — Mastodonte à, 221.
 New Madrid, contrée enfoncée à, 522.
Nipadites ellipticus, Sheppey, 331.
 Niveau de la surface changé par la chaleur souterraine, 128.
 New-York, couches Devonienne de, 598.
 — couches Cambriennes de, 645.
 — couches Siluriennes de, 630.
 — couches Laurentiennes de, 648.
 Niagara, calcaire de, fossiles du, 631.
 Nicaragua, filons d'or dans le, 827.
 Nice, coupe de couches inclinées près de, 27.
 Nidau, outils en fer dans le lac de, 171.
 Niger, étendue du delta du, 407.
 Nil, limon homogène du, 180.
 — limon stratifié du, 5.
 Norwich, crag de, ou fluvio-marin, 235.
 — pourcentage des coquilles éteintes dans le crag de, 248.
 Nouvelle-Ecosse, étage houiller de la, 530.
 — houille de la, reptiles et coquilles dans la, 538.
 — plissement et dénudation des couches dans la, 843.
 Nouveau Grès rouge, trapp de la période du, 726.
 — de la vallée du Connecticut, 491.
 Nouveau pliocène de Sicile, 251.
 — — roches volcaniques du, 703.
 Nomenclature des formations, 160.
 — des roches trappéennes, 656.
 — des minéraux volcaniques, 658.
 Nordenskiöld (Professeur), sur des espèces végétales du Groenland, 409.
 Norfolk, terrain de transport des falaises du, 231.
 Nord, Amérique du. Voir Amérique.
 Norwège, Cambrien de, 614.
 — feuilletage des roches cristallines en, 795.
 — veines granitiques dans le gneiss de, 765.

NORWÈGE

- Norwège, granite altérant des couches fossilifères en, 773.
Nucula Cobboldia, 237.
 — *Deshayesiana*, 302.
Nummulites laevigata, Bracklesham, 325.
 — *Puschi*, 349.
 — *variolaria*, 324.
 Nummulitique, formation, en Europe, en Asie, etc., 348.
 Nyst (M.), sur les coquilles du miocène inférieur de Belgique, 301.

OBOLUS Apollinis, grès grossier de Russie, 629.

Obolus, grès à, 629.

Obsidienne, 670.

Océan, profondeur de l', comparée à la hauteur de la terre ferme, 127.

Océaniques, étendues, permanence des, 126, 268.

Ocellaria radiata, Craie blanche, 369.

Oeningen, miocène supérieur d', 265.

— insectes d', 277.

Oeyhausen (M. Von), sur les veines granitiques, 747

Ogygia Buchii, 624.

Oseaux, empreintes de pas d', dans le Trias du Connecticut, 491.

— dans l'Argile plastique, 347.

— dans le lit à Coprolites de la série chloritique, 378.

Oldhamia radiata, *O. antiqua*, 642.

Olenus micrurus, 638.

Oligocène, employé pour Miocène inférieur, 286.

Oligoclase, 658, 665.

Oliva Dufrenoyi, Bolderberg, 278.

Olivine, 660, 669.

Omphyma turbinatum, Silurien, 611.

Onchus tenuistriatus, Silurien, 603.

Ondulations des couches, 29.

Oolithe, classification de l', 410.

— sa définition, 51.

— et sable de l'ortland, 428.

— géographie physique de l', 412.

— moyenne, 434.

— inférieure, 437, 447.

— Grande (ou de Bath), 428.

— plantes de l', 447.

— roches plutoniques de l', 761.

— et Lias, Origine de l', 466.

— roches volcaniques de l', 726.

Oolithiques, couches, rapports paléontologiques des, 450.

OURALITE

Ophioderma tenuibrachiata, 457.

Oppel, sur les zones du Lias, 453.

Or en Californie, origine de l', 826.

— mines d', en Australie et au Chili, 825.

— filons d', en Russie, 825.

— de Californie, contemporain de l'alluvion, 826

— cause de la richesse des coiffes des mines d', 827.

Orbicularis, Ludlow supérieur, 604.

Orbigny (M. Alcide d'), sur les couches crétacées, 355.

— sur les foraminifères du bassin de Vienne, 280.

— sur les fossiles de la craie blanche, 359.

— sur le calcaire pisolitique, 359.

Oreodaphne Heerii, Pliocène Italien, 258.

Organiques, corps, formant la vase de l'océan Atlantique, 362.

— débris, caractère de l'âge des roches volcaniques, 690, 693.

— caractère de l'âge des couches, 138.

— — minéralisation des, 56.

Organisés, êtres, provinces zoologiques des, 139.

— — leur disparition sous l'influence du métamorphisme, 776.

Orthis elegantula, 604.

— *vespertilis*, 618.

— *tricenaria*, 618.

— *grandis*, 618.

Orthoceras duplex, 623.

— *laterale*, 670.

— *ludense*, Silurien, 607.

— *Ventricosum*, silurien, 607.

Orthoclase, 658, 663.

— Porphyre, 742.

Orthoclastique, Feldspath, 664.

Osborne ou Sainte-Hélène, série Eocene d', 318.

Osteolepis, vieux Grès Rouge, 581.

Ostraceon, épine défensive d', Bracklesham, 326.

Ostrea acuminata, Terre à foulon, 447.

— *carinata*, Marne crayeuse, 379.

— *columba*, sable chloritique, 379.

— *delloïdea*, argile de Kimmeridge, 430.

— *distorta*, Purbeck Moyen, 414.

— *expansa*, sable de Portland, 430.

— *gregarea*, Coral Rag, 435.

— *Marshii*, Oolithe, 450.

— *vesicularis*, Craie supérieure, 372.

Otodus obliquus, 327.

Ouralite, 660, 665.

OWEN

PERCHÉS

- Owen (Professeur), sur les coquilles de la houille, 538.
 — sur les dents du Labyrinthodon, 475.
 — sur le *Gastornensis Pariensis*, 347.
 — sur les mammifères de Stonesfield, 445.
 — sur les reptiles de la houille, 538.
 — sur l'*Amphytherium*, 455.
 — sur l'*Archæopteryx*, 432.
 — sur les empreintes de pas dans le Trias, 492.
 — sur la faune de Sheppey, 332.
 — sur la loi des rapports géographiques des fossiles, 187.
 — sur les mammifères du Purbeck, 417.
 — sur les Sauriens de Hastings, 403.
 — sur le *Zeuglodon*, 352.
 — (Dr.), Dale, sur le Miocène de Nebraska, 341.
 Oxford, argile d', épaisseur et fossiles de l', 436.
- PAGHAM, blocs erratiques à, 220.
 Palagonia, dykes de, 706.
Palæaster asperimus, 621.
Palæchinus gigas, calcaire de Montagne, 566.
Palæcoma tenuibrachiata, 457.
Palæoniscus complus, *P. elegans*, *P. glaphyrus*, 503.
 — contour restauré du, 502.
Palæophis typhæus, Bracklesham, 326.
Palæopteris Hibernica, 577.
Palæotherium magnum, 318.
Palæothrissum, 502.
 Paléolithique, période, 169.
 — — dépôts d'alluvion de la, 173.
 Paléozoïque, définition, 135.
 — type, de coraux, 563.
 — série, 497.
 Paléozoïques, roches plutoniques, 763.
 — roches, 497.
 — couches, épaisseur des, 100.
 Palma, île, cratère volcanique de, 654.
 Palmier dans le Miocène Suisse, 295.
Paludina lenta, Hempstead, 306.
 — *orbicularis*, Bembridge, 316.
 — *vivipara*, 42.
Paradoxides Bohemicus, 643.
- Paradoxides Davidis*, Cambrien Inférieur, 639.
 Parallélisme des couches plissées sur de grandes distances, 93.
Parasmilia centralis, 564.
 Paris, Bassin de, groupe tertiaire étudié d'abord dans le, 161.
 — formations Tertiaires de, 338.
 — Gypse de, empreintes de pas fossiles dans le, 341.
 — — mammifères plus anciens que le, 421.
Parka decipiens, Vieux Grès Rouge, 586.
 Parkfield, plan de la houillère de, 518.
 Parry (Capitaine Sir E.), sur les coquilles du drift Écossais, 213.
 Patagonie, couches riches en soude de, 783.
Patella rugosa, Grande Oolithe, 442.
 Paterson (Dr.), sur le monocotylédone de la houille, 561.
 Pavement strié du Boulder-Clay, 214.
 Peach (M. Charles), sur des fossiles du Silurien supérieur, 804.
 — sur les poissons du Vieux Grès Rouge, 579.
 — sur les végétaux fossiles du terrain carbonifère, 560.
 Pearlstone, Perlite, 670.
Pecopteris elliptica, 548.
Pecten Beaveri, Craie blanche inférieure, 372.
 — *cinctus*, Néocomien moyen, 397.
 — *Islandicus*, Drift Écossais, 213.
 — *jacobæus*, dans le tertiaire de Sicile, 254.
 — *quinque-costatus*, 380.
 — *valoniensis*, couches Rhétiques, 470.
 Pegmatite, 738.
 Penarth, lits de, 470.
 Pengelly (M.), sur la caverne de Brixham, 184.
 — sur les lignites de Bovey-Tracey, 308.
Pentacrinus Briareus, Lias, 457.
 — *Knightii*, Aymestry, 605.
 — *oblongus*, 616.
 — *livata*, 616.
 Pentamères, calcaire à, New-York, 620.
 Pentland Hills, roches volcaniques des, 732.
Pentremites ellipticus, 566.
 Penrith, grès de, 505.
 Perchés, blocs, 200.

