

il n'y a sur-tout nulle comparaison à faire entre le fer carbonaté argileux des houillères et le fer carbonaté spathique; ces deux minerais diffèrent l'un de l'autre, en ce que le fer spathique ne contient jamais de phosphore comme le premier, et en ce qu'il renferme toujours une très-grande quantité de magnésie et de manganèse; tandis que dans le fer carbonaté argileux ces deux substances ne se trouvent qu'en très-petite proportion. La présence de la magnésie est assez indifférente; elle joue le même rôle que l'alumine qui est combinée à la silice dans l'argile dont est mélangé le fer carbonaté des houillères; mais l'oxide de manganèse paraît avoir une grande influence sur la nature de la fonte, et jouir de la propriété précieuse (sans qu'on en sache la cause), de rendre cette fonte très-propre à se transformer en acier naturel.

Quoi qu'il en soit, la découverte du minerai des houillères nous procure une richesse de plus. Sachons en tirer parti, mais gardons-nous d'en abuser.

APERÇU GÉOGNOSTIQUE DES TERRAINS;

PAR A.-H. DE BONNARD, ingénieur en chef au Corps
royal des Mines (1).

~~~~~  
EXTRAIT PAR L'AUTEUR.  
~~~~~

L'ÉTUDE des terrains, leur classification, la détermination de l'ancienneté relative des formations minérales, sont l'objet principal de la géognosie. Cet objet, et la science même à laquelle il appartient, ont été, jusqu'au siècle dernier, négligés ou même tout-à-fait inaperçus par les minéralogistes, qui ne s'occupaient que de l'examen des singularités présentées par des échantillons plus ou moins rares, ou tout au plus des caractères qu'on pouvait assigner aux diverses espèces minérales; mais ils l'ont été à peu près aussi complètement depuis, par les auteurs de systèmes géologiques et de théories de la terre, desquels on peut dire, en général, qu'en s'appuyant sur des suppositions plus ou moins gratuites, ils ont employé toutes les ressources de leur imagination pour rendre raison de faits qu'ils ne connaissaient pas. Ce n'est que depuis peu de temps, que la plus grande partie des géologues s'est réunie à penser qu'avant de vou-

(1) 1 vol. in-8 de 261 pages, extrait de la 2^e. édition du *Nouveau Dictionnaire d'Histoire naturelle*. A Paris, chez Deterville, libraire, rue Hautefeuille, n^o. 8.

loir expliquer, il fallait chercher à connaître au moins la portion de la surface du globe, dont l'investigation est permise aux facultés humaines; qu'il fallait donc étudier les *terrains*, et rechercher, dans leur nature et dans leurs relations de gisement, les documens nécessaires pour déterminer l'ordre dans lequel ils avaient été formés, et pour les classer d'après cet ordre. Cependant la détermination et la classification générale des terrains n'ont encore été exposées, avec détail, dans aucun ouvrage français qui soit à ma connaissance. J'ai essayé de présenter, sur ce sujet, dans le Nouveau Dictionnaire d'Histoire naturelle, une esquisse dont je sens mieux que personne toute l'imperfection, et pour laquelle j'ose réclamer à-la-fois l'indulgence et la critique des minéralogistes.

Je crois devoir définir les *terrains*, d'après Werner, les *gîtes généraux de substances minérales*, c'est-à-dire les grandes masses minérales, généralement répandues, et qu'on retrouve, dans les différentes parties de la surface du globe, avec des caractères déterminés de composition et de gisement.

Les terrains sont en général *stratifiés*, ou divisés en *couches* plus ou moins épaisses, plus ou moins distinctes. Quelquefois, cependant, on ne peut y reconnaître aucun indice de stratification. La substance minérale ou l'agrégat de substances minérales qui compose chaque couche et chaque terrain est une *roche*. L'ensemble des terrains ou des couches, ou des gîtes quelconques de minéraux, qui paraissent avoir été formés en même temps constitue une *formation*. Chacun de ces trois mots, souvent confondus ensemble,

doit donc avoir une acception distincte. Les feuillets de la *roche* de gneiss sont souvent ondulés; les couches du *terrain* de gneiss, au contraire, sont en général planes, et ordinairement fortement inclinées; entre ces couches, on observe des couches ou des amas d'autres substances, et cet ensemble constitue la *formation* du gneiss.

Ainsi les *terrains* sont formés de *roches*, et composent des *formations*. Mais on applique aussi cette dernière désignation à chaque terrain considéré dans les diverses formations dont il fait partie.

Les minéralogistes, divisés d'opinions relativement à la classification et à la dénomination des roches, sont unanimes pour ce qui regarde la classification des terrains: tous conviennent que les *formations* sont les espèces géognostiques qu'on doit chercher à déterminer. C'est donc dans ce but qu'il faut étudier les *terrains*; mais, pour y parvenir, il faut que les *roches* soient connues et dénommées. Si chaque roche, simple ou composée, n'a pas un nom qui lui soit propre, il n'existera aucun langage pour exprimer la composition et la manière d'être des terrains, et la détermination des formations sera impossible. Les difficultés que la nature oppose à cette détermination précise, sont déjà assez grandes, pour que nous ne devions pas chercher à les augmenter, en refusant de nous donner des mots qui puissent servir à exprimer nos idées, à faire connaître d'une manière précise le peu de faits que nous pouvons saisir. Je ne reviendrai pas ici sur cette question, au sujet de laquelle j'ai

essayé ailleurs (1) d'ajouter quelques considérations à la discussion lumineuse qui en a été faite par M. Brongniart (2). Je continuerai à employer la nomenclature proposée par ce savant, quoique je croie la détermination de ses espèces de roches susceptible de perfectionnemens peut-être nombreux. Mais il me semble nécessaire sur-tout de consacrer, par l'usage, un principe sans lequel je crois qu'il sera toujours impossible de s'entendre dans les descriptions géognostiques, et par conséquent de faire avancer la science. Les perfectionnemens dans l'application arriveront d'eux-mêmes, par la comparaison des observations faites dans les diverses contrées.

De la classification des terrains.

Les mineurs allemands sont les premiers géologues dont la classification nous soit connue. Ils ont divisé très-anciennement les terrains en *terrains à filons* et *terrains à couches*, d'après la disposition des gîtes de minerais utiles qu'ils rencontraient dans l'excavation de ces terrains. Ils avaient d'abord rejeté dans une troisième classe, sous le nom de *terrains stériles*, tout ce qui leur paraissait n'offrir aucun aliment à leurs travaux; mais peu-à-peu ils ont reconnu que ces terrains prétendus stériles devaient être fondus dans les deux premières classes; classes qui, si l'on considère seulement l'Allemagne, ou même la plus grande partie de l'Europe, correspondent

(1) *Annales des Mines*, tome 1er., page 418, et *Nouveau Dictionnaire d'Histoire naturelle*, 2^e. édition, article Roche.

(2) *Journal des Mines*, n^o. 199.

encore aujourd'hui, assez exactement, à l'une des grandes divisions établies par les géologues. Mais en Amérique, par exemple, les *terrains à filons* les plus riches sont semblables à certains *terrains à couches* de notre continent.

Quelques anciens auteurs ont classé les terrains, en *terrains de montagnes*, de *collines* et de *plaines*, division de géographie physique, qui concorde souvent, dans nos contrées, avec les divisions géognostiques, mais qui présente cependant à cet égard un trop grand nombre d'exceptions, pour pouvoir être adoptée.

Enfin, dans la dernière moitié du dix-huitième siècle, la disposition des terrains en couches; la manière dont les couches des différens terrains se recouvrent les unes les autres, avec plus ou moins de régularité, mais avec une constance remarquable pour les mêmes espèces de roches; la nature cristalline des unes, la nature compacte et terreuse des autres; les débris roulés de certaines couches, que d'autres couches renferment souvent; les débris de végétaux et d'animaux que certains terrains présentent aussi, tandis que d'autres n'en contiennent jamais; les analogies de plusieurs terrains avec ceux que produisent aujourd'hui les volcans, etc., ont attiré l'attention des naturalistes, et les ont portés à chercher à classer les terrains, sous le double rapport de leur ancienneté relative et des circonstances qui paraissent avoir concouru à leur formation, en *primaires*, *primordiaux* ou *primitifs*, *secondaires*, *tertiaires*, *d'alluvion*, et *volcaniques*. Pallas, Saussure, Dolomieu, Deluc, Patrin, M. Ramond, se sont accordés sur les bases principales de cette classification; beau-

coup d'autres savans ont marché sur leurs traces ; mais trop souvent l'esprit de système a porté les géologues à n'observer que les faits qui s'accordaient avec telle ou telle opinion qu'ils s'étaient formée d'avance, à négliger, sans qu'ils s'en aperçussent, tout ce qui y était contraire, et, par un travail qu'on pourrait comparer à celui des auteurs de romans historiques, à en recueillir, dans l'histoire de la nature, que les matériaux nécessaires pour donner à une fiction l'apparence de la vérité.

En Allemagne, Werner a introduit, dans les observations géognostiques, une méthode et une précision inconnues avant lui. Les principes qu'il a exposés et les documens qu'il a fournis, servent eux-mêmes aujourd'hui à rectifier quelques idées trop généralement conclues, d'observations locales, par leur célèbre auteur ; mais ce n'est qu'avec les moyens qu'il a donnés à ses successeurs, qu'on parvient à perfectionner son ouvrage, et chacune de ces perfectionnemens même peut être considéré comme un hommage rendu à son génie.

Parmi les innovations heureuses introduites par Werner dans la classification des terrains, on doit sur-tout distinguer la détermination de la classe *intermédiaire* ou *de transition*, qu'il a placée entre les classes primordiale et secondaire, pour comprendre ces formations qui réunissent les terrains et les caractères des deux classes ; détermination qui a commencé à soulever le voile que tenait abaissé sur les yeux des géologues, l'opinion généralement répandue, que tous les terrains cristallins appartenant à des formations antérieures à toutes celles des

terrains de sédiment, mais dont l'illustre minéralogiste saxon, dans la défiance modeste qui accompagne toujours le mérite supérieur, était loin peut-être de prévoir lui-même l'importance. Nous voyons en effet que cette classe, dans laquelle Werner n'avait compris que trois espèces de terrains, s'étend tellement tous les jours, en remontant dans les formations réputées primordiales, qu'on ne sait plus, dans un grand nombre de contrées, où désigner, avec certitude, un terrain, comme antérieur à l'existence des êtres organisés.

La dénomination de la classe n'était pas moins heureuse que sa détermination, parce qu'elle exprimait le passage insensible qui lie entre eux les terrains les plus différens. En effet, quelque bien choisis que soient les caractères avec lesquels on veut séparer, en géognosie, les différens groupes de terrains, les limites de ces groupes sont souvent très-difficiles ou même impossibles à reconnaître ; et tel terrain est rangé par des observateurs différens, dans des classes différentes, selon les circonstances dans lesquelles on a pu l'étudier. Dans la production des masses qui constituent l'écorce du globe, il semble que la nature ait travaillé d'une manière à-peu-près continue ; et pour les dissemblances qui, au premier aperçu, paraissent les plus tranchées, une observation attentive fait bientôt reconnaître des nuances intermédiaires qui comblent les distances qu'on avait cru apercevoir. Celui de tous les caractères qui semble le plus saillant et le plus décisif, celui qu'on emploie pour distinguer la première classe des classes suivantes, la présence ou l'absence de fragmens de roches plus

anciennes, ou de débris de corps organisés; semble lui-même sujet à ces nuances intermédiaires qui produisent l'incertitude: il est presque impossible, pour plusieurs roches, de reconnaître si elles renferment des fragmens, ou si toutes leurs parties sont de formation simultanée; cette incertitude devient plus grande encore quand on voit les roches qui peuvent paraître composées de fragmens, disposées en couche, qui alternent avec d'autres couches cristallines, de la nature de ces mêmes fragmens, quand on voit les passages de texture les plus insensibles entre une roche et l'autre; et quant aux fossiles, on en trouve des indices si rares et quelquefois si peu distincts, dans les premiers terrains qui paraissent en contenir, et les observations nouvelles ont fait remonter la connaissance de ces indices jusqu'à des terrains d'une époque si reculée dans l'ordre des formations, que l'on conçoit chaque jour de nouveaux doutes sur l'endroit où l'on doit placer la séparation entre la classe primordiale et la classe intermédiaire.

