

S. N. ~~77.~~ 28.

# MÉMOIRES

92

DE LA

# SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE

## DE FRANCE



DEUXIÈME SÉRIE

*Tome sixième. — Première partie.*



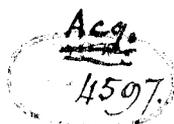
090 012171 2

PARIS

GIDE ET J. BAUDRY, ÉDITEURS

RUE BONAPARTE, 5

1856



S 24 (2<sup>e</sup> série)

---

# I.

## ÉTUDES

SUR LA

## STRUCTURE OROGRAPHIQUE

ET LA

# CONSTITUTION GÉOLOGIQUE

DE LA NORWÈGE, DE LA SUÈDE ET DE LA FINLANDE,

PAR J. DUROCHER,

Ingenieur des mines,

Professeur de minéralogie et de géologie à la Faculté des sciences de Rennes.

---

### INTRODUCTION.

Dans plusieurs mémoires déjà publiés (1), j'ai exposé une partie des observations que j'ai recueillies pendant le cours de deux voyages dans le nord de l'Europe, sur diverses questions de géologie et de physique terrestre. Le travail actuel est consacré à l'étude générale de la structure orographique et de la constitution géologique de la Norwège, de la Suède et de la Finlande. J'exposerai d'abord la configuration des inégalités du sol de la Scandinavie : la Finlande, ainsi que les parties orientale et méridionale de la Suède, ont un relief à peu près uniforme, mais la structure des diverses parties de la Norwège nous offrira des caractères assez variés. Je décrirai ensuite les terrains primitifs ou schistes cristallins, les terrains de transition dépourvus de fossiles, ou schistes semi-cristallins, puis les roches massives qui y sont interposées et les dislocations que ces

(1) 1° Plusieurs mémoires sur les phénomènes erratiques du nord de l'Europe (voy. les *Voyages de la commission scientifique du Nord* et le *Bulletin de la Société géologique*, 2<sup>e</sup> série, t. III et IV); 2° un *Mémoire sur la limite des neiges perpétuelles* (*Annales de physique et de chimie*, 3<sup>e</sup> série, t. XIX); 3° un *Mémoire sur les glaciers du nord et du centre de l'Europe* (*Annales des mines*, 4<sup>e</sup> série, t. XII); 4° un *Mémoire sur les gîtes métallifères de la Suède, Norwège et Finlande* (*Annales des mines*, 4<sup>e</sup> série, t. XV).

terrains ont subies. Ensuite je ferai connaître les divers bassins paléozoïques de la Scandinavie, ou les dépôts distincts que constituent les formations siluriennes et dévoniennes, dont on trouve des lambeaux épars à la surface des terrains primitifs. J'indiquerai alors les roches massives contenues dans chaque groupe, et les soulèvements dont ils ont conservé la trace; il est des régions où les couches sont restées horizontales et d'autres où elles ont été redressées. Je terminerai ce travail en jetant un coup d'œil sur de petits lambeaux jurassiques et créacés que l'on rencontre dans le midi de la Suède.

Dans ces études, j'ai dû combiner mes observations avec celles publiées par divers géologues, dont je vais mentionner les travaux: un de ceux qui ont le plus contribué à la connaissance de la Suède, est M. Hisinger, en publiant sa *Géographie minéralogique de la Suède* (1); il y a indiqué les minéraux et les roches observés dans les diverses provinces de ce pays. Un travail analogue, mais beaucoup plus imparfait, avait déjà été exécuté par Hermelin; M. Hisinger y a joint une carte géologique du midi et du centre de la Suède. Dans un autre ouvrage, intitulé *Lethæa succica*, le même auteur a fait connaître les principaux fossiles des terrains paléozoïques; je citerai ensuite la *Gea norvegica* ou Description géologique de la Norwége, publiée par M. Keilhau, de 1838 à 1853, de concert avec quelques autres savants. Cet ouvrage, illustré par des cartes géologiques et par plusieurs planches, présente les résultats des explorations faites dans cette contrée par le savant géologue de Christiania. Il y a encore le grand et bel ouvrage de MM. Murchison, de Verneuil et de Keyserling (*The Russia and Oural mountains*), publié en 1846, et renfermant un chapitre sur les terrains paléozoïques de la Scandinavie; ce pays est d'ailleurs compris dans leur carte géologique de la Russie. Ces savants ont eu le mérite de fixer l'âge des dépôts paléozoïques du nord de l'Europe.

Trois éminents géologues de l'Allemagne ont fait séparément des voyages d'exploration en Scandinavie: M. de Buch, de 1806 à 1808; M. Hausman, en 1806 et 1807; M. Nauman, en 1821 et 1822. Les récits qu'ils en ont publiés (2) offrent beaucoup d'observations intéressantes; c'est celui de M. Nauman qui renferme le plus de détails sur la géologie de la partie méridionale et centrale de la Norwége.