PÉRIGORD

- Perigord, caverne du, reproduction par la gravure d'un mammouth dans la, 163.
- Période du Renne, 172.
- Houillère, climat de la, 562.
- Néolithique, 169.
- Paléolithique, 169.
- Pleistocène, 172.
- Pliocène, 229.
- Récente 167.
- Perlite, 670.
- Perna Mulleti*, Néocomien, 394.
- Permien, définition, 498.
- Supérieur, 499.
- Moyen, 499.
- Inférieur, 504.
- brèches dans le, 505.
- de Saxe, fossiles du, 509.
- trapp de la période du, 726.
- Permanence des aires continentales et océaniques, 126.
- Permienne, flore, 507.
- Permiennes, roches, du Continent, 506.
- Petherwyn, fossiles Devonien de, 590
- Pétrification, procédé de, 58.
- Petrophiloïdes Richardsoni*, fruit protéacé Eocène du, 332.
- Phacops caudatus*, 612.
- *latifrons*, 589.
- Phaladomya fidecula*, Oolithe inférieure, 449.
- Phalangista d'Australie, 183.
- Phascolomys d'Australie, 183.
- Phascolotherium Bucklandi*, 445.
- Phasianella Heddingtonensis* et moule, 37.
- Philippi, sur les coquilles tertiaires de Sicile, 252.
- Phillips (Professeur), sur l'épaisseur du groupe carbonifère, 511.
- sur les fossiles déformés par le clivage, 790.
- sur les termes Mésozoïque et Cainozoïque, 133.
- sur les calcaire et schiste de Wenlock, 610.
- sur le dyke de quatre-vingt-dix brasses, 89.
- sur la série Yoredale, 511.
- Phillips (M. Arthur), sur l'origine de l'or en Californie, 827.
- M. W., sur la composition des roches argileuses, 17.
- Phleboteris contigua*, Oolithe inférieure, 448.
- Phlogopite, 660, 663.
- Pholadomya cuneata*, Sables de Thonet, 338.
- *fidecula*; Oolithe inférieure, 449.

PLAYFAIR

- Phonolithe, 671.
- Phorus extensus*, Argile de Londres, 333.
- Phragmoceras ventricosum*, 607.
- Physa Bristovii*, Purbeck moyen, 415.
- *columnaris*, 33.
- *Hypnorum*, 42.
- Pichstone, 670.
- globiforme, 680.
- Pierre à Bôt, 201.
- Pierre, Age de la, 171.
- Outils et armes en, dans le Danemark et en Suisse, 169.
- Pierreuses, veines, 815.
- Pikermé, fossiles miocènes de, 281.
- Pilotis, constructions sur, en Suisse, 170.
- Pilton, groupe, Devon, 589.
- Pingel (Dr), sur l'exhaussement des couches, 65.
- Pinnularia*, diatomée siliceuse, 362.
- Pinus sylvestris* dans la tourbe, 169.
- Pisolitique, calcaire, de France, 358.
- Placodus gigas*, dent palatine de, 490.
- Placoïdes, rareté des, dans le Vieux Grès Rouge, 582.
- Plagiatulax Becklesii*, troisième pré-molaire du, 417, 418.
- Plagioclastiques, feldspaths, 664.
- Plagiostoma giganteum*, Lias, 454.
- *Hoperi*. Craie, 380.
- Plan de dykes de greenstone, Arran, 682.
- Plans de stratification, définition des, 21.
- Planer-Kalk des Allemands ou craie blanche argileuse, 370.
- Planorbis discus*, Bembridge, 317.
- *euomphalus*, Headon, 42, 319.
- Plantes de l'Oolithe, 447.
- fossiles d'eau douce, 45.
- de la houille, 547.
- du Lias, 466.
- du Miocène supérieur de Suisse, 266.
- de Bovey-Tracey, Miocène, 307.
- Devoniennes d'Amérique, 597.
- Plaque ondulé de grès, 30.
- Plaques palatines ou dentales du *Myliobates Edwardii*, 327.
- Plas-Newyld, dyke traversant un schiste à, 683.
- Plastique, argile, Eocène, 335.
- Platanus aceroïdes*, Miocène supérieur d'Oeningen, 274.
- Platystoma Suessii*, Hallstadt, 485.
- Playfair (M.), sur la quantité moyenne annuelle de dénudation, 121.

PLAYFAIR

- Playfair, sur les failles, 87.
Plectrodus mirabilis, 603.
 Pleistocène, définition, 166.
 — Période, outils en pierre de la, 173.
 — dépôts d'alluvion du, 175.
 — faune éteinte du, 175.
 — climat du, 188.
 — dents de mammifères du, 186.
 — lacs du, en Suisse, 203.
Plesiosaurus dolichodeirus, 461.
Pleurotoma attenuata, Bracklesham, 328.
 — *Exorta*, Eocène, 87.
 — *excavata*, Barton, 44.
Pleurotomaria carinata (flammigera), 568.
 — *anglica* et moule, 57.
 — *granulata*, Oolithe inférieure, 449.
 — *ornata*, Oolithe inférieure, 449.
 Plieninger (Professeur), sur les mammifères Triasiques, 472.
 Pliocène, définition, 164.
 — période, 229.
 — formations glaciaires du, 330.
 — couches du, en Sicile, 251.
 Pliocènes, roches plutoniques, 750.
 — roches volcaniques, 709.
 Pliopithecus de Sansan, 264.
 Plis de couches parallèles, 93.
 Plissement des couches, 70.
 — et dénudation des roches carbonifères de la Nouvelle-Ecosse, 543.
 Plombagine des Massachussets, 777.
 Plombières, eaux alcalines de, 779.
 Plombifères, veines, âge des, 813.
 Plongement des couches, 76.
 Pluie, empreintes de, sur les roches carbonifères, 542.
 Plutonique, origine du mot, 9.
 Plutoniques et Sédimentaires, formations, diagramme des, 757.
 — roches, Crétacées, Oolithiques et Liasiques, 761.
 — Récentes et Pliocènes, 756.
 — Miocènes et Eocènes, 756.
 — Carbonifères et Siluriennes, 762.
 — roches, 734.
 — — âges des, 752.
 — — connexion des roches volcaniques avec les, 743.
 — — incertitudes sur l'âge des, 749.
Podocarya Bucklandi, fruit fossile de, Oolithe, 446.
 Poitiers et La Rochelle, étendue de craie entre, 386.
 Poisson fossile le plus ancien connu, 609.
 Poissons fossiles du Carbonifère, 571.

PRATT

- Poissons éocènes de Monte Bolca, 724.
 — vivants, nombre des, 582.
 — d'eau douce et marins, 46.
 — Triasiques des États-Unis, 494.
 — du Ludlow supérieur, 602.
 — du Vieux Grès Rouge, 578, 581.
 — du schiste marneux du Permien, 502, 504.
 — du Brown-Coal, 720.
 — du Lias, 458.
Polycelia profunda, 563.
 Polycistinées, entrant dans la composition de la vase de l'Océan, 362.
Polypterus du Nil, 580.
 Polyzoaires de la houille, 565.
 — et Bryozoaires, définition, 242.
 — du Crag corallin, 243.
 Pomel (M.), sur les mammifères fossiles de la Limagne, 291.
 Ponce, 674.
 Ponza, îles, pichstone globiforme des, 680.
Porites pyriformis, 591.
 Porphyre, 671, 672.
 Porphyrite, 742.
 Porphyritique, granite, 741.
 Portland, Oolithe et sable de, 429.
 — Cycadées dans le lit de boue de, 424.
 — coupe de, 426.
 — *Vis* de, moule d'une coquille appelée, 429.
 Portlock (le Général), sur les lits de Penarth, 470.
 Porte-Santo, coquilles marines dans le tuf volcanique de, 743.
 Position relative, caractère de l'âge des roches plutoniques, 733.
 Postdam, grès de, 645.
Potamides cinctus, Bassin de Paris, 43.
 Post-Pliocène, période. Voir Pleistocène.
 Post-Tertiaire, définition, 166.
 — roches volcaniques du, 697.
Pothocites Grantoni, terrain houiller, 561.
 Potstones (Pierres-pots), 367.
 Poudingue ou conglomérat, 46.
 Pouzzolane, sa composition, 53.
 Pouzzoles, exhaussement de la terre ferme à, 698.
 Powrie (M.), sur les poissons du Vieux Grès Rouge, 584.
 — sur la Parka decipiens, 586.
 Pratt (M.), sur les Ammonites de l'argile d'Oxford, 436.
 — sur les mammifères de l'île de Wight, Eocène, 317.

PRÉDOMINANCE

- Prédominance des lacs concordant avec l'action glaciaire, 222.
 Pression et chaleur, leur action sur les couches, 53.
 Prestwich (M.), sur l'épaisseur du Crag corallin, 242.
 — sur la faune marine à Vale Royal, 218.
 — sur les fossiles de l'Eocène inférieur, 331.
 — sur les fractures des couches, 87.
 — sur les outils en silex d'Amiens, 177.
 — sur les coquilles de transport de Macclesfield, 218.
 — sur les insectes de la houille, 520.
 — sur les erratiques transportés par la glace dans le Crag corallin, 246.
 — sur les sables de Thanet, 338.
 — sur les failles dans l'Etage houiller de Coalbrook Dale, 526.
 — sur les coquilles de l'argile de Londres, 331.
 Prevost (M. Constant), sur l'Eocène supérieur de France, 339.
 — sur le Bassin de Paris, 339.
 Primaire, calcaire, 772.
 — série, 497.
 — définition du mot, 435.
 Primaires, roches, 601.
 Primitives, roches, expression mauvaise, 13.
 Primordiale, zone, de Bohême, 634, 643.
 Principes de classification, 159.
Productus horridus, calcaire magnésien, 501.
 — *semireticulatus (antiquatus)*, 567.
 Progressif, développement, indiqué par le degré inférieur des mammifères anciens, 495.
 Profondeur de la mer comparée à celle de la terre ferme, 127.
 Protéacées des lits d'Oeningen, 275.
 — de la flore d'Aix-la-Chapelle, 383.
 — de la Molasse Inférieure, Suisse, 295.
 Protogyne, 742.
 Protosaurus de Thuringe, 502.
 Provinces zoologiques d'animaux et de plantes, 139.
Psammodus porosus, 571.
Pseudocrinites bifasciatus, Silurien, 612.
Psulophyton princeps, Devonien, 596.
 Pteraspis dans le schiste du Ludlow inférieur, 609.