Les passages dont il est question ont lieu assez fréquemment entre des terrains de nature tout-à-fait différente, soit en grand, c'est-à-dire par le mélange des couches des deux espèces, soit en petit, c'est-à-dire par le mélange des élémens des roches qui composent ces couches; mais ils ont lieu sur-tout entre les terrains dont la nature est la même, ou qui ont des principes dominans communs, et c'est sur-tout entre ceux-ci qu'il est ordinairement presque impossible de déterminer les limites qui séparent les espèces ou les classes. L'observation de ce fait avait conduit Werner à considérer les terrains comme

le produit d'un certain nombre de *séries de formations*, séries dont chacune renferme les roches de nature analogue, séries qui traversent toutes les époques géognostiques, en se présentant dans chacune d'elles sous différentes modifications, mais qui offrent, d'une classe à l'autre, toutes les nuances et tous les passages indiquant, ainsi que leur nom le désigne, une *série* non interrompue. Il me paraît bien digne de remarque, que le même minéralogiste qui rejette, pour les roches mélangées, toute classification fondée sur la nature des minéraux qui les composent; soit obligé de revenir, pour classer d'une manière naturelle les *terrains*, c'est-à-dire les roches considérées en grand, au principe qu'il écarte dans la considération des roches en petit.

On sait que Werner établit trois séries principales de formations, qu'il nomme séries *schisteuse*, *calcaire* et *trappéenne*. Les deux dernières sont suffisamment désignées par leur nom; mais il n'en est pas ainsi pour la série des formations schisteuses: elle comprend le granite et tous les passages de ce terrain, d'une part, à la syénite et au porphyre; d'autre part, au gneiss, au micaschiste, puis aux schistes argileux et siliceux, et de ceux-ci aux psammites, aux argiles et aux grès de toutes les époques. Les porphyres, les serpentines, les gypses et les combustibles charbonneux, sont indiqués très-brièvement, dans les leçons de Werner, et dans les ouvrages rédigés d'après ces leçons, comme constituant aussi de petites séries de formations qui sont comme subordonnées aux grandes séries précédentes. Au reste, tout ce qui a rapport à cette classification par *séries*, n'a reçu, à ma

connaissance, aucun développement dans la géognosie allemande, et l'on sait que les *classes* y sont divisées immédiatement en *terrains*. En étudiant les séries, on n'aperçoit, dans aucune d'elles, de lignes tracées entre les terrains qui appartiennent aux différentes classes : des passages insensibles conduisent des roches quarzeuses primordiales aux grès les moins anciens; les schistes, les calcaires, les roches amphiboliques, les roches carbonneuses, forment comme autant de grandes familles, sur chacune desquelles on peut établir des suites non interrompues, à travers toutes les périodes. Souvent il est bien difficile de reconnaître, dans l'une de ces suites, si tel terrain appartient à la première ou à la seconde classe, à la seconde ou à la troisième. A plus forte raison est-il souvent impossible, dans chaque classe, de déterminer la *formation* à laquelle se rapporte tel ou tel membre de chaque série. De la réunion et de la comparaison de tous les faits géognostiques observés depuis trente ans, il résulte la conviction que nos divisions en *classes*, et en *formations* dans chaque classe, ne sont que des coupures tout-à-fait artificielles, propres à faciliter le commencement de l'étude d'un ensemble trop vaste pour pouvoir être saisi par notre intelligence; mais qu'on est bientôt obligé d'abandonner ces coupures, et de considérer tous les groupes qu'elles nous ont fait établir, comme liés entre eux par des nuances insensibles, comme formant un véritable réseau.

Pour se rapprocher autant que possible de la vérité, en cherchant cependant à parvenir à la détermination de ces *espèces géognostiques*, nécessaires à établir pour l'étude, il m'a paru

convenable de considérer séparément, dans chaque classe, les *séries* formées par la réunion des terrains composés de roches de nature analogue, ou qui ont des principes dominans communs; de faire, dans chaque série, autant de subdivisions qu'on y connaît de *terrains* différens; et en traitant de chaque terrain, de faire connaître les *formations* dans lesquelles il se présente, et par conséquent les espèces qu'il contribue à former. Ce n'est que dans un résumé relatif à chaque classe, qu'on peut ensuite tâcher d'établir, d'après les faits indiqués pour tous les terrains, l'ordre général des *formations* ou des *espèces*, autant qu'il est connu ou présumé.

En cherchant à appliquer ces principes aux différentes *séries* indiquées par les auteurs allemands, d'après Werner, j'ai éprouvé plusieurs difficultés: rien n'arrête dans l'examen des séries calcaire, gypseuse, carbonneuse; mais il n'en est pas ainsi pour les séries de porphyres, de trapp, de serpentine, et surtout pour cette immense série schisteuse qui embrasse tant de terrains de nature si variée. Je n'ai pas tardé à reconnaître que les difficultés provenaient principalement, de ce que l'idée fondamentale, d'établir les séries d'après la nature des roches, n'avait pas été exclusivement suivie. Il m'a donc semblé nécessaire d'en revenir à l'application rigoureuse de cette idée, et d'apporter en conséquence quelques changemens à l'ordre suivi dans les géognosies allemandes, sur-tout en subdivisant la *série schisteuse* de Werner.

Le feldspath, le mica, le quartz, le talc, l'amphibole, le calcaire, sont les substances minérales qui forment la masse principale des roches

anciennes. Chacune de ces substances domine dans un certain nombre de terrains de différentes époques, et tous les terrains où l'une d'elles est principe dominant, présentent entre eux les nombreux passages qui rendent si difficile la détermination des espèces géognostiques. J'ai donc cru disposer les faits du même genre de la manière la plus appropriée au but que je voulais atteindre, en établissant, dans les terrains primordiaux, les six séries feldspathique, micacée, quarzeuse, talqueuse, amphibolique et calcaire.

Le granite m'a paru ne pouvoir être compris dans aucune de ces séries. Ce terrain constitue comme le point de départ des séries correspondantes aux trois substances dont il est formé, et il doit être regardé comme leur souche commune. Il se représente ensuite, en masses subordonnées, dans les formations postérieures de ces trois séries. Dans les deux séries talqueuse et amphibolique, plusieurs des élémens du granite restent comme principes essentiels, mélangés avec un principe étranger qui devient dominant. Dans la série calcaire, au contraire, il ne reste qu'accidentellement des substances propres au granite, et la masse presque totale des terrains est formée d'une substance particulière. Trois autres séries, où prédominent le carbone, le gypse et le sel, élémens inconnus dans les terrains les plus anciens, apparaissent plus tard, et se prolongent jusqu'aux formations les plus modernes (1); mais à mesure que

(1) On pourrait probablement aussi classer à part, comme naturelle et comme assez bien caractérisée, une *série ferrugineuse*, ou de terrains dans lesquels le fer est principe dominant, série dont on reconnaîtrait les membres et la continuité non interrompue, depuis les plus anciennes formations postérieures au premier granite, jusque dans les terrains d'alluvion les plus récents.

les formations diminuent d'ancienneté, on voit la série calcaire prendre un accroissement plus considérable; les autres séries offrent en même temps entre elles des passages nombreux; la précipitation des terrains devient en général de plus en plus confuse; à des époques déterminées, plusieurs séries se mêlent et se fondent l'une dans l'autre; d'autres semblent disparaître entièrement, ou leurs élémens ne se montrent plus que dans les roches des terrains de transport; de manière que dans les formations des dernières classes, on retrouve avec peine la trace même des séries principales, mais enfin on la retrouve encore. Des terrains qui semblent produits par l'action des volcans, et dont le pyroxène et le feldspath forment les principes dominans, se présentent aussi en abondance, dans ces dernières périodes: les uns ont été long-temps confondus avec la suite de la série amphibolique ou trapéenne, les autres avec la suite de la série feldspathique des terrains primordiaux; et l'on ne peut se dissimuler que des rassemblemens frappans et des passages au moins très-apparens ne justifient, jusqu'à un certain point, cette ancienne opinion. M. de Humboldt, M. de Buch, M. Cordier, ont récemment ajouté de nouvelles lumières à celles que Dolomieu et quelques autres savans avaient commencé à répandre sur cette espèce d'énigme; espérons que nous en devrons l'é-

neuse, ou de terrains dans lesquels le fer est principe dominant, série dont on reconnaîtrait les membres et la continuité non interrompue, depuis les plus anciennes formations postérieures au premier granite, jusque dans les terrains d'alluvion les plus récents.

claircisement complet à la continuation de leurs travaux.

On a proposé, depuis peu d'années, d'introduire, dans la détermination des classes des terrains, plusieurs changemens notables, motivés sur l'inexactitude ou au moins l'incertitude des divisions qui servent de base à l'ancienne classification. Cette incertitude est très-réelle ; elle le devient chaque jour davantage, et les attaques dirigées contre la classification peuvent être aussi fondées qu'elles sont faciles ; mais rien de ce qu'on a voulu y substituer, ne paraît pouvoir supporter la critique plus que ce qu'on a voulu détruire, aussi rien n'a-t-il obtenu l'assentiment général des minéralogistes. J'ai donc cru devoir conserver les anciennes classes, d'autant plus volontiers que, dans l'état actuel de la science et vu son peu d'avancement, je regarde le choix entre ces divisions comme peu important. J'ai cherché principalement à suivre, à travers les différentes classes, la trace des *séries*, et à reconnaître les relations que présentent entre eux les différens terrains dont les séries sont composées.

I^{re}. CLASSE.

Des terrains primordiaux.

Les *terrains de granite* forment donc à eux seuls la première subdivision de cette classe. Je les ai rangés dans trois formations principales : la première, antérieure au gneiss ; la seconde, contemporaine au gneiss et au micaschiste ; la troisième, postérieure à ces deux terrains. J'ai indiqué, par appendice à la première formation,

le granite du terrain d'eurite schistoïde, ou *weisstein*, qui paraît être toujours antérieur au gneiss. Autant que les faits bien connus jusqu'à ce jour peuvent permettre de fonder une présomption générale, il paraîtrait que les hautes montagnes formées de véritable granite, appartiennent plutôt aux seconde et troisième formations de ce terrain qu'à la première, et que celle-ci ne constitue peut-être, à la surface du sol, que des groupes de collines, ou des plateaux peu élevés, ou même des plaines, comme dans les *Llanos* de l'Amérique méridionale. Il n'est pas besoin de faire remarquer combien ce résultat des observations nouvelles est contraire aux anciennes opinions, sur l'abaissement successif du niveau du liquide, au fond duquel on pensait que les terrains primordiaux s'étaient précipités.