Dans le voyage de Vargas Bedemar en Norwége et en Laponie (3), on trouve aussi quelques faits concernant la géologie et les mines de ces contrées. A la suite de l'excursion qu'il fit en Suède en 1824, Ad. Brongniart a publié dans les *Annales des sciences naturelles* (t. XIV) des remarques importantes sur les dépôts erra-

(1) *Hisinger's Versuch einer mineralogischen Geographie von Schweden*, publié à Leipzig en 1826.

(2) De Buch, *Voyage en Norwége et en Laponie*. — Hausman, *Reise durch Scandinavien*. — Nauman, *Beiträge zur Kenntniss Norwegens*.

(3) Vargas Bedemar, *Reise nach den hohen Norden*, 1819.

tiques et les traces d'anciens niveaux de la mer. Des observations sur le même sujet ont aussi été publiées par divers savants, tels que MM. Sefström, Lyell, etc. M. Nilson, professeur à Lund, a décrit en 1827 (1) les fossiles contenus dans les dépôts crétacés de la Scanie.

Plusieurs savants ont aussi écrit des Mémoires sur les mines de la Norwège ou de la Suède; je citerai d'abord Esmareck, l'habile minéralogiste de Christiania, qui a découvert les gîtes de fer chromé de la province de Drontheim (voir la brochure intitulée : *Reise von Christiania nach Drontheim*, 1829); je mentionnerai ensuite une notice de M. Suckow (*Die bedeutendsten Erz und Gesteinlager in Schweden*, 1831), des notes de M. Russeger (*Karsten's Archiv*, t. XV), des observations de M. Böbert sur les mines de cobalt de la Norwège (voy. *Gea norvegica*), l'intéressant Mémoire publié par M. Daubrée, en 1843, dans les *Annales des mines* (t. IV), et enfin les recherches minéralogiques de M. Scheerer, qui a découvert plusieurs nouvelles espèces de minéraux (voy. les *Annales de Poggendorf*, de 1840 à 1850).

D'ailleurs, des publications en langues suédoise et norvégienne, principalement les *Mémoires de l'Académie de Stockholm*, renferment divers articles sur la Scandinavie, mais plutôt minéralogiques que géologiques. En terminant cette note historique, je dois remercier, pour leur bienveillant accueil et pour les renseignements qu'ils ont bien voulu me communiquer, les divers savants et ingénieurs dont j'ai fait la connaissance dans le nord de l'Europe, et parmi lesquels je citerai spécialement MM. Berzelius, Mosander, Sefström, Erdman à Stockholm; Ackerman, Bagge, Walman et Bergsten à Falun; Sewen et OEngrenn à Sala; Keilhau, Scheerer et Langberg à Christiania; Böbert à Kongsberg; Lammers à Skutterud; Thomas à Kaaford; Nordenskiöld et Albrecht à Helsingfors, en Finlande.

Pour faciliter l'intelligence de mon Mémoire, j'y ai joint une carte géologique de la Scandinavie, que j'ai tracée au moyen des meilleures cartes géographiques actuellement existantes (celles de Forsell pour la Suède et de Munch pour la Norwège), et à l'aide des indications fournies par les cartes de MM. Hisinger, Keilhau, Murchison, de Verneuil et de Keyserling, conjointement avec mes propres observations. J'ai dû modifier en diverses parties les contours attribués par ces habiles géologues aux différentes formations; quelquefois même j'y ai apporté de grands changements. En outre, j'ai ajouté des indications particulières concernant les mines, les usines et les principaux systèmes de soulèvement qui ont marqué leur empreinte sur le sol du nord de l'Europe.

(1) Nilson, *Petrificata suecana formationis cretaceae*.

## OROGRAPHIE DE LA SCANDINAVIE ET DE LA FINLANDE.

La Scandinavie consiste en une grande presqu'île qui, dans sa partie septentrionale, est allongée du N.-N.-E. au S.-S.-O., depuis le 71° jusqu'au 63° degré de latitude; puis elle se dirige vers le sud, dans le sens du méridien, et se partage en deux branches, séparées par le golfe de Christiania ou Skagerrack, dans lequel s'avance la pointe du Jutland. La Finlande n'est point regardée en général comme dépendant de la Scandinavie, quoiqu'il n'y ait pas, au point de vue physique, de séparation marquée par des différences importantes dans les caractères orographiques, géologiques et ontologiques. La dépression du golfe de Botnie, qui existe entre la Suède et la Finlande, ne détermine aucun changement dans la configuration, ni dans la nature du sol. Cette baie profonde, dont l'archipel d'Åland, composé de plusieurs centaines de petites îles, obstrue l'entrée, est comparable à un vaste lac. Sur ses deux rives s'étend un sol ondulé, accidenté par une multitude de collines et de monticules à surface moutonnée, qui presque toujours sont formés de granite et de gneiss, associés dans des proportions diverses.