QUEENAIG

- Pterichtys*, Vieux Grès Rouge, 583.
 Pterodactyle de la Craie du comté de Kent, 376.
Pterodactylus crassirostris, Squelette de, Solenhofen, 431.
Pterygotus anglicus, 584, 585.
Ptychodus decurrens, Craie blanche, 375.
 Punfield, couches d'eau douce et marines de, 405.
Pupa muscorum, 180.
 — *vetusta*, houille, 540.
 — *tridens*, Loess, 43.
 Purbeck, formation du, 410.
 — couches du, 413.
 — Supérieur, 413.
 — marbre du, 413.
 — Supérieur, Cypris du, 414,
 — Moyen, Cypris du, 415,
 — Moyen, 414.
 — Inférieur, 423.
 — Cypris du, 423.
 — sous-divisions du, 427.
 Pureté de la houille, cause de la, 521.
Purpura tetragona, Crag Rouge, 239.
Purpuroidea nodulata, grande Oolithe, 442.
 Puy de Côme, laves du, 702.
 — de Tartaret, courant de lave et cône du, 701.
 — de Pariou, cône du, 703.
Pygopterus mendibularis, Permien, 504.
 Pyramides construites de calcaire nummulitique, 349.
 Pyrénées, craie altérée par le granite dans les, 753.
 — couches courbées dans les, 83.
 — lamellation du schiste argileux dans les, 796.
 — formation nummulitique des, 350.
 Pyroxène, groupe du, 665.
Pyruia reticulata, Crag corallin, 245.
- QUADRUPÈDES éteints dans les graviers paléolithiques, 175.
 Quadrumanes du Gers, 264.
 Quader Supérieur des Allemands ou grès siliceux, 370.
 Quâquâversal, plongement, 80, 654.
 Quartz, groupe du, 663.
 — porphyre, 742.
 — veines de, Christiania, 749.
 — poids spécifique du, 663.
 — roche de, 771.
 Quartzite, 771.
 Queenaig, couches paléozoïques discordantes près de, 120.

QUEENSTEDT

- Queenstedt (Professeur), sur les fossiles du Trias, 472.
 — sur les zones du Lias, 458.
 Queues de poissons homocerques et hétérocerques, 503.
- RADABOJ, Brown-Coal du Miocène de, 303.
Radiolites foliaceus, Craie blanche de France, 387.
 — *Mortoni*, Craie blanche, 373.
 — *radiosa*, Craie blanche de France, 387.
 Radnorshire, trapp stratifié dans le, 731.
 Ramsay (Professeur), sur les brèches du Permien, 505.
 — sur l'étendue de la terre ferme dans la période Permienne, 506.
 — sur la dénudation, 401.
 — sur l'hiatus entre le Crétacé supérieur et le Crétacé inférieur, 581.
 — sur les escarpements, 381.
 — sur l'épaisseur du Bunter, 477.
 — sur l'origine continentale du Permien, 506.
 — sur l'origine continentale du Trias, 481.
 — sur l'épaisseur des Lingula flags, 638.
 — sur la formation des lacs, 223.
 — sur les roches métamorphiques Siluriennes, 804.
 — sur la submersion dans la période glaciaire, 218.
 — sur les glaciers des Galles, 218.
 — sur les couches de Dundry Hill, 144.
 — sur les tufs volcaniques du Snowdon, 732.
 — sur l'origine lacustre du Vieux Grès Rouge, 481.
 — sur les zones du Lias, 453.
 Rapports de la faune du Crag avec celle des mers récentes, 247.
 Rapports géographiques des fossiles, 186.
Rastrites peregrinus, 623.
 Rath (Vom), sur la Trydimite, 663.
 Reading et Woolwich, séries de, 335.
 Récente, période, 167.
 — — outils et faune de la, 168-172.
 Redruth, mine de, coupe de veines dans la, 811.
 Recouvrement, couches en, 95.
 Relistran, mine de, galets dans un filon d'étain de la, 814.

ROCHES

- Renne, période du, dans le midi de la France, 172.
 Reptiles du Lias, 460.
Requin, hétérocerque, 503.
Retepora flustracea, Permien, 500.
 Rétinite, 670.
 Rhétiques, couches, 469.
 Rhin, couches d'eau douce du, 39.
 — loess du, 179.
 Rhinocéros dans le drift d'Abbeville, 178.
Rhinoceros leptorhinus, R. *Megarhinus*, molaire, 193.
 — *tichorhinus*, molaire, 193.
 Rhizopodes de la Craie, 362.
 Rhode Island, roches métamorphiques de, 778.
Rhynchonella octoplicata, Craie blanche supérieure, 371.
Rhynchonella navicula, Ludlow, 604.
 — *spinosa*, Oolithe inférieure, 449.
 — *Wilsoni*, Aymestry, 606.
 Richmond, bassin houiller de, Virginie, 493.
 Rigi et Speer, Miocène du, 293.
Rimula Clathrata, Grande Oolithe, 442.
 Rink, sur les glaciers du Groenland, 206.
 Ripidolite, 660.
Rissoa Chasteli, Hempstead, 306.
 Rivières, pouvoir dénudant des, 104, 122.
 Roches aqueuses, 3.
 — argileuses, moyen de les reconnaître, 17.
 — calcaires, 17.
 — siliceuses ou arenacées, 16.
 — altérées par les dykes volcaniques, 684.
 — altérées par des veines granitiques, 745.
 — chronologie des, 132.
 — contournées dans la plus grande des îles des Cyclopes, 705.
 — crétacées aux Etats-Unis, 388.
 — de Kelloway, 436.
 — métamorphiques, âge des, 767.
 — — définition des, 3.
 — — ordre de succession des, 804.
 — plutoniques, définition, 9.
 — — âge des, 734.
 — — carbonifères, 762.
 — — crétacées, 761.
 — — de l'Oolithe et du Lias, 761.
 — — Siluriennes, 763.
 — — tertiaires, 756.
 — trappéennes, leurs rapports avec les produits des volcans actifs, 687.

ROCHES

- Roches volcaniques, 7.
 — — âge des, 690.
 — — Cambriennes, 732.
 — — de l'Oolithe, 726.
 — — du Lias, 726.
 — — du Nouveau Pliocène, 703.
 — — Eocènes, 722.
 — — Laurentiennes, 733.
 — — du Miocène, 713.
 — — Miocènes en Auvergne, 720.
 — — Pliocènes, 709.
 — — Post-Tertiaires, 697.
 — — Siluriennes, 731.
 Rogers (M. H. D.), sur la composition de la houille des Monts Alleghanys, 523.
 — sur les failles de la Virginie, 91.
 — sur la réunion des lits de houille, 519.
 Rose (Gustave), sur la pesanteur spécifique du granite, 739.
 — sur l'isomorphisme, 666.
 — sur le dyke du Fifeshire, 728.
 — sur le quartz dans le granite, 739.
 — sur la production artificielle du hornblende, 666.
 Rosso antiquo, porphyre rouge d'Égypte, 672.
Rostellaria (Hippocrenes) ampla, Argile de Londres, 333.
 Roth (M.), sur le Miocène de Grèce, 281.
 Rothliegendes, couches du Permien, 507.
 Rudistes, ordre des, 374, 387.
 Runn de Cutch, sel du, 482.
 Rupeliennes, couches, de Dumont, 302.
 Rupelmonde, Miocène inférieur de, 303.
 Ruppert Jones (M.), sur l'Eozoon Canadense, 648.
 Russie, alluvion aurifère de, 823.
 — action glaciaire en, 209.
 — roches Permiennes de, 507.
 — roches Siluriennes de, 628.
 — Devonien de, 595.
 SAARBRUCK, reptiles dans le terrain houiller de, 527.
Sabal major, Miocène inférieur, 295.
 Sables de Bagshot, 325.
 — de Bracheux, 315, 348.
 — — mammifères tertiaires plus anciens dans les, 422.

SCHISTE

- Sables de Hastings, 402.
 — moyens, bassin de Paris, 315, 344.
 — Soissonnais, 315, 346.
 — de Thanet, 338.
 Sahlite, 665.
 Saint-Andrews, roches trappéennes carbonifères de, 727.
 Saint-Bees-Head, Permien de, 499.
 Saint-Jean-de-Luz, couches courbées de, 83.
 Saint-Pétersbourg, roches Siluriennes de, 628.
 Saint-Cassian et Hallstadt, couches de, 484.
 — — mollusques fossiles des, 486.
 Saint-David, lits Meneviens de, 639.
 Saint-Abb's-Head, couches courbées de, 70.
 Saint-Acheul, outils en silex de, 178.
 Saint-Peter's-Mount, couches Maestricht de, 337.
 Sainte-Hélène, série de, 318.
 Salisbury, outils en silex trouvés à, 189.
 Salter (M.), sur les ardoises de Trémadoc, 635.
 — sur les fossiles des Arenig, 626.
 — sur les lits Meneviens, 639.
 — sur les fossiles de Trémadoc, 636.
 San-Caterina, couches courbées et ondulées près de, 84.
 Sandberger (Dr F.), sur les formations tertiaires de Mayence, 302.
 Sanidine, 671.
 Sansan, vertébrés Miocènes de, 264.
Sao hirsuta, 644.
 Sauriens, destruction subite des, 463.
 — du Lias, 460.
Saurichthys apicalis, couches Rhétiques, 471.
 Saussure, sur le conglomérat vertical, 67.
 Saxe, couches de minéraux en, 815.
 — empreintes de pas du Cheirotherium en, 477.
 — roches permiennes de, 508.
Saxicava rugosa, transport Ecosais, 112.
 Scandinavie et Russie, action glaciaire en, 209.
Scaphites aequalis, marne chloritique, 377.
 Scapolite, 662.
 Scheerer, sur l'action de l'eau dans le métamorphisme, 780.
 Schiste, définition du, 9.