La *série micacée* comprend les terrains primordiaux les plus universellement répandus, les gneiss, les micaschistes et les phyllades ou schistes. Le terrain de gneiss présente deux formations distinctes, particulièrement dans le nord de l'Europe : la seconde de ces formations est postérieure au micaschiste et au phyllade. On regarde ces deux derniers terrains comme ne constituant chacun qu'une grande formation : ils offrent, entre eux et avec le gneiss, des passages multipliés. Le terrain de phyllade est encore remarquable par les passages semblables qu'il présente, soit aux terrains nombreux qu'il renferme en bases subordonnées, passages qui ont lieu de la manière la plus insensible, et qui ne se manifestent que par un changement gradué dans la texture, la dureté, et les diverses propriétés du schiste, soit aux phyllades des terrains

intermédiaires et aux roches agrégées ou arénacées de ces terrains, passages qui se présentent d'une manière aussi nuancée, mais qui paraissent plus incompréhensibles dans ce cas, puisqu'il s'agit, d'une part, de terrains que l'on croit précipités après une dissolution, et de l'autre, de terrains de transport. On se trouve ainsi, en suivant la série micacée, dans la classe intermédiaire, sans avoir pu remarquer que l'on quittait la classe primordiale. Ailleurs, dans une masse de terrain schisteux regardé de tout temps comme primitif, on découvre tout-à-coup quelques débris d'êtres organisés, débris extrêmement rares, mais qui suffisent pour prouver l'existence de ces êtres, antérieurement à la formation du terrain qui les renferme; on est ainsi conduit, chaque jour, à renvoyer à la seconde classe les terrains schisteux qu'on croyait les mieux placés dans la première.

La *série feldspathique* comprend les terrains de pegmatite, d'eurite schistoïde, d'eurite compacte et de petrosilex, enfin les terrains de porphyre. Le pegmatite, ou granite graphique, paraît ne constituer que des masses subordonnées au granite et au gneiss; mais il présente partout des caractères qui lui sont propres, et qui méritent plus d'attention qu'on n'en a donné jusqu'ici à ce terrain. Il en est de même pour l'eurite schistoïde (*weisstein* des Allemands), qu'on a confondu avec le gneiss, mais qui paraît constituer une formation assez généralement répandue, antérieure au gneiss, et qui semble lier les séries feldspathique et micacée. Le pétrosilex et l'eurite compacte sont le

plus souvent subordonnés aux terrains de la série micacée, mais quelquefois ils constituent une formation indépendante, avec certains porphyres et variolites, formation qui s'appuie immédiatement sur le granite, lequel présente alors des passages complets à ces divers terrains feldspathiques. Le porphyre et l'eurite porphyroïde sont aussi quelquefois subordonnés aux terrains micacés; mais une formation beaucoup plus générale de porphyre et d'argilophyre se présente en masses considérables, au-dessus de tous les terrains primordiaux, avec des caractères qui rendent sa primordialité très-douteuse, des passages insensibles aux terrains des classes suivantes, et souvent des analogies frappantes avec certains terrains que l'on regarde comme volcaniques. Avec cette formation douteuse, on reconnaît quelquefois la syénite, qui nous montre le mélange de l'amphibole avec les roches feldspathiques, à la fin des époques primordiales.

Dans la *série quarzeuse*, on trouve d'abord la roche granitoïde que M. Brongniart a nommée *hyalomicté* (*greisen* des Allemands), et qui paraît constituer un terrain peu généralement répandu, peu connu, mais fidèle indicateur des minerais d'étain; puis les roches de quartz grenu ou compacte, mélangé de mica ou de talc, auxquelles j'ai cru devoir proposer d'appliquer le nom général de *quartzite*, et qui forment des masses subordonnées, souvent très-puissantes, dans tous les terrains micacés ou talqueux; enfin le jaspe schistoïde, ordinairement associé aux formations schisteuses.

De nombreuses et intéressantes analogies se

présentent, entre les faits offerts au géologue par les séries feldspathique et micacée, et ceux que lui offre la *série talqueuse*; analogies d'autant plus remarquables, qu'elles semblent souvent correspondre à celles qui lient, comme espèces minérales, le mica et le talc. On sait depuis long-temps combien ces deux substances, qui ont tant de rapports entre elles, sous le point de vue oryctognostique, sont géognostiquement différentes; mais on sait aussi combien les schistes talqueux passent fréquemment aux schistes et aux phyllades micacés.

La protogyne, les stéaschistes et l'ophiolite ou roches à base de serpentine, composent les masses principales de cette série; mais le stéaschiste est surtout dominant. Ses différentes variétés, feldspathique, quarzeuse et talqueuse, semblent correspondre aux gneiss, micaschiste et phyllade de la série micacée, et offrir entre elles à-peu-près les mêmes relations d'ancienneté. Chacune d'elles paraît aussi liée avec le terrain micacé qui lui correspond, et présente avec lui des passages nombreux, sur-tout dans les formations des dernières époques primordiales, où les parties constituantes sont plus intimement mélangées; car c'est sur-tout à ces dernières époques que paraissent se rapporter les terrains talqueux, ainsi que les belles observations de M. Brochant l'ont fait connaître; cependant, on en aperçoit déjà des traces, mais peu considérables, subordonnées aux plus anciennes formations postérieures au premier granite.

La protogyne est le granite des terrains talqueux; mais ici rien ne tient la place du granite ancien: la protogyne, intimement liée aux

stéaschistes, auxquels elle passe par des nuances insensibles et multipliées, correspond aux terrains de granite subordonnés aux formations micacées, et il est remarquable que, comme ceux-ci, elle constitue de hautes sommités. Tous les terrains dont nous venons de parler font partie de la grande *série schisteuse* de Werner. La serpentine et les roches dont cette substance forme la base, n'y sont au contraire pas comprises, et cependant elles sont bien intimement liées aux précédentes, puisque le talc en forme le principe constituant essentiel; mais on ne peut s'empêcher de reconnaître qu'on trouve ici des passages moins nombreux qu'une semblable ressemblance intime ne pourrait le faire présupposer. Il semble que quelque principe, qui a jusqu'à présent échappé à nos recherches, établit une différence importante entre les ophiolites et les terrains talqueux feuilletés. Les ophiolites présentent, au contraire, des analogies frappantes avec les terrains pétrosilicieux et porphyriques, composés comme eux d'une pâte dans laquelle un petit nombre de cristaux seulement se sont formés. De même que ceux-ci, les terrains serpentiniteux se présentent d'abord en couches subordonnées, dans les plus anciennes formations micacées, et constituent ensuite, à la fin des époques primordiales, une formation plus importante, dont les circonstances de gissement sont analogues à celles des porphyres. Enfin, pour dernière ressemblance, on observera l'apparition de l'euphotide, ou roche granitoïde drallagique, et sa liaison presque constante avec la grande formation serpentiniteuse, dans des relations entièrement semblables à celles que nous

offre le porphyre avec la syénite. La diallage se présente ici à la même époque et de la même manière que l'amphibole dans l'autre série; cette circonstance paraît d'autant plus mériter d'être remarquée, que la diallage se rapproche peut-être de l'amphibole, par ses caractères oryctognostiques, autant que le talc se rapproche du mica.

Les terrains schisteux de la série talqueuse présentent, avec les terrains de même nature de la classe intermédiaire, une liaison aussi intime et des passages aussi insensibles, que tout ce que nous avons observé sur les séries précédentes.

La série amphibolique se compose de terrains d'amphibolite ou roche de hornblende, de diabase ou *grünstein*, d'ophite, ou porphyre vert, de mélaphyre ou porphyre noir, de trappite et de cornéenne. Les deux premiers terrains se présentent d'abord en bancs subordonnés aux anciens terrains micacés, puis en formations plus puissantes, contemporaines aux terrains de phyllade, et offrant avec eux de nombreux passages; on indique aussi une troisième formation de diabase, contemporaine à celle des porphyres, et renfermant les mélaphyres et les ophites. Les trappiats et les cornéennes sont moins généralement répandues et moins bien connues. Ils paraissent cependant constituer des formations analogues aux précédentes, et, comme elles, ils passent insensiblement aux terrains de la classe suivante.

Enfin la série calcaire, composée soit de calcaire pur, soit de cipolin, semble constituer une suite non interrompue de formations subor-

données à tous les terrains micacés, talqueux et amphiboliques, suite qui traverse toute la période primordiale, sans que les roches dont elle est formée changent de nature, et qui passe avec les mêmes caractères à la classe suivante. Les passages des terrains calcaires aux terrains des autres séries présentent souvent la circonstance inverse de celle que nous avons remarquée dans les terrains schisteux, en ce que les mélanges qui constituent ces passages, étant formés de parties visibles, de nature essentiellement différente l'une de l'autre, ces mélanges constituent des agrégats bien distincts de toutes les autres roches, et auxquels M. Brongniart a donné les noms de *calschiste*, d'*ophicalce*, d'*hémithrène*, etc.

Dans le résumé relatif à la première classe, j'ai cherché à indiquer, pour tous les terrains des différentes séries, un ordre général d'ancienneté, ou une classification en *formations*; mais on ne peut établir cet ordre que d'après les rapports de gisement de terrains universellement répandus; et aucun terrain, même dans les formations micacées, qui sont les plus générales, n'est assez universel pour qu'on puisse reconnaître, d'une manière positive, ses rapports d'ancienneté avec certains terrains d'autres séries, qui paraissent de formation à-peu-près contemporaine: il n'est donc pas possible d'assigner aux derniers une position précise dans l'ordre général. Il faut en faire abstraction dans la détermination de cet ordre, sauf à indiquer ensuite la place qu'ils paraissent occuper, dans des lignes supposées paral-

lèles à celle sur laquelle on aura marqué les divisions.

L'ordre d'ancienneté suivant paraît à peu près résulter de ce qui a été dit relativement à chaque terrain.

1°. GRANITE seul.

2°. GRANITE avec porphyre, gneiss, pegmatite, hyalomictes, quartzite, terrains amphiboliques, et calcaire.

3°. GNEISS avec granite, eurite porphyroïde, porphyre, pegmatite, quartzite, amphibolite, diabase, micaschiste, stéaschiste feldspathique, ophiolite, et calcaire.

4°. MICASCHISTE avec granite, gneiss, porphyre, quartzite, amphibolite, diabase, stéaschiste quartzueux, calcaire, et phyllade.

5°. PHYLLADE avec granite, gneiss, micaschiste, schiste, porphyre, eurite compacte, quartzite, amphibolite, diabase, trappite, stéaschiste, et calcaire.

Ici l'on observe souvent une liaison tellement complète avec des terrains analogues, mais qu'on doit rapporter à la seconde classe, qu'on est souvent conduit à douter de la primordialité des terrains de phyllades. Cependant, on retrouve, sur le phyllade, dans plusieurs contrées:

6°. Un second GNEISS avec granite, micaschiste, stéaschiste, quartzite, calcaire, etc.

On considère encore comme primordiales, quoique postérieures au phyllade, et comme assez généralement répandues, quoique moins universelles que les terrains de la série micacée, les formations suivantes:

7°. OPHIOLITE avec calcaire et euphotide.

8°. PORPHYRE et SYÉNITE avec granite, ophite, mélaphyre, variolite, et spillite ou amygdaloïde. Ici la primordialité est encore plus douteuse que pour tout ce qui précède.

Parmi les FORMATIONS FELDSPATHIQUES indépendantes, celle de l'eurite schistoïde (*weisslein*), avec granite et ophiolite, se place entre les numéros 1 et 3, peut-être entre les numéros 1 et 2. Elle mériterait probablement d'être indiquée, dans le tableau précédent, comme formation générale; les autres, composées de pétrosilex, eurite compacte ou porphyroïde, porphyre, variolite, etc., paraissent à peu près contemporaines des numéros 3 et 4.

Les plus anciennes FORMATIONS TALQUEUSES indépendantes, composées de protogyne et de stéachiste, sont probablement contemporaines seulement du numéro 5. Il en est de même pour les TERRAINS AMPHIBOLIQUES et CALCAIRES, si, dans ces deux séries, il existe réellement des formations primordiales indépendantes, ce qui paraît douteux, eu égard à la liaison intime qui semble exister entre tous les terrains en grandes masses de ces séries, et les terrains analogues de la classe suivante.