SCHISTE

- Schiste marneux, 49.
 — amphibolique, 769.
 — actinolite, 770.
 — argileux-argilacé, 771.
 — micacé, 770.
 — de Stonesfield, mammifères du, 442.
 Schisteux, clivage, 785, 794.
 Schimper (Professeur), sur l'Astero-phyllites, 554.
Schizodus Schloteimi, 499.
 — *truncatus*, Permien, 499.
 Schmerling (Dr), sur les cavernes près de Liège, 183.
 Schwabb et Desor, découverte de monnaies celtiques à la Thène, 171.
Scoliostroma, Saint-Cassian, 485.
 Sconce, lits Bembridge à, 316.
 Scoresby, sur les bancs de glace flottants (icebergs), 206.
 Scories, 653.
 Scrope (M.), sur le feuilletage des schistes cristallins, 796.
 — sur la formation des laves feldspathiques, 696.
 — sur les minéraux dans la lave, 696.
 — sur l'eau dans la lave, 739.
 — sur les volcans Mécènes d'Auvergne, 723.
 — sur le pitchstone globulaire de l'île Ponza, 680.
 Scudder (M.), sur les insectes Devonien du Canada, 599.
 Searles-Wood, junior (M.), sur les formations glaciaires, 232.
 Searles-Wood (M.), sur les coquilles de Bridlington, 230.
 — sur les mollusques du Crag, 237.
 — sur les couches de Chillesford et Aldeby, 230.
 — sur les poissons de la série Headon, 320.
 — sur les mollusques du Crag corallin, 243.
 — tableau des testacés marins du Crag, 248.
 — sur l'épaisseur du Crag corallin, 242.
 — sur les testacés du Crag, 248, 249, 250.
 — sur la classification des sables de Weybourne, 232.
 — sur les testacés des faluns, 262.
 Secondaires et tertiaires, formations, lacune entre les, 134.
 Sedgwick (Professeur), sur le calcaire magnésien, 498.

SILEX

- Sedgwick (Professeur), sur le clivage schisteux, 785.
 — sur la structure concrétionnaire, 54.
 — sur le grenat dans les roches altérées, 684.
 — sur les formations des monts Arenig, 626.
 — sur les grès du Devon, 588.
 — sur la position des couches May-Hill, 615.
 — sur le Llandovery supérieur, 615.
 — sur le mot Cambrien, 633.
 — sur le mot Devonien, 573.
 Sédiment, accumulation de, causant un déplacement des degrés isothermes de chaleur souterraine, 125.
 *Sédimentaires, roches, leur composition, 15.
 Selsea-Bill, coquilles marines de, 219.
 Sel gemme, origine du, 480.
 Sénarmont, sur l'action de l'eau dans le métamorphisme, 780.
 Senonien de France, série crétacée du, 356.
Sequoia Langsdorfii, 297.
Seraphin, tête du Pterygotus Anglicus, 585.
 Serapis, plages exhaussées de, 168.
 Série de Barton, 322.
 — de Bembridge, 315.
 — chloritique, 377.
 — de Headon, 318.
 — d'Osborne ou de Sainte-Hélène, 318.
 Serpentine, 770.
 Serpule adhérent à une gryphée, 33.
 — — à un spatangus, 34.
 — — à l'Apicrinus, 440.
 — — à un micraster de la Craie, 34.
 Sharpe (M. D.), sur les mollusques recueillis dans l'Amérique du Nord, 632.
 — sur la théorie du clivage, 791.
 Sheppey, faune et flore de, 331.
 — poisson Eocène de, 332.
 Sherringham, blocs erratiques à, 233.
 Siebengebirge, Brown-Coal des, 719.
Sigillaria levigata, 555.
 Sigillariées dans la houille, 532, 555.
 Silex de la Craie, 366.
 — trouvés à Abbeville et Amiens, 176.

SILICE

- Silice gélatineuse, 738.
 Siliceux, calcaire, 18.
 Siliceuses, roches, 16.
 — — moyen de reconnaître les, 16.
 Silurien, définition du mot, 600.
 — granite, de Norwège, 762.
 — groupe, 592.
 — supérieur, 601.
 — — lit à ossements du, 602.
 — inférieur, 617.
 Siluriennes, couches, du continent européen, 628.
 — — des Etats-Unis, 630.
 — roches, classification des, 599.
 — — plutoniques, 763.
 — — volcaniques, 731.
 Singes fossiles du Miocène supérieur, 265.
Siphonotreta unguiculata, grès grossiers à Obolus, 629.
 Skaptar Jokul, coulée de lave du, 695.
 Skye, île de, dykes dans l', 682.
 — syénite de l'île de, 758.
 — roches hypersthènes de l'île de, 647.
 Slicken-Sides dans les parois opposées des veines, 813.
 — surfaces de glissement, définition des, 85.
Smilax sagittifera, Miocène supérieur d'Oeningen, 274.
 Smith (William), sur le Lias blanc, 469.
 Snowdon, tufs stratifiés dans les, 731.
 Soissonnais, sables, 315, 346.
 Solenhofen, pierre de, 431.
 — fossiles de, 432.
 Solent, argile Wealdienne sous la, 339.
 Solfatare, décomposition des roches dans la, 781.
 Somma, ancien cône du Vésuve, 698.
 — dykes de la, 699.
 Sopwith (M. T.), modèles d'affleurement des couches, 82.
 Sorby (M.), sur les cavités à fluides du granite, 739.
 — sur les productions des roches volcaniques, 740.
 — sur la condensation des roches, 793.
 — sur la théorie mécanique du climat, 791.
 — sur les sables ondulés, 797.
 — sur l'action de l'eau dans le métamorphisme, 780.
 Sous-jacentes, terme appliqué aux roches plutoniques, 14.

STIGMARIA

- Soulèvement, cratères de, 654.
 South-Joggins, coupe de falaises à, 544.
 Sources minérales d'Auvergne, 781 809.
 Sous-marine, dénudation, 109.
 Souterraine, chaleur, affectée par le transport du sédiment, 125.
 Spalacotherium, Purbeck, 416.
Spatangus radiatus, 358.
 — avec serpule adhérente, 34.
 Spath pesant, 820.
 Spécifique, poids, du basalte et du trachyte, 669.
 — — des minéraux volcaniques, 658.
 Speer et Rigi, Miocène inférieur de, 293.
 Speeton, Argile de, 396.
Sphenophyllum erosum, 554.
Sphenopteris gracilis, sables de Hastings, 405.
Sphærezochus mirus, Silurien, 612.
Sphærium (Cyclas) corneus, 41.
Sphærutiles agariciformis, Craie blanche, 387.
 Sphéroïdal, trapp, 680.
 Sphéroïdales, concrétions, dans la Craie, 54.
Spicule d'éponge, limon atlantique, 362.
Spirifera alata, calcaire magnésien, 501.
 — *disjuncta*, Devonien, 589.
 — *trigonalis* et *S. glabra*, 567.
 — *mucronata*, 594.
Spiriferina spirifera Walcotii, Lias inférieur, 453.
 Spirifères, calcaire à, du Rhin, 594.
Spirolina stenostoma, Eocène, 345.
Sporobis carbonarius, terrain houiller, 525.
Spondylus spinosus, Craie blanche supérieure, 372.
Sporanges et spores de la houille, 536.
 Squales, dents de, Bracklesham, 327.
 Staffa, âge du basalte colonnaire de, 719.
 Stalactites, explication de leur formation par Liebig, 183.
Stauria astriformis, 563.
 Stereognathus de Stonesfield, 442.
 Sternberg (Comte), sur les insectes de la houille, 526.
Stigmalaria faisant suite à un tronç de Sigillaria, 556.
Stigmalaria fœoides et surface montrant les tubercules, 557.