L'examen critique du tableau précédent peut porter à réduire le nombre des formations qu'il renferme, soit en réunissant ensemble les divers terrains de roches feuilletées, soit en regardant comme plus que douteuse la primordialité d'une partie de ces terrains, et à plus forte raison celle des terrains de serpentine et de porphyre, qui les suivent. Plus on examine, plus on doute qu'il y ait en géognosie des classes bien séparées, des espèces bien déterminées; plus on pense qu'il

faut se borner à faire connaître, pour faciliter l'étude des terrains, de certains types autour desquels on doit grouper ce qui en diffère le moins, en indiquant ensuite, et seulement comme probable, une place pour chaque groupe, dans la grande série des formations minérales.

II^e. CLASSE.

Des terrains intermédiaires.

L'apparition des débris d'êtres organisés dans les roches, tel peu important que puisse paraître, sous le rapport physique, un fait qui s'annonce d'abord d'une manière si rare, et celle des débris de roches antérieures, qui manifeste dans la production des terrains une action mécanique, un genre de phénomène tout-à-fait différent de celui auquel on peut attribuer les terrains cristallins, déterminent la seule ligne de démarcation tranchée qui paraisse exister pour les formations anciennes; et les terrains intermédiaires doivent donc être considérés seulement comme les plus anciens terrains secondaires; mais ils ne ressemblent en rien, du reste, aux terrains secondaires plus modernes: ils conservent au contraire toute la disposition, tous les autres caractères des formations primordiales, et d'ailleurs les terrains primordiaux les plus éminemment cristallins se retrouvent dans la classe intermédiaire, alternant avec des terrains de sédiment et de transport, qui renferment des fossiles. Ainsi la cause, incompréhensible pour nous, qui a pu tenir en dissolution les roches cristallines, s'est renouvelée après que de grandes révolutions avaient déjà bouleversé le sol que la

précipitation chimique avait primitivement produit, après l'apparition des êtres vivans à la surface du globe; elle s'est renouvelée à plusieurs reprises en alternant, pour ainsi dire, avec des bouleversemens mécaniques; bien plus, on observe entre les produits de ces deux genres de phénomènes si différens, des espèces de nuances intermédiaires, des passages, les plus incompréhensibles peut-être de tous ceux que nous présente l'étude des terrains; les couches des derniers suivent d'ailleurs celles des terrains primordiaux, avec un gisement tout-à-fait *concordant* ou *parallèle*; le changement de nature de la roche est même souvent insensible, et il faut attendre à avoir rencontré quelques *fossiles*, ou quelques *galets*, pour déterminer non pas que là est la limite entre les deux classes, mais seulement que les terrains intermédiaires remontent sûrement jusque-là, en attendant que de nouvelles observations analogues prouvent qu'ils remontent encore plus haut.

Il résulte de la confirmation de ces idées, opposées aux anciens principes géognostiques, et qui ne sont que l'application développée du principe que Werner a posé, en établissant la classe des *terrains de transition*; il en résulte que presque tous les terrains réputés primordiaux demandent aujourd'hui un nouvel examen, avant d'être confirmés dans la place qu'on leur avait jadis assignée, autant par conclusion des principes reconnus comme généralement applicables, que par suite d'observations spéciales. En effet, observant avec des idées générales toutes faites, sur l'antériorité constante de certains terrains, relativement aux autres, on était conduit,

même sans s'en douter, à remarquer sur-tout les faits qui présentaient une application de plus de ces idées, et on aurait cru perdre complètement son temps, en cherchant à approfondir les inductions qui semblaient conduire à des idées contraires, à étudier ce qu'on regardait comme des anomalies apparentes. Aujourd'hui, que ces anomalies sont bien prouvées pour un certain nombre de pays, on doit croire qu'il peut en être de même presque partout; et il en résulte une incertitude générale, relativement aux rapports géognostiques et à la classification des terrains anciens. Cependant des observations récentes, faites avec soin, et précisément dans le but de chercher à reconnaître ce qui *était vrai*, abstraction faite de ce qu'on avait cru *devoir être vrai*, ont montré aussi, pour plusieurs localités, la confirmation des principes anciens: on est donc fondé à les conserver, mais sans leur donner une généralité absolue, et il faut seulement indiquer, relativement à chaque objet, les doutes que l'état actuel de la science peut avoir fait naître, ou avoir contribué à lever.

On retrouve, dans la classe intermédiaire, la continuation des six séries de terrains qu'on a suivies dans la classe primordiale, et l'on y voit commencer trois séries nouvelles. Mais la précipitation qui, pour une partie des terrains, devient de plus en plus confuse, ainsi que l'abondance des terrains de sédiment et de transport, apportent des changemens dans la nature des séries, et augmentent leur mélange.

La *série talqueuse* ne se montre que dans les formations les plus anciennes de la classe; formations qui semblent être la suite immédiate de

celles de la fin de la classe primordiale. Elle comprend des serpentines, des stéaschistes, peut-être des protogynes, et des poudingues quarzeux et stéatiteux qui passent aux terrains de transport de la série micacée, et se confondent avec eux. Dans les formations postérieures, le talc ne reparaît plus.

La *série micacée* est encore, dans cette classe, celle à laquelle appartiennent les terrains les plus généralement répandus; ces terrains sont des phyllades et des schistes qui forment la suite non-interrompue de ceux de la classe primordiale, mais dans lesquels on commence à rencontrer quelques débris de corps organisés, et des terrains de transport, connus sous le nom de *grauwacke*, auxquels ces phyllades passent souvent de la manière la plus complète. Ici le mica n'est plus reconnaissable dans la masse générale des roches. Les terrains de transport de cette série renferment d'ailleurs de nombreux galets des terrains quarzeux et feldspathiques; ils reçoivent ou absorbent, si l'on peut s'exprimer ainsi, la suite de la série talqueuse. En conséquence de ces changemens, j'ai cru plus convenable de désigner la prolongation de cette série, sous le nom de *série schisteuse*, quoiqu'elle ne comprenne pas encore toute la série schisteuse de Werner.

Les terrains de la *série quartzeuse* paraissent, dans la classe intermédiaire, intimement liés avec ceux des séries talqueuse et micacée; ils alternent toujours avec les uns ou les autres, se mélangent avec eux, par des passages nombreux, et se fondent aussi en partie dans les terrains de *grauwacke*; mais on observe également des terrains de transport entièrement quartzeux, brè-

ches, poudingues et grès, ainsi que toutes les nuances intermédiaires entre ces roches arénacées et les quartzites et jaspes schistoides qui, entièrement semblables à ceux de la classe primitive, constituent encore ici la masse principale de la série.

La *série calcaire* devient plus importante que dans la première classe. Plusieurs des terrains qui la composent sont en connexion intime avec ceux des séries micacée, talqueuse et quartzueuse; elle constitue une formation à-peu-près non-interrompue dans toute la période intermédiaire, mais qu'on peut essayer de diviser, pour faciliter l'étude, en trois formations partielles, dont l'une est subordonnée aux plus anciens terrains intermédiaires, talqueux et micacés; la seconde est subordonnée aux terrains de *grauwacke*, et la troisième se présente comme formation indépendante. La première comprend des calcaires saccharoïdes et des cipolins entièrement semblables aux calcaires primordiaux; dans la seconde et la troisième se présentent les ophicalces ou *marbres campons*, et les calcaires sublaminaires, qui passent d'une manière insensible aux anciens calcaires secondaires. Dans les deux dernières, les débris de corps organisés commencent à se montrer en abondance: ils sont quelquefois si abondans, que la masse entière de terrain calcaire paraît formée de madrépores, et qu'on est porté à la regarder comme ayant été un banc de polypiers, analogue à ceux qui existent aujourd'hui dans les mers.

Dans la *série amphibolique* on trouve quelques amphibolites semblables à ceux de la classe primitive, des diabases, des ophites, et des trap-

pites subordonnés à différens terrains schisteux ou calcaires; enfin des cornéennes et des spillites ou amygdaloïdes, qui constituent au moins deux formations distinctes: l'une, que j'ai désignée sous le nom géognostique de *spillite variolé*, comprend le *blatterstein* ou *perlstein du Hartz*, le *schaalstein* de Dillenburg, la variolite du Drac, etc., et forme un terrain particulier qui se présente, avec les mêmes caractères et les mêmes associations, dans plusieurs contrées éloignées les unes des autres; la seconde, qui comprend la cornéenne et les amygdaloïdes proprement dites, ou *mandelstein* des Allemands, se présente souvent avec des caractères de gisement fort douteux, qui la font regarder alors comme appartenant aux terrains secondaires, ou même aux terrains volcaniques. Ici commence peut-être la confusion entre les terrains amphiboliques et les terrains pyroxéniques; confusion qui m'a déterminé à désigner la suite de la série sous le nom de *série trap-péenne*.

La *série feldspathique* présente, d'une manière encore plus remarquable que la précédente, des roches cristallines dures, entièrement semblables à celles des plus anciens terrains primordiaux. On y remarque: 1°. des terrains de pétrosilex et d'eurite, subordonnés aux phyllades, aux *grauwackes* et aux calcaires intermédiaires, ou renfermant des couches d'anthracite et des psammites micacés; 2°. des terrains, beaucoup plus considérables, de porphyre, de syénite, de protogyne, et même de granite, superposés aux calcaires coquillers ou aux terrains de transport de la série schisteuse. Peut-être doit-on rapporter ici tout le terrain granitique du Hartz, et celui

de plusieurs autres contrées, regardé long-temps comme appartenant aux formations les plus primitives. Le porphyre, que l'on rapporte à cette formation, présente les analogies les plus frappantes, d'une part, avec ceux auxquels on a donné le nom de *formation principale de porphyre*, et qui sont classés comme primordiaux; d'autre part, avec ceux qui sont subordonnés aux terrains de *grès rouge*, et qu'on doit ranger dans la classe secondaire; enfin quelquefois aussi avec les terrains trachytiques, que l'on considère aujourd'hui comme produits par d'anciens volcans.

Les séries *gypseuse* et *saline* commencent à se montrer dans la classe intermédiaire, puisque les observations de M. Brochant de Villiers ont fait connaître que les gypses des Alpes n'étaient point primitifs, ainsi qu'on l'a cru pendant long-temps. Les terrains gypseux sont ou subordonnés aux formations calcaire et schisteuse, ou superposés à ces terrains. Les uns et les autres ont cependant beaucoup de caractères communs, et semblent intimement liés entre eux; mais les seconds sont aussi entièrement semblables aux anciens gypses secondaires; et l'on voit ici un des passages les plus insensibles d'une classe à l'autre. Le sel se présente souvent associé au gypse, ainsi que de nombreuses sources salées; mais des sources semblables sortent ailleurs de terrains de nature bien différente.

La *série charbonneuse* commence également ici: elle comprend une formation d'antracite, qu'on a long-temps rapportée par erreur aux terrains primordiaux, et peut-être une formation de houille. On voit encore, sur cette ligne, un passage tellement insensible aux formations ran-

gées dans la classe secondaire, qu'on ne sait dans quelle classe placer certains terrains houillers.

Le résumé de l'examen de la classe intermédiaire fait apercevoir que les terrains de la série talqueuse, et les premiers de ceux de la série micacée, sont probablement au nombre des plus anciens de cette classe; mais, pour tout le reste, on voit les membres des différentes séries se présenter indistinctement au-dessous, au milieu, et au-dessus les uns des autres; de manière qu'il paraît à-peu-près impossible, dans l'état actuel de nos connaissances, d'y déterminer des *formations* ou des espèces géognostiques, et qu'on est porté à regarder le tout comme une grande famille dont tous les membres sont à-peu-près confondus entre eux. Cependant il est bien probable que des observations ultérieures donneront, pour la division de cette classe, des lumières qui nous manquent aujourd'hui. On peut le croire en remarquant que, parmi les terrains intermédiaires, les uns se confondent avec les terrains primordiaux, et que d'autres se confondent tellement avec les anciens terrains secondaires, que la limite qu'on a posée entre les deuxième et troisième classes doit être considérée comme à-peu-près entièrement arbitraire en théorie, et presque impossible à reconnaître dans la pratique.

III^e. CLASSE.

Des Terrains secondaires.

Ici commence la seconde grande classe des mineurs, celle des *terrains à couches*; mais cette classe est tellement étendue et tellement variée, qu'avant de chercher à déterminer les espèces

géognostiques qu'elle renferme, ou à étudier, dans chaque série, les terrains qui composent ces espèces, il est nécessaire d'établir dans la classe quelques grandes subdivisions.

La division la plus tranchée est celle sur la limite de laquelle se présente le terrain de craie : jusqu'à la craie, tout se suit d'une manière continue; mais la disposition des terrains fait penser qu'un grand intervalle de temps s'est écoulé entre le dépôt de la craie et celui des terrains les plus anciens après elle. Cette distinction autorise suffisamment le renvoi, dans une classe particulière, de tout ce qui est postérieur ou supérieur à la craie. Je désigne les terrains de cette classe sous le nom de *terrains tertiaires*; dénomination employée jusqu'ici, par plusieurs géologues, dans des acceptions diverses et peu nettement déterminées.

Mais l'ensemble formé par la craie et tout ce qui la précède, est encore trop considérable et trop varié, pour être étudié à-la-fois; il faut y introduire une seconde grande division. Cette division peut être placée entre les formations qui présentent encore assez constamment des couches inclinées, des terrains cristallins intercalés, des filons métalliques, etc., et celles qui n'offrent plus aucun de ces caractères. Je crois devoir déterminer ainsi deux groupes de terrains secondaires, que je désigne sous les noms de *terrains secondaires inférieurs* et *supérieurs*.

Premier groupe.

Les terrains de ce groupe ont de tels rapports avec ceux de la classe intermédiaire, et sont si intimement liés avec eux, qu'il est souvent pres-

que impossible de les en distinguer, et qu'on a proposé plusieurs fois de réunir le tout en une seule classe; mais cette réunion n'embrassait pas la totalité du groupe, et ceux des terrains qu'on laissait en dehors, ont, avec ceux que l'on classait ainsi, une connexion plus grande encore que ne l'est la connexion de ceux-ci avec les précédents. Il paraît donc plus convenable, puisque nous sommes obligés d'établir des divisions artificielles, dans le grand ensemble que la nature nous présente si intimement uni, de laisser une de ces divisions à la place qu'on lui a constamment assignée, que de la reporter ailleurs, où elle serait probablement encore plus mal.

Les terrains de ce groupe ont été, depuis vingt ans, l'objet de beaucoup d'études et d'observations, particulièrement dans les Alpes et dans le centre de l'Allemagne; mais les opinions sont encore extrêmement partagées, relativement à la classification en *formations* ou espèces de terrains qu'il renferme. On y reconnaît la continuation de toutes les séries qui se sont déjà présentées dans les classes précédentes; on y reconnaît encore des terrains cristallins qui alternent avec des terrains de sédiment et des terrains de transport très-abondans. Ces derniers mélangent souvent entre eux les principes constituans de différentes séries, particulièrement des séries schisteuse et quartzreuse: des terrains extrêmement étendus, connus sous le nom de *grès rouge*, sont le principal produit de ces mélanges, et ils constituent, dans beaucoup de contrées, les masses les plus abondantes de toutes les formations du groupe.

Dans la série schisteuse se présentent princi-

palement des terrains de phyllade pailleté, et des psammites micacés, argileux ou quartzeux, alternant ensemble, renfermant souvent des couches de houille, contenant des empreintes de fougères, de graminées, et quelquefois des coquilles d'eau douce, et constituant la formation connue sous le nom de *terrain houiller*; formation que beaucoup de géologues regardent comme devant être rangée dans la classe intermédiaire, que d'autres indiquent comme subordonnée au terrain de *grès rouge*, mais qui probablement a été déposée, tant avec les derniers terrains de la seconde classe, qu'avec les premiers de la classe suivante, et qui forme la suite des terrains de *grauwacke*, auxquels les psammites houillers sont quelquefois parfaitement semblables. Dans plusieurs localités, les phyllades se présentent seuls, sans psammite et sans houille; ailleurs, ce sont des argiles schisteuses, des argiles sableuses, et autres terrains encore peu connus, parce que les géologues n'ont que très-peu étudié jusqu'à présent, les masses minérales qui ne forment pas des couches solides.

Entre les deux séries *schisteuse* et *quartzeuse*, ou comme *appendice* à la première, se présentent les terrains de psammite rougeâtre et micacé; de poudingue, de pséphite, etc., nommés généralement *grès rouge*, dont les deux formations, désignées sous les dénominations de *grès rouge ancien* (*todteliegende*) et de *grès bigarré*, sont tantôt immédiatement superposées l'une à l'autre, et se confondent alors entre elles, tantôt séparées par des terrains calcaires et gypseux, plus ou moins étendus. Le *grès rouge ancien* est remarquable sur-tout par l'extrême variété de sa composition,

et par ses passages nombreux et insensibles à des terrains de toute nature, qu'il renferme comme subordonnés même à des terrains cristallins très-caractérisés. Situé, en Angleterre, au-dessous du terrain houiller, il lui est partout ailleurs contemporain ou supérieur, et toujours au-dessous des calcaires et des gypses secondaires les plus anciens. Le grès bigarré, au contraire, repose sur les terrains calcaires ou gypseux, ou immédiatement sur le grès rouge ancien; il contient une proportion considérable d'argile; il renferme, comme subordonnés, un terrain gypseux et un terrain d'oolithe.

Il ne paraît pas bien constant que les terrains de grès rouge renferment d'autres débris de corps organisés, que de nombreux fragmens de bois silicifié.

La *série quartzeuse* présente de véritables *grès* subordonnés au terrain houiller et au *grès rouge*, et des jaspes schistoïdes subordonnés aux mêmes terrains ou au calcaire alpin.

Dans la *série feldspathique*; des terrains de pétrosilex et de porphyre se montrent comme subordonnés au terrain houiller et au grès rouge ancien, et on observe les passages les plus insensibles et les plus singuliers de la roche cristalline à la roche arénacée.

La *série amphibolique* ou *trappéenne* présente également des cornéennes et des spillites ou amygdaloïdes, subordonnées aux mêmes terrains de transport, et offrant avec eux les mêmes passages. La confusion, déjà remarquée plus haut, entre les terrains amphiboliques et les terrains pyroxéniques, existe ici plus fortement peut-être encore que dans la classe intermédiaire.

Dans la *série calcaire*, se présentent des terrains généralement répandus, réunis par plusieurs géologues sous le nom de *calcaire alpin*, distingués par d'autres sous des dénominations très-nombreuses. Ils forment des masses puissantes qui se suivent, d'une manière non interrompue, à travers toutes les formations du groupe, et que j'ai essayé de classer en trois formations ou subdivisions principales, sous les noms de *calcaire marbre*, *calcaire argileux*, et *calcaire caveux* ou *fétide*. Le calcaire marbre, entièrement semblable aux calcaires intermédiaires, semble quelquefois se confondre avec eux; ailleurs il se présente en bancs subordonnés dans le grès rouge ou dans le terrain houiller, ou en grandes masses sur le grès rouge, ou en gisement transgressif sur les terrains intermédiaires. Le calcaire argileux comprend le psammite calcaire (*weiss liegende* des Allemands), le schiste marno-bitumineux, et le calcaire compacte, connu sous le nom de *zechstein*. Les calcaires de la troisième subdivision sont beaucoup plus variés. Ils se montrent souvent associés à une formation gypseuse et saline, ou à des minerais de fer. On les désigne sous les noms de *calcaire marneux-caveux* (*rauchwacke*), *calcaire marneux-pulvérulent* (*asche*), *calcaire fétide* (*stinkstein*), *calcaire rude* (*rauhkalk*), *calcaire à cavernes*, *calcaire ferrugineux*, *calcaire à gryphites*, *calcaire à lumachelles*, etc. Peut-être les grandes masses indépendantes de *fer spathique* appartiennent-elles à cette formation.

La plus grande partie des *calcaires calaminaires* paraît appartenir aussi aux diverses

formations du calcaire alpin. Le calcaire magnésien des Anglais appartient peut-être aux dernières subdivisions. Il en est de même du *calcaire salifère* du midi de l'Allemagne, du *calcaire argileux* du Boulonnais; enfin d'une grande partie du *calcaire du Jura*. Mais dans le Jura se présentent au moins trois formations, lesquelles, distinctes en quelques points, se confondent en un grand nombre d'autres: la formation inférieure paraît bien analogue au calcaire alpin; la supérieure appartient au groupe des terrains secondaires supérieurs; la formation du milieu, remarquable sur-tout par les nombreuses couches d'*oolithe* qu'elle renferme, se place probablement à la limite des deux groupes.

Une formation de *calcaire oolithique* se présente aussi subordonnée au *grès bigarré*.

On peut dire que, quoiqu'il existe en géologie un très-grand nombre d'incertitudes, relativement aux limites et aux relations des diverses formations de même nature, nulle part ces incertitudes ne sont plus nombreuses et plus fortes que dans la classification des calcaires secondaires inférieurs. Il faudra encore beaucoup d'observations de gisement, il faudra parvenir à la détermination des espèces, dans les nombreux genres de coquilles marines qu'ils renferment, avant de pouvoir classer ces calcaires avec un peu de précision.

On doit réunir, dans ce groupe, comme dans la classe précédente, les *séries gypseuse et saline*, parce que le sel y est presque toujours accompagné de gypse; mais le gypse n'est pas aussi constamment accompagné de sel. L'un et l'autre se présentent, en couches ou en amas, soit dans

le calcaire alpin, soit au-dessus du calcaire alpin, soit dans le *grès bigarré*. On peut ainsi distinguer trois formations de ces terrains, formations qui sont intimement liées l'une à l'autre, et paraissent souvent se confondre.

La première formation peut elle-même être subdivisée; tantôt le gypse se présente dans le calcaire argileux compacte, et il est alors accompagné de sel et de nombreuses sources salées; tantôt il appartient aux assises supérieures du calcaire alpin, c'est-à-dire au calcaire fétide: on n'y observe plus alors de sel; mais il renferme de vastes cavernes d'une espèce particulière, dont on attribue l'existence à la dissolution d'anciennes masses salines. Ce dernier mode de gisement forme un passage complet à celui de la seconde formation qui est superposée au calcaire alpin; mais ici le sel et l'argile salifère sont souvent dominants, et le terrain renferme alors des débris de corps organisés qui manquent dans les formations plus gypseuses. Il y a encore liaison intime entre cette formation et la troisième où le gypse est associé à l'argile du *grès bigarré*, et de laquelle paraissent sortir une grande partie des sources salées de l'Allemagne.

La *série charbonneuse* a pris son plus grand développement dans ce groupe; elle se compose, 1°. dans le *terrain houiller*, proprement dit, de couches de houille bitumineuse, et d'anthracite; 2°. dans le *grès rouge ancien*, de couches de houille bitumineuse et de *schiste charbonneux*, substance qui semble comme moyenne entre la houille et le schiste marno-bitumineux. Dans ces deux formations, la houille renferme les débris et les empreintes de végétaux qui lui sont propres; mais on n'y connaît pas de

fossiles marins; 3°. dans le *calcaire alpin*, de couches de houille sèche ou maigre, avec coquilles marines, et d'indices de lignite dont le gisement n'est pas déterminé; 4°. dans le *grès bigarré*, de petites couches de houille sèche et argileuse, de petits amas de lignite et de succin, le tout accompagné, dit-on, de coquilles marines; mais tout ce qui a rapport à la formation charbonneuse du *grès bigarré*, est encore peu connu et douteux.