STIGMARIÉES

TABLEAU

- Stigmariées dans le terrain houiller, 532, 556.
 Stilbite, 662.
 Stiper Stones ou Arenig, groupe des, 625.
 Stockwerk, assemblage de veines, 810.
 Stomates des Protéacées crétacées, 384.
 Stone-lilies (lis de pierre), 456.
 Stonesfield, mammifères du schiste de, 442.
 Stoppani (Professeur), sur la faune marine d'Esino, 488.
 Stratification concordante, porphyres en, 749.
 — des roches, 631.
 — explication de ce mot, 4.
 — discordante, 94.
 — diagonale, fausse ou croisée, 24.
 — formes de, 20.
 — joints et clivage, coupe, 788.
 — verticale, inclinée et courbe, 67.
 Stries, production des, 202.
 — pavements à, 214.
 Strickland (M.), sur l'épaisseur du Keuper, 474.
 — sur les zones du Lias, 452.
Stricklandinia livata, 616.
Stringocephalus Burtini, 592.
Strombodes, 565.
 Stromboli, lave de, 755.
Strophomena depressa, Wenlock, 642.
 — *grandis*, 618.
 Strozzi (Marquis), sur la flore Pliocène d'Italie, 257.
 Structure de la houille, 535.
 — concrétionnée, 53.
 Structures colonnaire et globulaire, 676.
 Studer (M.), sur le gneiss de la Jungfrau, 801.
 Subaérienne, dénudation, 98.
 — — taux moyen annuel de la, 121.
 Subapennines, couches, 256.
 — — proportion des espèces récentes dans les, 164.
 Subdivisions du Crétacé Supérieur, 356.
 — du Crétacé Moyen, 356.
Succinea elongata, 180.
 — *amphibia*, Loess, 42.
 Suède, Cambrien de, 644.
 — minerais ferrugineux dans les lacs de, 481.
 — exhaussement lent de la terre ferme en, 65.
 — faible épaisseur des couches Siluriennes en, 628.
- Suess (M.), sur les couches de Hallstadt, 485.
 — sur le Miocène supérieur de Vienne, 279.
 Suffolk, terrain de transport des falaises du, 231.
 — Crag du, 234.
Sunk Country (contrée enfoncée), New-Madrid, 522.
 Suisse, molasse inférieure de, 292.
 — profondeur des lacs de, 225.
 — habitations lacustres de, 170.
 — insectes liasiques de, 461.
 — Miocène supérieur d'Oeningen en, 265.
 Superga, Miocène de la, 304.
 Supérieur, lac, marne molle dans le, 53.
 — grès vert, ou série Chloritique, 377.
 Superposition, caractère pour déterminer l'âge des roches, 136.
 — des couches, ordre de, 153.
 — caractère pour distinguer l'âge des roches volcaniques, 690, 692.
 Sutherlandshire, couches Paléozoïques discordantes dans le, 118.
 Swanage, fossiles mammifères trouvés à, 416.
 Sutton, nodules phosphatés à, 242.
 Siwalik, monts, Miocène supérieur des, 281.
 Syénite, 666.
 — composition de la, 735, 743.
 Sydney, terrain houiller de, empreintes de pluie dans le, 542.
 Symonds (Rév. W. S.), cité, 217.
 Synclinales, lignes, 69.
 — courbures, 67.
- TABLEAU de la Nomenclature Botanique, 384.
 — des mollusques fossiles de St. Cassian, 486.
 — des formations crétacées, 356.
 — de la série Devonienne dans le Devon, 589.
 — des divisions du sable de Hastings, 402.
 — des couches Eocènes de France et d'Angleterre, 314.
 — des formations faisant suite au lit forestier de Cromer, 232.
 — des âges des vertébrés fossiles, 608.
 — des couches Néocomiennes, 391.

TABLEAU

Tableau des mammifères plus anciens que le gypse de Paris, 421.
 — des testacés marins dans le Crag, 248.
 — des couches Oolithiques, 411.
 — des minéraux volcaniques, 658
 — des couches siluriennes des États-Unis, 630.
 — des termes botaniques, 384.
 — des formations Glaciaires et Post-Glaciaires, 232.
 — des couches Triasiques d'Allemagne, 483.
 — des roches Siluriennes, 601.
 — des couches Cambriennes, 635.
 — du Permien du nord de l'Angleterre, 499.
 — des divisions du groupe carbonifère, 511.
 — de l'épaisseur du calcaire carbonifère, 512.
 — de l'épaisseur des couches sédimentaires, 512.
 — général des couches fossilifères, 146.
 — synoptique des couches fossilifères, 147.
 — des couches fossilifères les plus inférieures connues de Russie, 629.
 — des fossiles britanniques, 831.
 Table Mountain, veines granitiques traversant le schiste argileux de, 747.
 — couches horizontales élevées de 64.
 Tachylite, mot appliqué au basalte, 669.
 Talc, 660.
 Talqueux, granite, 742.
 — gneiss, 769.
 Tartaret, cône et lave du, 701.
 Tate (M.), sur les fossiles de St. Cassian, 486.
 Tealby, série du Néocomien Moyen, 396.
Tellina balthica, *T. solidula*, 231.
 — *calcareo*, *T. proxima*, 213.
 — *obliqua*, Crag, 237.
Temnechinus excavatus, Crag corallin, 245.
Temnopleurus excavatus, Crag corallin, 245.
Tentaculites annulatus, Silurien, 616.
 Terrain de transport des falaises du Norfolk et du Suffolk, 231.
 — — glaciaire, son caractère et sa distribution, 196.
 Terrain houiller d'Amérique, empreintes de pas dans le, 529.
Terebellum fusiforme, Barton, 324.

THOMSON

Terebellum sopita, Barton, 326.
Terebratula affinis, Aymestry, 606.
 — *biplicata*, Crétacé supérieur, 371.
 — *carnea*, Craie blanche supérieure, 371.
 — *digona*, argile de Bradford, 442.
 — *flimbria*, Oolithe inférieure, 449.
 — *hastata*, Calcaire de Montagne, 568.
 — *sella*, Néocomien de Hythe, 393.
 — *Wilsoni*, Aymestry, 606.
Terebratulina striata, Craie blanche, supérieure, 371.
Terebrirosta lyra, sable chloritique, 380.
Teredo navalis, perforant le bois, 35.
 Terminales, moraines, 199.
 Terre à brique, 179.
 — sèche, comment est maintenue la balance de la, 223.
 — la, a été élevée et la mer ne s'est pas abaissée, 62.
 — ferme, hauteur moyenne au dessus de la mer de la, 123.
 — à foulon, 447.
 — ferme, exhaussement de la, en Suède, 63.
 — exhaussement et abaissement de la, influencés par la dénudation, 105.
 Terre-Neuve, banc de, 111.
 Terrestre, croûte, sa définition, 2.
 — — changements de niveau dans la, 167.
 — glace, action de la, au Groenland, 204.
 Tertiaires, formations, 135.
 — roches plutoniques, 756.
 — roches, subdivisions des, 163.
 — formations, classification des, 155
 Testacés marins du Crag, espèces connues des, tableau numérique des, 248.
 Thallogènes, 384.
Thamnastræa, Coral Rag, 434.
 Thanet, sables de, 338.
Theca operculata, couches de Trémadoc, 636.
Thecodontosaurus, dent de, 480.
Thecodus Parvidens, Ludlow, 603.
Theconilia annularis, Coral Rag, 434.
 Théorie du clivage par cristallisation, 789.
 — mécanique du clivage, 790.
 Thirria (M.), sur le calcaire à nérinées, 436.
 Thomson (Dr T.), sur les Nummulites, 349.

THOMSON

- Thompson Wyville, sur le limon de l'Atlantique, 363.
 — sur les profondeurs de la mer, 127, 458.
 — sur les éponges dans la boue crayeuse, 367.
 Three Rock Mountain, transport de, Irlande, 230.
 Thun, lac de, coquilles terrestres près du, 39.
 Thurmann (M.), sur les formations de l'Oolithe du Jura Bernois, 441.
 — sur la structure du Jura, 79.
 Thuringe, monitor de, 502.
Thylotherium Prevotii, Stonesfield, 445.
 Tigre, dent canine de, 195.
 Tilgate, couches forestières de, Iguanodon fossile dans les, 403.
 Tilestones, pierres à tuiles du Cornbrash, 437.
 Till, définition, 197.
 — Écossais, mammifères dans le, 211.
 — de l'Amérique du Nord, 220.
 Titanoferrite, 662.
 Tithoniennes, roches, du Continent, 392.
 Tongrien de Dumont, 321.
 Torbay, roches Devonniennes de, 589.
 Torrell (Dr), sur les fossiles du Cambrien de Suède, 645.
 — sur les glaces du Groenland, 206.
 — sur les coquilles du transport Écossais, 213.
 Toscane, sources minérales de, 808.
 Touraine, faluns de, 259.
 Tourbe du Danemark, 163.
 Tourmaline, 660.
 Trachytiques, roches, 657, 670.
 — tuf et porphyre, 674.
 — laves, âge des, 693.
 Transport, cailloux de, dans la craie, 369.
 Trapp, définition, 656.
 — couches intersectant un dyke de, 688.
 — dykes de, 681, 685.
 — intrusion de, entre les couches, 686
 — tuf, sa description, 674.
 Trappéennes, roches, âges des, 654.
 — — Nomenclature des, 656.
 — — rapports des, avec les volcans actifs, 689.
 Trafs de l'Eifel inférieur, 711.
 Travertin inférieur du Bassin de Paris, 315, 343.
 — mode de dépôt du, 49.
 Tremadoc, ardoises de, et leurs fossiles, 635.