Dans le *résumé* relatif au groupe des terrains secondaires inférieurs, se représentent, pour la détermination d'un ordre général de formations, des difficultés analogues à celles qu'a offertes le *résumé* de la classe primordiale, mais qui deviennent ici d'autant plus grandes, que l'universalité des formations diminue toujours avec leur ancienneté, et que celles qui sont encore généralement répandues, prennent dans chaque localité des caractères particuliers qui les rendent quelquefois presque méconnaissables. Ce n'est donc qu'avec beaucoup d'incertitude et de défiance, que j'ai indiqué l'ordre général suivant:

1°. TERRAIN HOULLER, c'est-à-dire terrain de phyllade, de psammite et de houille (alternant ordinairement tous trois ensemble, mais quelquefois formés presque entièrement de phyllade), avec jaspe schistoïde, pétrosilex, porphyre, cornéenne, spillite, et calcaire marbre. Cette formation appartient peut-être à la seconde classe.

2°. TERRAIN DE GRÈS ROUGE ANCIEN, avec porphyre, argilophyre, cornéenne, spillite, phyllade, schiste charbonneux, houille, poudingue, grès, et calcaire marbre.

3°. CALCAIRE MARBRE, avec phyllade, psam-

mite, houille, grès rouge, et calcaire calaminaire.

4°. CALCAIRE ARGILEUX, OU CALCAIRE ALPIN, proprement dit, avec calcaire calaminaire, houille, phyllade, argile schisteuse, psammite, *grès vert*, *grès blanc*, jaspe schistoïde, gypse et sel gemme.

5°. CALCAIRE CAVERNEUX, OU FÉTIDE, avec gypse, sel gemme, argile feuilletée, marne, psammite, grès, jaspe schistoïde, silex corné, bitume, fer oxidé, fer hydraté, fer spathique.

6°. SEL GEMME, avec argile et gypse.

7°. GRÈS ROUGE NOUVEAU, OU GRÈS BIGARRÉ, avec argile, grès, sable, *grès vert*, oolithe, calcaire marneux, gypse, sel gemme, fer oxidé argileux, houille, et *nagelfluë*?

La liaison entre toutes ces formations est telle, que plusieurs géologues les réunissent sous la dénomination générale de *formation du grès rouge*, terrain auquel ils regardent tous les autres comme étant subordonnés, sauf certains terrains houillers qu'ils rangent dans la classe précédente.

Sur chaque série, la liaison est aussi tellement grande, tant avec les terrains de la classe précédente qu'avec ceux du groupe suivant, que les limites sont souvent impossibles à déterminer.

Avec ce groupe cessent les terrains cristallins (qu'on ne retrouve plus que dans les formations réputées volcaniques), les couches inclinées, et les filons, couches et amas de minerais métalliques, autres que certains minerais de fer.

Second groupe.

Nous arrivons à l'époque à laquelle la série calcaire, après avoir continuellement augmenté de

puissance, depuis les plus anciennes formations postérieures au premier granite, est devenue essentiellement prédominante. Les terrains de cette série composent la masse presque totale des formations du groupe des *terrains secondaires supérieurs*. Les autres séries générales ne présentent plus que des terrains de transport, parmi lesquels le quartz seul conserve quelquefois sa pureté.

Les principes constituans des autres terrains anciens sont tous confondus et méconnaissables; les séries feldspathique, amphibolique, schisteuse, etc., ont disparu; et à leur place, on ne voit plus que des argiles. Parmi les séries moins générales, on retrouve seulement ici la suite de la série charbonneuse.

La *série calcaire* se compose, dans ce groupe, de deux terrains connus sous les noms de *calcaire coquiller* et de *craie*. Ces terrains ne se présentent pas ordinairement dans les mêmes contrées, et il ne paraît pas qu'on ait jamais observé la superposition directe de l'un à l'autre; cependant, lorsqu'ils se rapprochent à la surface du sol, le calcaire coquiller paraît s'enfoncer sous la craie, et les deux formations semblent séparées par une formation sableuse ou argileuse. Dans ce dernier cas, l'argile est souvent marneuse, et présente des passages complets à chacun des deux terrains calcaires.

Les couches inférieures du calcaire coquiller passent au calcaire oolithique du Jura, ou à un psammite calcaire, selon qu'il recouvre les calcaires plus anciens ou le grès bigarré. Il renferme de nombreuses couches d'argile marneuse feuilletée, des rognons, veinules, ou couches minces de silex corné, et des couches ou amas ir-

réguliers de minerai de fer hydraté. Il renferme aussi des couches minces de houille argileuse.

La craie renferme des rognons ou des couches minces de silex pyromaque; ses couches inférieures sont parsemées de points verts qu'on croit analogues à la chlorite; leur tissu est plus grossier, elles deviennent sableuses ou argileuses. Au-dessous de la craie se trouvent souvent des argiles glaises très-prononcées, ou des sables.

Dans la *série quarzeuse* on remarque principalement un terrain de grès et poudingue, connu en allemand sous le nom de *quader sandstein*, et que je désigne sous celui de *grès blanc*, renfermant des bancs d'argile schisteuse, de marne sableuse, etc., et de petites couches de houille et de minerai de fer oxidé. Quand ce terrain repose sur le *grès bigarré*, on le confond avec lui; mais ailleurs il recouvre le calcaire coquiller.

Les grès et les sables, qu'on observe en France entre le calcaire coquiller et la craie; le psammite, connu en Angleterre, dans une position géologique analogue, sous le nom de *grès vert*, se rapportent probablement à la même formation.

La *série argileuse* nous présente des couches d'argile feuilletée, glaiseuse ou marneuse, soit subordonnées au calcaire coquiller, soit subordonnées au *grès blanc*, soit situées au-dessous du terrain de craie. L'argile se mélange avec la houille de ces formations, ainsi qu'avec les couches de minerai de fer qu'elles renferment. Des poudingues argileux se rencontrent au-dessous de tous les terrains de craie et d'argile, immédiatement superposés, mais en gisement transgressif, aux terrains du groupe précédent; particulièrement au terrain houiller.

Dans la *série charbonneuse*, nous remarquons de petites couches de houille très-argileuse et très-pyriteuse, soit dans les couches supérieures du calcaire coquiller, soit dans les couches inférieures du *grès blanc*. Les fossiles végétaux que contient cette houille sont différens de ceux des houilles du groupe précédent; mais la houille est encore assez bitumineuse, et regardée par les minéralogistes allemands comme de véritable *houille*. Des indices assez nombreux de *lignite* se présentent aussi dans les terrains de grès blanc et de calcaire coquiller.

Il ne paraît pas constaté que l'on rencontre, dans ce groupe, aucun terrain appartenant aux *séries gypseuse et saline*.

Le résumé relatif au groupe des terrains secondaires supérieurs, présente l'ordre suivant, comme probable, pour le petit nombre de formations que ce groupe renferme.

1°. CALCAIRE COQUILLER, avec marne, argile, psammite calcaire, minerai de fer hydraté, houille et gypse.

2°. GRÈS BLANC, avec poudingue quarzeux, sable, psammite verdâtre ou *grès vert*, argile, marne, poudingue argileux, houille et lignite.

3°. CRAIE, avec marne, argile et silex.

IV^e. CLASSE.

Terrains tertiaires.

En arrivant à cette classe, on observe une ligne de séparation très-marquée entre les terrains précédens et ceux qui vont suivre. Nulle part on ne voit de passage de la craie aux terrains tertiaires, à plus forte raison de ceux-ci aux terrains qui sont antérieurs à la craie, lorsqu'ils

les recouvrent immédiatement. Au contraire, quoique la craie soit en couches horizontales comme tout ce qui lui est superposé, la superposition n'est pas *concordante*, parce que la surface du sol de la craie a présenté des inégalités nombreuses et considérables aux terrains qui se sont déposés sur elle horizontalement, mais en se relevant un peu quelquefois vers les pentes des terrains crayeux, et en recouvrant alors les tranches. Il y a donc eu un long intervalle et des dégradations superficielles entre le dépôt de la craie et le dépôt des terrains tertiaires. De plus, à partir de la craie, on ne trouve plus de *formations générales* : les causes qui ont produit les terrains tertiaires n'ont agi que dans les localités plus ou moins circonscrites ; les circonstances locales ont donc influé sur les formations de cette période, d'une manière plus puissante que sur les formations antérieures. On peut essayer cependant encore de rapporter ces formations aux types qui ont été déterminés dans l'*Essai sur la Géographie minéralogique des environs de Paris*, par MM. Cuvier et Brongniart. Ce bel ouvrage est le seul où l'on ait jusqu'à présent classé les terrains tertiaires avec précision, et plusieurs des subdivisions qui y sont établies ont été retrouvées exactes dans le petit nombre d'autres contrées où ces terrains ont été étudiés depuis. Il faut remarquer sur-tout, parmi les faits nouveaux et intéressans que cet ouvrage a fait connaître, l'alternative qui existe, dans les terrains tertiaires, entre les formations marines et celles qui portent l'empreinte de leur dépôt sous des eaux douces, alternative caractérisée par les fossiles que ces terrains renferment, et qui indique le retour successif, à plu-

sieurs reprises, de révolutions locales d'un genre tout-à-fait différent, dont le mélange peut paraître bien difficile à concevoir. Rappelons ici que le terrain houiller semble présenter un fait du même genre, au milieu des plus anciennes formations marines. D'autres faits analogues seront sans doute reconnus dans les classes secondaire et intermédiaire, quand les *espèces* fossiles seront mieux déterminées qu'elles ne l'ont été jusqu'ici.

L'argile, le sable, le silex, le calcaire et le gypse composent la masse des terrains tertiaires, dans lesquels on retrouve ainsi la suite des séries argileuse, quarzeuse, calcaire et gypseuse. On y retrouve aussi la suite de la série charbonneuse. Les terrains de transport de ces différentes séries se lient, par des associations et des passages nombreux, aux terrains de transport plus récents qui sont désignés sous le nom de *terrains d'alluvion*, et avec lesquels un assez grand nombre des premiers ont même été souvent confondus.

L'Essai sur la géographie minéralogique des environs de Paris, étant certainement très-connu des lecteurs des Annales, et un extrait détaillé de cet ouvrage ayant été inséré dans le tome 31 du Journal des Mines, je me contenterai de rappeler ici la liste des différens terrains déterminés par MM. Cuvier et Brongniart, avec un petit nombre d'additions, en classant d'abord le tout en *séries*, et ensuite en *formations*, et en ajoutant seulement à cette liste de courtes observations.

La *série argileuse* comprend, 1^o. l'argile plastique qui remplit le fonds des inégalités du sol de craie, sans jamais présenter aucun pas-

sage avec lui, qui alterne avec des couches de sable et de gravier, et qui ne renferme point de fossiles dans sa partie inférieure, mais contient, dans la partie supérieure, soit plusieurs coquilles marines appartenant au calcaire qui la recouvre, soit des couches de lignite avec des coquilles fluviatiles. Ce contraste entre les fossiles attribués à une même formation peut faire penser qu'il y aura lieu de faire ici quelques subdivisions, d'après des données qui ne sont pas encore connues; 2°. les marnes du calcaire grossier; 3°. les marnes du gypse; 4°. les marnes marines supérieures au gypse; 5°. les marnes des meulière sans coquilles; 6°. la marne du second terrain d'eau douce. Toutes ces marnes, qui sont plus ou moins argileuses ou calcaires, présentent, dans cette période, des passages fréquents de l'une à l'autre série. Les dernières présentent aussi un véritable passage aux marnes des terrains d'alluvion.