TURNER

- Tremblement de terre à la Nouvelle-Zélande, 203, 225.
 Tremolite, 660, 665.
 Trenton, calcaire de, fossiles du, 631.
 Trezza, roches volcaniques de, 704.
 Trias d'Angleterre, 473.
 — supérieur ou Keuper, 473.
 — inférieur d'Angleterre, 477.
 — d'Allemagne, 483.
 — nomenclature du, 483.
 — ou groupe du Nouveau Grès Rouge, 469.
 — Sauriens du, 426.
 — des États-Unis, 491.
 Triasiques, mammifères, 471, 494.
 Triclinique, feldspath, 664.
 Triconodon major dans le Purbeck moyen, 419.
 Tridymite, silice cristallisée, 663.
Trigonia caudata, Néocomien supérieur, 393.
Trigonia Gibbosa, Pierre de Portland, 429.
Trigonellites latus, argile de Kimmeridge, 430.
Trigonocarpum ovatum, et *T. otiviforme*, 559.
 Trilobites du Cambrien Supérieur, 643.
 — du grès de Harlech, 642.
 — de la zone primordiale, 642.
 — métamorphoses des, 644.
 — des couches de Bala et Caradoc, 649.
Triloculina inflata, Eocène, 345.
 Trimmer (M.), sur les roches contournées du terrain de transport, 215.
 — sur des coquilles marines près du Moel Tryfaen, 217.
Trinucleus concentricus, *T. ornatus*, *T. caractaci*, 620.
Trionyx, portion de carapace de Bembridge, 315.
 Triple, groupe, ou Trias, 473.
 Tripoli composé de diatomées, 37.
Trochoceras giganteus, Ludlow, 607.
Trophon antiquum (Fusus contrarius), 240.
 — *clathratum*, Transport écossais, 213.
 Tuf trachytique, 671.
 — volcanique, 674.
 — trapp, 674.
 — définition du, 8.
 — coquillier de Gergovia, 723.
 — de la Grande Canarie, 715.
 Tunbridge, sablières de, 403.
 Turner (Dr), sur la formation de la matière minérale, 60.

TUPAIA

- Tupaia Tand*, mâchoire de, 444.
Turritiles costatus, craie inférieure, 377.
Turritella multisulcata, Bracklesham, 328.
 Tuyaux de la houille (coal pipes), leur danger, 517.
 Tylor (M.), sur la quantité de dénudation subaérienne, 121.
 Tyndall (Dr), sur le clivage schisteux, 794.
 Tynemouth, falaise de, calcaire à brèches de la, 500.
 Tynedale, faille de, 89.
 Type marin ou Devonien, 587.
Typhis pungens, argile de Barton, 324.
- UNCITES** *Gryphus*, Devonien, 592.
 Unger (Professeur), sur les plantes fossiles du Miocène inférieur de Croatie, 303.
 — sur les formes américaines dans la flore Miocène de Suisse, 276.
 Ungulite ou grès grossier à *Obolus* de Russie, 628.
 Uniformité du caractère minéral dans les roches hypogènes, 803.
Unio littoralis, récent, 41.
 — *Valdensis*, sables de Hastings, 404.
 Upsala, erratiques sur le terrain de transport moderne près d', 210.
Ursus spelæus, dent canine, 194.
 Urville (Capitaine d'), sur des îles de glace flottantes, 207.

- VAL supérieur de l'Arno, Nouveau Pliocène du, 254.
 Vale Royal, faune marine de, 218.
 Vallées, origine des, 104.
 Valorsine, veines granitiques dans le gneiss talqueux, 800.
Valvata piscinalis, Essex, 42.
Vanessa Pluto, Miocène inférieur de Croatie, 303.
 Vase d'inondation des rivières, 179.
 Vaucluse, vertébrés Miocènes de, 264.
 Végétation de la période houillère, 547.
 Veines de quartz traversant le gneiss et le greenstone, 749.
 — formation successive des, 815.
 — pierreuses, 815.
 — contraction et dilatation des, 818.

VOLCANIQUE

- Veines granitiques traversant le schiste hornblendique, 748.
 — granitiques, 745.
 — — traversant le schiste argileux 747.
 — — — le gneiss, 747.
 — minérales, différentes sortes de, 809.
Venericardia planicosta, 325.
 Venetz (M.), sur les glaciers des Alpes, 201.
 Vent, action dénudante du, 98.
Ventriculites radiatus, Craie blanche, 369.
 Verneuil (M. de), sur les fossiles du Ludlow, 606.
 — sur les roches Permienne de Russie, 597.
 — sur le Silurien de Russie, 603.
 Vertébrés fossiles, progrès des découvertes des, 607.
 Verticales, couches, 67.
 Vésuve, volcan du, 698.
 — couches tufacées du, 694.
 — dykes du, 699.
Vicarya Lugani, Weald, 406.
 Vicentin, basalte colonnaire dans le, 678.
 Vienne, bassin de, Miocène supérieur du, 279.
 Vigne dans les couches du Miocène à Oeningen, 266.
 Vieux Grès Rouge, classification du, 473, 573.
 — supérieur, 576.
 — moyen, 579.
 — inférieur, 583
 — poissons fossiles du, 580.
 — trapp de la période du, 729.
 — origine continentale du, 574.
 — dyke coupant à travers le, 770.
 Vieux Pliocène, couches du, 237.
 — d'Italie, 256
 — et Miocène des Etats-Unis, 283.
 Virginie, bassin houiller de la, 493.
 — faille de 80 milles en, 91.
 Virlet (M.), sur des fossiles trouvés dans les veines, 814.
 — sur la corrosion des roches par les gaz, 781.
 — sur les trapps crétacés de Grèce, 725.
 — sur les roches volcaniques de Morée, 725.
 Vitreuses, cavités, 739.
 Volcanique, cendre ou tuf, 674.
 — brèche, 674.
 — force, et de la dénudation, antagonisme de la, 123.
 Volcanique, Vieux Grès Rouge, 729.

VOLCANIQUES

- Volcaniques, roches, 651.
 — cônes et cratères, 652.
 — dykes, 681.
 — montagnes, structure et origine des, 652.
 — minéraux, composition des, 658.
 — roches, Post-Tertiaires, 697
 — — Pliocènes, 703.
 — — Miocènes, 720.
 — — Eocènes, 722.
 — — Crétacées et Liasiques, 725.
 — — des Nouveau Grès Rouge, Permien et Carbonifère, 726.
 — — Siluriennes, Cambriennes et Laurentiennes, 731.
 — — d'Auvergne, 654, 720.
 — — structure colonnaire et globulaire des, 676.
 — — de la Grande Canarie, 715.
 — — formes spéciales de structure des, 674.
 — — caractères de l'âge des. 69).
 Volcans pliocènes de l'Elifel, 710.
 — éteints, 720.
Voluta ambigua, Argile de Barton, 324.
 — *athleta*, Barton, 324.
 — Junonia, vivante, 240.
 — *Lamberti*, caractéristique des faluns de Touraine, 263.
 — *Lamberti*, Crag rouge et corallin, 239.
 — *nodosa*, Argile de Londres, 333.
 — *selaciensis*, Bracklesham, 328
Voltzia heterophylla, brevisfolia, 490.
 Von Buch (Léopold), sur les cratères de soulèvement, 654.
 — sur les roches plutoniques siluriennes, 763.
 Vosges, montagnes des, Trias des, 490
- WACKE, sa description, 675.
 Wadhurst, argile de, 402.
 Wagner (M.), sur le Miocène de Grèce, 281.
Walchia piniformis, Permien, 508.
 Wallich (Dr), sur les globigerinées, du limon de l'Atlantique, 363.
 — sur les silex de la Craie, 366.
 Walton, Crag de, 239.
 Waterhouse (M.), sur la Tupaia Tana, 445.
 — sur les mammifères de la Limagne, 292.
 Water-Stones du Cheshire, 480.
 Watt (Grégoire), sur la fusion des roches, 778.

WYMEN

- Weald, origine de ce mot, 398.
 — argile et fossiles du, 399.
 — coupe du, 390.
 — épaisseur du, 408.
 — étendue du, 407.
 — flore du, 408.
 — poissons du, 403.
 Wealdienne, formation, 398.
 Webster, sur la nomenclature des roches, 161.
 Wener, lac, dépôts siluriens du, 64.
 Wellington-Valley, cavernes de, 185
 Wenlock, fossiles de la formation de, 610.
 — calcaire de, 610.
 — schiste de, 613.
 Werner, sur l'isomorphisme, 665.
 — sur des veines minérales en Saxe, 815.
 Westbury sur Severn, lits Rhétiques de, 470.
 Wexford, veines de cuivre du, 823.
 Westwood (M.), sur les coléoptères du Lias, 465.
 Whimper (M.), sur les plantes Miocènes artiques, 299.
 Whitaker (M.), sur la nature des falaises, 108.
 Whitecliff-Bay, Eocène de, 318.
 Whitney (Professeur), sur l'or de la Californie, 826.
 Williams (M.), sur les filons des Cornouailles, 812.
 Williamson (Professeur), sur la Sternbergia, 558.
 — sur les empreintes de pas d'un Cheirotherium, 477.
 — sur l'épine de l'Ostracéon, 327.
 — sur les végétaux fossiles de la houille, 554.
 Witham, sur les végétaux fossiles, 59.
 Woodbridge, argile de Londres à, 334.
 Wood (M.). Voir Searles Wood (M.).
 Woodward (M.), sur la classification des couches du Crag, 237.
 Woodward (S. P.), sur les espèces fossiles des îles Canaries, 716.
 — sur les mollusques, 40.
 Woolhope, lits de, 614.
 Woolwich et Reading, séries de, 335.
 Wright (Dr), sur la Chama squamosa, 322.
 — sur les zones du Lias, 452.
 Wünsch (M. E. A.), sur les arbres, dans les condres volcaniques d'Arran, 728.
 Wymen (Dr), sur le Zeuglodon, 352.

WYVILLE

Wyville Thomson (M.). Voir Thomson.

XIPHODON gracile, bassin de Paris. 341.

Xilobius Sigillariæ, terrain houiller de la Nouvelle-Ecosse, 539.

YOREDALE, couches d', leur épaisseur, 512.

Yorkshire, Oolithe du, 448.

— creeps dans les mines de houille du, 73.

— transport glaciaire dans le, 229.

Young (M.), sur les plantes glaciaires, provenant du lavage des défenses du mammoth, 212.

ZURICH

ZECHSTEIN d'Allemagne, 507.