La *série quartzéuse* comprend deux espèces de terrains différens, *a* les grès et les sables, et *b* les silex. Quelques géologues ont présenté, depuis peu, les sables et grès de cette période, comme des dépôts cristallins à l'état grenu (*Voy. Journal des Mines*, n°. 225). J'ai pensé cependant, avec les rédacteurs de ce recueil, qu'il y avait toujours lieu à considérer ces terrains comme de véritables terrains de transport. 1°. Le sable de l'argile plastique; 2°. le sable, le grès et le silex du calcaire grossier; 3°. les sables et grès sans coquilles, qui recouvrent quelquefois le gypse et quelquefois immédiatement la craie, et qu'on a retrouvés dans un assez grand nombre de localités étrangères aux autres formations parisiennes; 4°. les sables et grès marins supérieurs;

5°. la meulière sans coquilles et le sable qui l'accompagne; 6°. enfin les silex et sables du terrain d'eau douce, auxquels M. Omalus d'Halloy rapporte plusieurs dépôts de sable de la Sologne, du Gâtinois, du Maine, etc., composent la série quartzéuse du terrain tertiaire, série qui paraît se mélanger avec la série calcaire, dans les terrains désignés sous le nom de *calcaire siliceux* (particulièrement à l'époque du n°. 2 ci-dessus, et aussi à l'époque du n°. 6), ou de *calcaire sableux*.

Dans la *série calcaire*, on distingue sur-tout 1°. le *calcaire grossier* ou *calcaire à cérites*, dont les couches inférieures sont souvent sablonneuses, et qui est remarquable sur-tout par l'immense quantité de coquilles marines que plusieurs de ses couches moyennes ou supérieures renferment. Quelquefois elles alternent avec des couches de grès, et contiennent un mélange de coquilles marines et de coquilles d'eau douce; 2°. le *calcaire siliceux inférieur* et le *premier calcaire d'eau douce*, qui constituent une formation inférieure au grès sans coquilles et contemporaine au gypse; 3°. le *second calcaire d'eau douce*, qui paraît souvent avoir beaucoup de connexion avec le terrain précédent, mais qui en est quelquefois séparé par les grès et sables sans coquilles, et qui ailleurs recouvre tous les autres terrains: il passe quelquefois au tuf calcaire par des nuances insensibles.

La *série gypseuse* renferme un terrain de *gypse grossier* bien remarquable par les ossements de grands animaux terrestres qu'il renferme, et avec lesquels M. Cuvier a déterminé plusieurs espèces et genres de mammifères qui

n'existent plus aujourd'hui; par son mélange avec des couches de marnes qui contiennent des coquilles d'eau douce, et par la liaison intime qui paraît cependant exister entre lui et d'autres marnes qui le recouvrent et qui renferment des coquilles marines. Ce terrain recouvre le calcaire grossier; mais il manque souvent dans la série générale des terrains tertiaires.

La *série charbonneuse* présente une formation considérable de lignite qui a été rapportée jusqu'à présent aux terrains d'alluvion, mais qui existe dans diverses contrées, au-dessous du calcaire à cérites, ou d'un terrain de grès, ce qui la classe bien dans les terrains tertiaires, en la rapportant même à l'époque de l'argile plastique, c'est-à-dire du plus ancien de ces terrains. Ce lignite alterne en effet avec des couches d'argile, de sable et de gravier; mais il ne renferme que des fossiles d'eau douce, tandis que les fossiles qui existent ailleurs dans les couches supérieures de l'argile plastique appartiennent à des genres marins. On a cru reconnaître dans les végétaux de certains lignites de nos contrées, des espèces analogues à celles qui existent aujourd'hui dans les pays chauds. Le lignite est assez fréquemment recouvert par une formation basaltique.

Postérieurement à cette formation principale, on retrouve le lignite disséminé dans les divers terrains calcaires, argileux et gypseux de cette classe. Les *tourbes ligneuses* ou *tourbes marines* paraissent être des lignites de formation assez moderne. Les *forêts sous-marines* paraissent moins anciennes encore, et le tout forme un passage insensible du lignite à la tourbe, et par conséquent de la classe tertiaire à celle des terrains

d'alluvion. Ceux-ci renferment d'ailleurs aussi des végétaux enfouis à l'état de véritable lignite.

Le *résumé sur les terrains tertiaires* présente les différentes formations déterminées par MM. Cuvier et Brongniart dans l'ordre suivant :

- 1°. ARGILE PLASTIQUE et SABLE avec lignite;
- 2°. CALCAIRE GROSSIER, avec marne et grès marin;
- 3°. CALCAIRE SILICEUX et MEULIÈRE (1^{er}. calcaire d'eau douce);
- 4°. GYPSE et MARNE D'EAU DOUCE;
- 5°. MARNES MARINES;
- 6°. SABLES et GRÈS SANS COQUILLES;
- 7°. SABLE et GRÈS MARIN SUPÉRIEUR;
- 8°. MEULIÈRE SANS COQUILLE, sable et marne;
- 9°. CALCAIRE MARNEUX, marne, calcaire siliceux, silex, meulière et sable. (Second terrain d'eau douce.)

Plusieurs géologues ont présenté, depuis quelques années, diverses considérations, pour faire, dans la série générale des formations tertiaires, des réunions, soit fondées sur la nature des terrains, soit fondées sur celle des fossiles que ces terrains renferment, et pour réduire le tout à trois ou quatre formations principales, différemment composées, d'après la différence des principes dont ils sont partis. Mais les réunions qui conviennent le mieux à certaines localités, sont, dans d'autres localités, impossibles à faire. Il convient donc seulement de rappeler que toutes les formations indiquées ci-dessus présentent entre elles des passages nombreux et variés, et que sur toutes les séries, excepté sur la série gypseuse, on observe des passages aux terrains de la classe suivante.

V^e. CLASSE.*Terrains d'alluvion ou d'atterrissement.*

Je n'ai conservé ce nom qu'aux terrains de transport postérieurs à tous les terrains de sédiment, et plus ou moins analogues avec ceux que les alluvions des fleuves et des rivières forment encore sous nos yeux. Ainsi déterminés, ces terrains ne constituent que des *formations locales* qui se présentent, sur les différentes parties de la surface du globe, avec des modifications dépendantes de chaque localité. Il est par conséquent impossible d'en donner aucune description générale; on peut à peine saisir un fort petit nombre de caractères qui soient communs aux diverses localités. D'ailleurs, ces terrains ont été jusqu'à présent très-peu étudiés, et nos connaissances à leur égard sont presque nulles.

Il paraît évident qu'on ne doit plus suivre ici la trace des *séries*: tout se mêle et se confond, dans ce qui n'est que le produit des débris de toute sorte, entraînés et amoncelés par les eaux. On retrouve cependant, dans cette classe, des argiles, des marnes, des sables quelquefois assez analogues aux terrains de la classe précédente; on y trouve aussi des galets et des poudingues de toute espèce, des tourbes, et des minerais de fer limoneux.

J'ai essayé de profiter des deux modes de classification, qui ont été proposés jusqu'à présent pour les terrains d'alluvion, en les divisant d'abord en *alluvions anciennes* et *modernes*, et subdivisant chaque groupe en *alluvions de montagnes* et de *plaines*; mais je n'ai pu donner,

pour toutes ces subdivisions, que des indications très-vagues et extrêmement incomplètes.

Les *alluvions anciennes* paraissent être le produit d'inondations très-anciennes et très-fortes, de ravages considérables occasionnés par les eaux, et qui ont entraîné au loin des masses volumineuses de galets, sable, limon, même des blocs considérables de rochers. Ceux-ci ont souvent été emportés et déposés, même à une assez grande hauteur, sur des terrains de formation bien postérieure à la leur, ainsi qu'on en voit de nombreux exemples dans les blocs de roches primordiales des Alpes, qu'on trouve sur la pente orientale des montagnes calcaires du Jura. Pour les *alluvions anciennes des montagnes*, j'ai cité seulement l'exemple célèbre du terrain de *nagelflue* et de *mollasse* de la Suisse, mais en ayant mes doutes sur la justesse de son placement dans cette classe. Beaucoup de caractères me semblent devoir porter, en effet, à classer au moins une partie de ce terrain avec le *grès bigarré*, dans les formations secondaires; mais tous les *nagelflues* ne paraissent pas être de la même époque: on en a cité qui contiennent des fragmens de *nagelflue* plus ancien, et on pourrait peut-être reconnaître, dans ce grand ensemble de terrains de transport, deux formations distinctes, dont l'une seulement appartiendrait aux terrains d'alluvion.

Des *alluvions anciennes de plaines* se présentent dans les vastes *Llanos* de l'Amérique méridionale, dans les déserts sablonneux de l'Afrique et de l'Asie, dans la grande plaine qui, au midi de la mer Baltique, s'étend depuis la Hollande jusqu'en Russie, et où l'on reconnaît des

fragmens et même de gros blocs de roches des montagnes de Suède et de Norwége, dans la vallée du Rhône, etc. Peut-être doit-on y rapporter celui des terrains d'atterrissement décrits dans la géographie minéralogique des environs de Paris, qui se présente dans des plaines éloignées des vallées actuelles, et renferme des débris de grands animaux.

Le groupe des *alluvions modernes* comprend les produits d'inondations partielles, qui paraissent avoir eu lieu, dans chaque contrée, à des époques beaucoup moins reculées que celle du premier groupe, ou d'atterrissemens plus ou moins considérables, formés lentement par les fleuves et les rivières, et dont un assez grand nombre s'accroît encore. Celles des *pays de montagnes*, désignées par les Allemauds sous le nom de *seyffengebirge*, contiennent quelquefois des minerais métalliques très-pesans et très-peu altérables, tels que de l'étain oxidé, de l'or natif, du platine, etc., ou des gemmes. Le diamant n'est exploité que dans un terrain analogue qui s'étend aussi dans les plaines. Il en est de même pour tout l'or qui vient du Brésil et de l'intérieur de l'Afrique.

L'agglomérat de gravier quarzeux et feldspathique, désigné sous le nom de *granite régénéré*, doit être classé ici. Il en est de même des terrains de tourbe des montagnes, que l'humidité des nuages contribue incessamment à former et à entretenir sur les pentes peu élevées, et qui ont un accroissement et une *marche* assez analogues à l'accroissement et à la marche des glaciers des hautes chaînes.

Les *alluvions modernes des plaines* comprennent des sables, des cailloux roulés, des mi-

nerais de fer limoneux, des tourbes, etc. Les Allemands les divisent en *terrains marécageux*, *terrains sablonneux* et *terrains argileux* ou *limoneux*; mais ils comprennent, sous ces dénominations, plusieurs terrains que j'ai rangés dans les formations tertiaires, spécialement les *terrains à lignite*.

Les alluvions modernes se présentent superposées à tous les autres terrains, même aux alluvions anciennes desquelles il importe de les distinguer. Elles remplissent quelquefois en partie les cavernes des terrains calcaires anciens; elles contiennent de nombreux fossiles parmi lesquels un grand nombre a des analogues encore existans aujourd'hui. Elles renferment aussi des bois silicifiés et des lignites. *Les forêts sous-marines* en font peut-être partie.

Les courans d'eau actuels forment continuellement, avec les débris qu'ils entraînent dans leur cours, des alluvions semblables aux précédentes; elles nous montrent la série des formations de terrains comme non interrompue jusqu'à nos jours.

Cette continuité est bien plus frappante encore dans l'examen des *terrains de tuf*, qu'on place, comme *appendice*, à la suite des terrains d'alluvion, et dans lesquels on voit des précipitations chimiques produire encore journellement des terrains sous nos yeux. Un grand nombre de fontaines et de torrens déposent sans interruption des tufs calcaires très-variés, mais dont quelques-uns offrent un passage insensible au calcaire d'eau douce des formations tertiaires. D'autres ont même l'apparence des calcaires anciens: te est le *travertin* des environs de Rome.