Zéolithes, minéraux secondaires volcaniques, 662.

Zeuglodon cestoides, Éocène des Etats-Unis, 351.

Zircon, Syénite, 743.

Zirbel (Professeur), sur les roches intrusives, 758.

Zoantharia rugosa, et *Z. oporosa*, 563.

Zones du Lias, 452.

Zonites priscus, houille, 540.

Zoologiques, provinces, grande étendue des, 139.

Zoophytes, fossiles, 32.

— Voir Coraux, Bryozoaires,

Zurich, habitations lacustres dans le lac de, 170.

GARNIER FRÈRES

6, rue des Saints-Pères, et Palais-Royal, 215

Envoi franco contre mandat ou timbre-poste.

DICTIONNAIRE NATIONAL

OUVRAGE ENTièrement TERMINÉ

MONUMENT ÉLEVÉ A LA GLOIRE DE LA LANGUE ET DES LETTRES FRANÇAISES

Ce grand Dictionnaire classique de la Langue française contient pour la première fois, outre les mots mis en circulation par la presse, et qui sont devenus une des propriétés de la parole, les noms de tous les Peuples anciens, modernes; de tous les Souverains, des institutions politiques; des Assemblées délibérantes; des Ordres monastiques, militaires; des Sectes religieuses, politiques, philosophiques; des grands Evénements historiques: Guerres, Batailles, Sièges, Journées mémorables, Conspirations, Traités de paix, Conciles; des Titres, Dignités, des Hommes ou Femmes célèbres en tout genre; des Personnages historiques de tous les pays: Saints, Martyrs, Savants, Artistes, Ecrivains; des Divinités, Héros et personnages fabuleux de tous les peuples; des Religions et Cultes divers, Fêtes, Jeux, Cérémonies publiques, Mystères; tous les Chefs-lieux, Arrondissements, Cantons, Villes, Fleuves, Rivières, Montagnes; avec les Etymologies grecques, latines, arabes, celtiques, germaniques, etc., etc.

Cet ouvrage classique est rédigé sur un plan entièrement neuf, plus exact et plus complet que tous les dictionnaires qui existent, et dans lequel toutes les définitions, toutes les acceptions des mots et les nuances infinies qu'ils ont reçues sont justifiées par plus de quinze cent mille exemples extraits de tous les écrivains, etc., etc. Par M. BESCHERELLE, aîné, auteur de la *Grammaire nationale*. 2 magnifiques volumes in-4 de plus de 3,000 pages, à 4 col. imprimés en caractères neufs et très-lisibles, sur papier grand raisin glacé, contenant la matière de plus de 500 volumes in-8. 50 fr. Demi-reliure chagrin, plats en toile. 10 fr.

GRAMMAIRE NATIONALE

Ou Grammaire de Voltaire, de Racine, de Bossuet, de Fénelon, de J.-J. Rousseau, de Bernardin de Saint-Pierre, de Chateaubriand, de Casimir Delavigne, et de tous les écrivains les plus distingués de la France; par MM. BESCHERELLE FRÈRES et LITAI de CAUX. 1 fort. vol. gr. in-8. Complément indispensable du *Dictionnaire national*. 10 fr.

NOUVEAU DICTIONNAIRE CLASSIQUE DE LA LANGUE FRANÇAISE

Comprenant : 1° Les mots du Dictionnaire de l'Académie française, et un très-grand nombre d'autres autorisés par l'emploi qu'en ont fait les bons écrivains; leurs acceptions propres et figurées et l'indication de leur emploi dans les différents genres de style; — 2° Les termes usités dans les sciences les arts, les manufactures, ou tirés des langues étrangères; — 3° La synonymie rédigée sur un plan tout nouveau et d'après les travaux les plus récents sur cette matière. — 4° La prononciation figurée de tous les mots qui présentent quelque difficulté; — 5° Un Vocabulaire général de biographie, d'histoire et de géographie, depuis les premiers temps jusqu'à nos jours, et précédé d'un tableau complet de la conjugaison des verbes réguliers et irréguliers, etc., etc., par MM. BESCHERELLE aîné, auteur du *Dictionnaire national de la langue française*, et J.-A. PONS. 1 vol. gr. in-8 de 1,100 pag., 10 fr.; reliure toile, ou basane. 2 fr.

DICTIONNAIRE USUEL DE TOUS LES VERBES FRANÇAIS

Tant réguliers qu'irréguliers; par MM. BESCHERELLE frères. 3^e édition. 2 forts vol. in-8 à 2 col. 12 fr.

OUVRAGES DE M. JOSEPH GARNIER

PROFESSEUR D'ÉCONOMIE POLITIQUE A L'ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSEES
SECRÉTAIRE PÉPÉTUEL DE LA SOCIÉTÉ D'ÉCONOMIE POLITIQUE, ETC.

Premières notions d'économie politique, sociale ou industrielle, contenant en outre : *la Science du Bonhomme Richard*, par Franklin, 4^e édition, augmentée. 1 vol. in-18. 2 fr.

Traité d'économie politique, sociale ou industrielle. Exposé didactique des principes et des applications de cette science et de l'organisation économique de la Société. —

Septième édition, augmentée. 1 très-fort vol. gr. in-18. 7 fr. 50

Traité de finances. — L'impôt, son assiette. — Les Réformes financières et la misère, etc. 3^e édit. 1 vol. in-8. 7 fr. 50

Notes et petits Traités, faisant suite au Traité d'économie politique, et contenant : ÉLÉMENTS DE STATISTIQUE ET OPUSCULES DIVERS, 2^e édit, augmentée. 1 fort vol. in-18 jésus. 4 fr. 50

Ces ouvrages constituent un Cours complet d'Économie politique et sociale.

MANUEL DES FONDS PUBLICS ET DES SOCIÉTÉS PAR ACTIONS.

Par A. COURTOIS fils, membre de la Société libre d'économie politique de Paris. 5^e édition, refondue. 1 fort vol. grand. in-18 jés. 7 fr. 50

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE DES OPÉRATIONS DE BOURSE

Par A. COURTOIS fils. 1 vol. gr. in-18. 2 fr.

MANUEL DU CAPITALISTE

Ou Comptes faits des intérêts à tous les taux, pour toutes sommes, de 1 jusqu'à 566 jours, ouvrage utile aux négociants, banquiers, commerçants de tous les états, trésoriers, receveurs généraux, comptables, aux employés des administrations de finance et de commerce, par BONNET. Nouvelle édition, augmentée d'une Notice sur l'intérêt, l'escompte, etc., par M. Joseph GARNIER, revue, pour les calculs, par M. X. RYMKIEWITZ, calculateur du Crédit foncier. 1 vol. in-8. 6 fr.

TENUE DES LIVRES RENDUE FACILE

Méthode d'enseignement à l'usage des personnes destinées au commerce, comprenant trois méthodes : l'une pour simplifier la balance générale, l'autre pour tenir les livres en double partie par le moyen d'un seul registre dont tous les comptes balancent journellement; et la dernière en un supplément séparé pour tenir les comptes de banque en participation, par M. Edmond DEGRANGE. Edition revue avec soin, par Edouard LEFEBVRE. 1 vol. in-8. 5 fr.

BARÈME UNIVERSEL CALCULATEUR DU NÉGOCIANT

Commencant par le chiffre 2 et comptant : Par centimes, pièce, mesures, nombres, kilogrammes, etc., par P.-F. DE DONCKER. *Suivi des TABLEAUX DES NOUVELLES MESURES LÉGALES, du POIDS DES MÉTAUX et des SUBSTANCES EMPLOYÉES DANS LES CONSTRUCTIONS ET L'INDUSTRIE, des DIVERS CALENDRIERS, des COMPTES FAITS POUR LES SALAIRES PAYÉS A L'HEURE, A LA JOURNÉE ET AU MOIS, du CUBAGE DES BOIS EN GRUME, etc., etc.*, par HENRY (des Vosges), géomètre, comptable. 1 fort vol. in-8. 8 fr.

NOUVEAU GUIDE DE LA CORRESPONDANCE COMMERCIALE

Contenant 515 lettres : circulaires, offres de services, entrée en relations, lettres d'introductions et de recommandation, lettres de crédit, prise d'informations et demande de renseignements, ordres de bourse, ordres en fabriques, demandes d'argent à des non-commerçants, remises, traites, lettres de change, consignations, transports, assurances, avaries, etc., par HENRY PAGE. 1 vol. in-8. 6 fr.

TENUE DES LIVRES DES AGENTS DE CHANGE

Et des courtiers de commerce, par EDMOND DEGRANGE. 1 vol. in-8 de 72 p. 4 fr.

ÉTUDES SUR LA CIRCULATION ET LES BANQUES

Par M. ALFRED SUDRE. 1 vol. gr. in-18. 3 fr. 50

COLLECTION D'OUVRAGES ILLUSTRÉS POUR LES ENFANTS

40 jolis volumes gr. in-18 anglais à 3 fr.

Reliés en toile rouge, dorés sur tranche, 4 fr.

- Le premier livre des enfants, alphabet illustré.** 1 vol. orné de 250 gravures.
- Lectures de l'enfance.** 1 vol. orné de 200 gravures.
- La tirelire aux histoires,** par madame LOUISE SW. BELLOC. 2 vol.
- Contes familiers,** par MARIA EDGEWORTH, trad. de madame L. SW. BELLOC, seul traducteur autorisé. 1 vol.
- Mémoires du printemps,** par MONTGOLFIER. 2^e édition, accompagnée de musique, etc. 1 vol.
- Abrégé de l'Ami des enfants et des adolescents,** par BERQUIN. 1 vol.
- Sandford et Merton,** par BERQUIN. Dessins par STAAL. 1 vol.
- Le petit Grandisson, etc., etc.,** par BERQUIN. Dessins par STAAL. 1 vol.
- Théâtre choisi de Berquin.** Illustré de vignettes. 1 vol.
- Contes des fées,** de PERRAULT, madame D'AULNOY, etc. 1 vol.
- Contes de Schmid,** illustrés de grav. dans le texte. 4 vol.
Se vendent séparément.
- Les Veillées du château, ou Cours de morale à l'usage des enfants,** par madame DE GENLIS. Illustré. 2 vol.
- Paul et Virginie,** suivi de **la Chaumière indienne,** par BERNARDIN DE ST-PIERRE illustrés. 1 vol.
- Aventures de Télémaque,** par FÉNELON, et les **Aventures d'Aristonous.** 8 grav. 1 vol.
- Fables de la Fontaine,** avec des notes, par LEMAISTRE, 8 grav. 1 vol.
- Fables de Florian,** avec vignettes par J. GRANDVILLE, suivies de **Tobie.** 1 vol.
- Les Prisons,** suivi des **Devoirs des hommes,** par SILVIO PELLICO. 1 vol.
- Le Langage des fleurs.** Édition de luxe, ornée de gravures coloriées, par CHARLOTTE DE LA TOUR. 1 vol.
- Contes et scènes de la vie de famille,** dédiés aux enfants, par madame DESBORGES-VALMORE, illustrés. 2 vol.
- Le Magasin des enfants,** par madame LE PRINCE DE BEAUMONT. 2 vol.
- Choix de nouvelles,** de madame DE GENLIS et de BERQUIN. 1 vol. orné.
- Robinson suisse,** traduit de l'allemand par M^{lle} ELISE VOÏART. 2 vol.
- Aventures de Robinson Crusé.** Edition illustrée de GRANDVILLE. 1 vol.
- Voyages de Gulliver,** par SWIFT. Illustrations de GRANDVILLE. 1 vol.
- Les Poésies de l'enfance,** par madame DESBORGES-VALMORE. 1 vol.
- Lettres choisies de madame de Sévigné,** accompagnées de notes. 1 vol.
- Œuvres complètes du comte Xavier de Maisire.** 1 vol. illustré.
- Contes choisis de CHARLES NODIER,** dessins de Staal. 1 vol.
- Fabiola, ou l'Église des catacombes,** par le cardinal Wiseman; traduction de M^{lle} NETTEMMENT, 1 vol.
- Les Mille et une nuits des familles,** illustrées de gravures. 2 vol.
- Le petit Buffon illustré.** Histoire et description des animaux. 1 vol.

ŒUVRES DE TOPFFER

PREMIERS VOYAGES EN ZIGZAG

OU EXCURSIONS D'UN PENSIONNAT EN VACANCES DANS LES CANTONS SUISSES ET SUR LE REVERS ITALIEN DES ALPES

Par R. TÖPFFER. Magnifiquement illustrés, d'après les dessins de l'auteur, de 53 grands dessins par CALAME et 350 gravures dans le texte. 1 vol. grand in-8. 12 fr.

NOUVEAUX VOYAGES EN ZIGZAG

A LA GRANDE-CHARTREUSE, AU MONT-BLANC, DANS LES VALLÉES D'HERENZ, DE ZERMATT, AU GRIMSEL ET DANS LES ÉTATS SARDES

Par M. TÖPFFER. Splendument illustrés de 48 gravures tirées à part et de 320 sujets dans le texte, d'après les dessins originaux de Töpffer. 1 vol. gr. in-8 jésus. 12 fr.

LES NOUVELLES GENEVOISES

Illustrées, d'après les dessins de l'auteur, d'un grand nombre de bois dans le texte et de 40 hors texte. 1 vol. grand in-8 jésus. . . . 12 fr.

Albums formant chacun un gr. vol. jésus oblong. 7 fr. 50

Monsieur Jabot. 1 vol. | **Monsieur Pencil.** 1 vol.

Monsieur Vieux-Bois. . . . 1 vol. | **Le docteur Festus.** 1 vol.

Monsieur Crépin. 1 vol. | **Albert.** 1 vol.

Histoire de M. Cryptogame. . . 1 vol.

OUVRAGES RELIGIEUX

Les saints Évangiles. Traduction de LEMAISTRE DE SACY, selon saint Marc, saint Mathieu, saint Luc et saint Jean. Nouvelle édition avec encadrements en couleur, ornée de magnifiques gravures sur acier et d'un beau frontispice or et couleur. 1 vol. gr. in-8° jésus. 20 fr.

Oraisons funèbres et sermons choisis de Bossuet. Nouvelle édition illustrée de 12 gravures sur acier, d'après REMBRANDT, MIGNARD, NANTEUIL, RIBERA, STAAL, RIGAUD, POUSSIN, VAN DYK, CARRACHE, SPADA, etc., gravées par F. DELANNOY, E. WILLMANN, GIRARDET, ROBINSON, EGLETON, HOLL, JENKINS, etc. 1 beau vol. in-8, jésus. 18 fr.

Méditations sur l'Évangile, par BOSSUET, revues sur les manuscrits originaux et les éditions les plus correctes, et enrichies de 12 magnifiques gravures sur acier, d'après RAPHAEL, RUBENS, POUSSIN, REMBRANDT, etc. 1 vol. grand in-8 jésus. 18 fr.

Discours sur l'histoire universelle, par BOSSUET; nouvelle édition, précédée d'une introduction. 1 beau vol. grand in-8 jésus, orné de magnifiques grav. sur acier, d'après les grands maîtres. 16 fr.

Les saintes Femmes. Texte par Mgr DABOY, archevêque de Paris. Collection de portraits, gravés sur acier, des femmes remarquables de l'histoire de l'Eglise. 1 vol. grand in-8 jésus. 20 fr.

La sainte Bible. Traduite en français par LEMAISTRE DE SACY, accompagnée du texte latin de la Vulgate, grav. sur acier d'après RAPHAEL, LE TITIEN, PAUL VÉRONÈSE, SALVATOR ROSA, POUSSIN, H. VERNET, etc., une galerie de portraits des femmes de la Bible. 6 forts vol. grand in-8 jésus, papier vélin avec une carte et un plan de Jérusalem. 100 fr.

Imitation de Jésus-Christ. Traduite

par l'abbé DASSANCE, avec approbation de Mgr l'archevêque de Paris, avec encadrements variés, frontispice or et couleur, et 10 gravures sur acier. 1 vol. gr. in-8 jésus. 20 fr.

L'Imitation de Jésus-Christ. Traduction nouvelle, avec des réflexions à la fin de chaque chapitre, par M. l'abbé F. DE LAMENNAIS. Nouvelle édition, avec encadrements en couleur, ornée de 10 gravures sur acier, et d'un frontispice rehaussé d'or. 1 magnifique vol. grand in-8 jésus. 20 fr.

Les Vies des saints, POUR TOUS LES JOURS DE L'ANNÉE, nouvellement écrites par une réunion d'ecclésiastiques et d'écrivains catholiques, classées pour chaque jour de l'année par ordre de dates, d'après les Martyrologes et Godescard; illustrées d'environ 1,800 gravures. 4 beaux volumes grand in-8. 40 fr.
LES VIES DES SAINTS ont obtenu l'approbation des archevêques et des évêques.

Biblia Sacra Vulgatae editionis SIXTI V PONTIFICIS MAXIMI jussu recognita et CLEMENTIS VIII. 1 beau et fort volume grand in-18 jésus, imprimé avec le plus grand soin par J. Claye, en caractères très-lisibles. 6 fr.

L'Adoration des bergers, de J. RIBERA (l'Espagnolet), tableau du S. Carré du Louvre, gravée au burin par P. PELÉE. Estampe de 43 centimètres de haut sur 30 centimètres de large, tirée sur format grand colombier vélin.

Papier blanc. 18 fr.

Papier de Chine, avec la lettre. 24 fr.

Epreuves sur papier blanc avant la lettre, à 56 fr.

Et 75 épreuves sur papier de Chine, avant la lettre, à 48 fr.

Il a été tiré 50 épreuves d'artiste sur papier de Chine, à 80 fr.

Et 7 épreuves de remarque sur papier de Chine, net à 150 fr.

TABLEAUX DES SCIENCES, ARTS ET MÉTIERS

Ostéologie, 1 feuille; **Myologie,** 1 feuille; **Syndesmologie,** 1 feuille; **Névrologie,** 1 feuille; par M. J. C. WERNER, gravés sur acier. Chaque tableau forme une partie complète, noir. 3 fr. 50. En couleur. 5 fr.

Vignole complet mis en tableau, avec un texte explicatif. 1 feuille 1 fr. 75

Mécanique théorique et pratique appliquée à la composition et à l'emploi des machines, avec un texte par M. PERROT. 1 feuille. 1 fr. 75

Menuiserie, par le même, avec un texte explicatif. Une feuille. 1 fr. 50

Tableau comparatif des champignons comestibles et des champi-

gnons vénéneux. 1 feuille jésus, avec un texte explicatif, en couleurs. 4 fr.

Tableau de météorologie, par le même. Une feuille. 1 fr. 75

Tableau des animaux et des végétaux avant le déluge, rédigé d'après G. CUVIER, BUCKLAND, DE HUMBOLDT, etc., par le même. Une f. en noir. 1 fr. 75
Le même en couleur. 5 fr. 50

Tableau des habitations des personnages célèbres, par le même. Une feuille. 1 fr. 75

Charpenterie, par le même, 1 f. 1 fr. 75

Serrurerie et quincaillerie, par le même. Une feuille. 1 fr. 75