Enfin les animaux marins, sur-tout les lithophytes, forment continuellement aussi, dans les mers des zones torrides, des terrains calcaires dont l'accroissement rapide est remarqué par tous les navigateurs. On peut se rappeler que des formations calcaires, placées très-loin dans l'ordre général d'ancienneté des terrains, paraissent avoir dû leur origine à une opération semblable à celle que nous voyons ainsi se continuer encore sous nos yeux. Combien d'autres analogies, sur lesquelles nous n'avons aucune donnée, peuvent exister entre les terrains de nos continens, et tout ce qui se forme ou se modifie incessamment au fond des masses liquides qui couvrent plus des deux tiers de la surface du globe!

VI^e. CLASSE.*Terrains pyrogènes.*

J'ai désigné sous ce nom, proposé par M. Brongniart, les terrains qui ont ou paraissent avoir été produits; ou fortement modifiés par l'action des feux souterrains. Je les ai divisés en quatre ordres, savoir: les *terrains pseudo-volcaniques*; les *terrains produits par les salses*, les *terrains volcaniques* et les *terrains réputés volcaniques*.

1^{er}. ORDRE.

Les *terrains pseudo-volcaniques* sont altérés par la combustion tranquille des gîtes de combustibles minéraux, et sur-tout des houilles. Les minéralogistes allemands en font quatre espèces, désignées sous les noms d'*argile brûlée*, de *scories terreuses*, de *jaspé porcellanite* et de *fer argileux bacillaire*; mais ces noms s'appliquent à des roches, et non à des terrains.

2^e. ORDRE.

Les *salses*, petits volcans d'une espèce particulière, produisent des *coulées de vase argileuse*, lesquelles forment, en se solidifiant, des terrains assez étendus. Une sorte de connexion semble lier ces terrains à ceux qui, dans l'ordre suivant, sont le produit des immenses éruptions boueuses des volcans d'Amérique.

3^e. ORDRE.

Sous le nom de *terrains volcaniques*, j'ai compris, non-seulement les produits des volcans actuellement brûlans, mais encore ceux qui sont généralement regardés comme étant le produit des volcans éteints. Les uns et les autres sont formés de roches à base de pyroxène et de feldspath, désignés sous le nom de *laves*, ou de produits pulvérulens qu'on nomme *sables* ou *cendres volcaniques*.

Les laves sont *compactes* ou *boursofflées* ou *scoriacées*, très-rarement *vitreuses*, dans les volcans brûlans ou incontestables; elles ne constituent pas de *couches*, mais des gîtes qui ont un genre de structure particulier, désignés sous le nom de *coulées*. Très-rarement elles offrent des escarpemens à structure prismatique: presque tous les faits de ce genre qui ont été cités, sont plus ou moins contestés.

Les produits pulvérulens, originairement déposés sur les flancs des montagnes volcaniques, entre les *coulées*, sont souvent ensuite remaniés et agglutinés par les eaux. Ils constituent alors les *tuffas* ou *tufs volcaniques*, et forment des *couches* plus ou moins étendues au pied des

montagnes volcaniques, et quelquefois recouvertes par des coulées de laves.

Les *produits vaseux immédiats*, très-rare dans les volcans d'Europe, sont très-abondans dans les volcans d'Amérique. Ils renferment souvent une grande quantité de poissons d'une espèce particulière, qui sont rejetés vivans par les volcans, au milieu de masses boueuses très-liquides. En se refroidissant et se consolidant, ces masses prennent une texture assez compacte et une apparence porphyroïde.

Les terrains volcaniques sont superposés à tous les autres terrains, même aux terrains d'alluvion; tout au plus alternent-ils quelquefois avec les alluvions modernes. On les trouve souvent en contact avec les terrains du premier genre de l'ordre suivant: dans ce cas, ils leur sont toujours superposés, quand ils sont le produit des volcans brûlans; mais il existe quelquefois une liaison intime entre les produits des volcans éteints incontestables, et les terrains basaltiques.

4^e. ORDRE.

J'ai placé ici les *terrains réputés volcaniques*, sans prétendre décider la question relative à leur origine, mais en considérant seulement leurs rapports nombreux avec les terrains de l'ordre précédent, et tout ce qui les éloigne au contraire des terrains tertiaires et des terrains d'alluvion, auxquels les géologues allemands les réunissent, sous le nom de *terrains de trapp secondaire*. Ils se trouvent d'ailleurs ainsi placés à la fin de l'aperçu général des terrains, comme une espèce d'appendice énigmatique encore indéterminé.

Je subdivise cet ordre en deux genres que je

nomme *terrains basaltiques* et *terrains trachytiques*.

Les *terrains basaltiques* sont formés principalement de basalte et de basanite, de vake et de vakite, de dolérite, de spillite à base de basalte, du *graustein* de Werner, de pétrosilex feuilleté (*klingsstein*), et d'eurite porphyroïde (*porphyr schiefer*). On connaît aussi des *tuffs* basaltiques analogues aux *tuffas* volcaniques. Enfin quelques minéralogistes allemands y rapportent un grès très-dur, à ciment quartzeux, qu'ils ont nommé *trapp-sandstein*.

Ordinairement les terrains basaltiques ne forment pas de *coulées*, mais de véritables *couches* parallèles entre elles; ils se présentent fréquemment alors sans aucune association qui porte l'empreinte du feu, et recouvrent toute espèce de terrains primordiaux, secondaires ou tertiaires, même des terrains de lignite. On a annoncé aussi que des terrains basaltiques bien caractérisés se présentaient en couches alternant avec des calcaires coquillers, et même au-dessous de couches de phyllade ou de grès. Ces terrains offrent fréquemment la structure prismatique, et constituent alors ce qu'on nomme des *chaussées basaltiques*. Les plateaux de basalte présentent quelquefois beaucoup de ressemblance, dans leur disposition, avec les plateaux de porphyre, et le basalte y est associé avec le dolérite, dans des relations de gisement qui sont analogues à celles qu'affectent en pareil cas le porphyre et la syénite, la serpentine et l'euphotide. Dans différens pays, les terrains basaltiques constituent assez fréquemment des gîtes qui traversent verticalement des terrains de toute classe, et qui pénètrent dans la profondeur, soit avec

des dimensions bornées dans les deux sens horizontaux, soit au contraire avec une longueur très-considérable, ce qui leur donne, dans ce dernier cas, plusieurs des caractères des filons; mais ils manifestent souvent alors quelques autres caractères d'après lesquels on peut supposer qu'ils ont été dans un état de liquidité ignée. La vake constitue aussi de nombreux filons, quelquefois associés avec des filons métalliques.

Dans plusieurs volcans actuellement brûlans, le basalte paraît constituer la base de la montagne, et il se présente au-dessous de tous les produits volcaniques; mais dans quelques contrées de volcans éteints, les terrains basaltiques semblent liés intimement aux coulées volcaniques les plus évidentes.

Les *terrains trachytiques* sont formés principalement de trachyte et de domite, renfermant des bancs subordonnés de rétinite, d'obsidienne, d'eurite porphyroïde, de pétrosilex feuilleté, de ponce et de scorie feldspathique; ils passent au *graustein* de Werhër, à l'argilolite et à l'argilophyre.

Le tout forme ordinairement des montagnes arrondies ou *dômes*, rarement des sommets escarpés. Les cimes voisines l'une de l'autre ne présentent pas, en général, de rapports entre elles, et on n'y observe pas de couches.

On n'a pas encore pu observer ce qui existe au-dessous des terrains trachytiques: souvent en contact avec les basaltes, ce n'est que dans un très-petit nombre de localités qu'on est parvenu à reconnaître que ceux-ci leur étaient superposés. Ils semblent cependant, dans beaucoup de contrées, en connexion intime avec les ter-

ains basaltiques, et même avec les terrains de volcans incontestables. Ils constituent, en Amérique, la masse principale de presque toutes les montagnes volcaniques. On trouve aussi des couches analogues à celles des terrains trachytiques, dans les produits de plusieurs volcans, aujourd'hui brûlans. Ces motifs et quelques autres ont porté un grand nombre de minéralogistes à regarder les terrains trachytiques comme de formation volcanique; mais on ne croit pas qu'ils aient coulé comme les laves, et comme on le pense pour certains basaltes; on ignore absolument par quel mode d'action les volcans ont pu les produire ou les modifier.

Cependant, des terrains tout-à-fait semblables se retrouvent aussi dans des localités et dans des circonstances, et paraissent se rapporter à des époques de formation, où jamais l'action des volcans n'a été soupçonnée: Saussure a reconnu, à Valorsine, une roche porphyrique entièrement semblable à celle qui forme la montagne du Puy-de-Dôme; les eurites porphyroïdes des Monts-Euganéens sont, au moins en partie, tout-à-fait analogues à ceux qui forment des bancs subordonnés dans le gneiss de Freyberg en Saxe; M. Esmarck indique des gîtes de minerais métalliques dans le terrain trachytique de la Hongrie; M. de Humboldt en indique dans les terrains semblables du Mexique. Peut-on donc penser qu'il ait existé des volcans antérieurs aux grands phénomènes aqueux qui ont rempli les filons, et contemporains des formations cristallines les plus anciennes? On se rappelle d'ailleurs les rapprochemens que nous avons faits entre certains terrains syénitiques et porphyriques, et les terrains de basaltes; on se rappelle

aussi que la formation principale de porphyre et de syénite renferme quelquefois un *terrain de granite* absolument semblable à celui qui constitue la plus ancienne formation primordiale connue.

C'est ainsi que tout se lie et s'enchevêtre dans l'étude géognostique des terrains. Nous avons reconnu, pour chaque nature des roches, les passages les plus insensibles des terrains de différentes classes, entre eux; nous avons reconnu, dans chaque classe, des passages semblables entre les terrains de nature diverse, et même entre ceux qui nous semblent être les produits de genres de phénomènes entièrement différens; nous apercevons maintenant des rapports extraordinaires entre les formations regardées comme les plus anciens résultats de précipitations dans un liquide, et celles dont on attribue l'existence à des éruptions volcaniques, postérieures à presque tous les dépôts aqueux: cette liaison entre des produits d'époques si éloignées, cette conformité entre des objets dont la dissemblance paraît devoir être si grande, tout nous fait voir une constance et un enchaînement également admirables dans les lois que l'auteur des choses a données à la nature; mais tout nous fait voir, en même temps, la vanité des systèmes avec lesquels nous prétendrions déterminer et expliquer ces lois, lorsque nous commençons à peine à connaître une petite partie de leurs effets.

RECHERCHES

SUR

LES EFFETS DYNAMIQUES DES ROUES

MUES

PAR LA PÉRCUSSION DE L'EAU;

PAR M. ROUSSELL-GALLE, Ingénieur au Corps royal des Mines.

~~~~~

DIVERSES théories ont été proposées sur les effets des roues hydrauliques à percussion. Dans les unes, l'impulsion du fluide dirigé perpendiculairement contre les aubes, est supposée proportionnelle au carré de la vitesse à laquelle elle est due, et à la surface choquée; dans les autres, c'est seulement le produit de cette surface, par la première puissance de la vitesse, qui représente la loi du choc. Quoique la première hypothèse parût être confirmée par les expériences de Bossut, l'expression donnée par la seconde a été presque généralement admise, dès qu'on a connu les recherches expérimentales de Sméaton.

Ce n'est point une théorie nouvelle que je vais exposer ici, mais bien la preuve que les formules de Bossut sont, jusqu'à présent, ce qui approche le plus de la vérité, qu'il se rencontre nombre de cas dans la pratique où elles s'en écartent peu, et qu'au contraire, l'emploi des autres ne pourrait qu'induire dans les plus grandes er-