*Orographie de la Finlande.* — Toutefois il y a cette différence, que la Péninsule scandinave est parcourue, dans toute sa longueur, par une série de hautes protubérances, qui bordent la côte occidentale, tandis que le sol de la Finlande n'est point hérissé de semblables montagnes. Il consiste en un plateau dont la surface générale est à peu près horizontale, bien que présentant de fréquentes ondulations ou des collines mamelonnées, qui ne s'élèvent pas ordinairement à plus de 200 ou 300 mètres au-dessus du niveau de la mer. La plupart de ces collines, malgré leur juxtaposition, semblent indépendantes les unes des autres et n'offrent point d'alignement en forme de chaîne; elles ont l'apparence de dômes aplatis ou de dos d'âne, à contours arrondis et à pentes douces; c'est seulement en un petit nombre de localités, sur les rives de quelques lacs, notamment sur le bord N.-E. du Ladoga, que l'on remarque des rochers abruptes. Le plateau finlandais s'élève, d'une manière presque insensible, du bord de la mer vers la partie centrale, dont le niveau moyen ne surpasse pas d'une centaine de mètres la zone littorale. Néanmoins, c'est dans cette région médiane que prennent naissance les rivières qui se rendent, en divergeant, à la mer Blanche, aux lacs Onéga et Ladoga, au golfe de Finlande et au golfe de Botnie.

Entre les collines ou ondulations du sol on voit un très grand nombre de lacs, dont le contour est un peu sinueux, à cause de la disposition variée des accidents orographiques; mais ils sont généralement allongés suivant une direction qui varie du nord au nord-ouest. Beaucoup de lacs de l'intérieur du pays sont liés les uns aux autres et constituent un réseau très étendu, dont la Vuotça forme l'unique débouché. Cet immense bassin offre une magnifique voie de navigation, qui est parcourue par beaucoup de petits navires et par des bateaux à

vapeur. Il s'étend de la partie sud-est de la Finlande jusqu'au 63° degré 1/2 de latitude, à plusieurs myriamètres au nord de Kuopio; et il serait facile de le mettre en communication avec les lacs de la partie septentrionale, ainsi qu'avec le golfe de Botnie.

Quoique l'intérieur de la Finlande soit très peu élevé au-dessus de la mer, les fleuves ont le cours accidenté et ne sont pas navigables naturellement, si ce n'est d'une manière discontinue; car ils offrent de fréquentes cataractes, produites par des roches basses de granite et de gneiss, qui encombrant leur lit. Lorsque ces obstacles sont un peu considérables, la barrière qu'ils opposent au mouvement des eaux a déterminé leur accumulation sous forme de lac. A l'issue de ces réservoirs, on rencontre souvent une scierie, un moulin, ou bien une petite forge, qui tirent parti de la chute d'eau; toutefois l'industrie, encore peu développée dans ce pays, n'utilise qu'une fraction bien minime des forces motrices que la nature y a fait naître à profusion.

Je dois encore mentionner un caractère topographique important : la plupart des collines ont leur base ensevelie sous un immense dépôt de sable, de gravier, de cailloux roulés et de blocs plus ou moins volumineux, qui ont été amenés parfois d'une grande distance. C'est à un même ensemble de phénomènes qu'il faut attribuer le transport de ces énormes masses de matériaux, l'érosion et le polissage des protubérances granitiques, dont les aspérités et les contours anguleux ont été remplacés par des formes arrondies. Dans les régions où le sol ne présentait que de faibles inégalités, le comblement des dépressions par des dépôts de sable et de gravier a produit un nivellement de la surface et a donné lieu à des plaines unies, d'une grande étendue. A cause du manque de fertilité, on y trouve peu d'habitations, et ces espaces déserts sont couverts de sombres forêts de pins et de sapins, dont beaucoup tombent de vétusté, lorsqu'ils ne sont pas dévorés par les flammes. Mais le penchant des coteaux qui s'abaissent doucement vers le bord des lacs, ainsi que le fond des vallées, sont couverts d'une agréable verdure et entremêlés de champs de céréales; leur aspect est animé par de nombreux villages.

*Orographie de la Suède orientale.* — La partie orientale de la Suède présente dans sa configuration une grande ressemblance avec la Finlande; la description que je viens de faire lui est également applicable : on y trouve en effet les mêmes collines de granite et de gneiss, à surface moutonnée, arrondie et striée; il y a aussi de vastes plaines de sable, un grand nombre de lacs et de rivières dont le cours est fréquemment accidenté par des cataractes. Les différences qui ont lieu dans la physionomie de la Suède tiennent, en grande partie, à l'existence d'une population plus nombreuse, à une plus grande activité commerciale et industrielle, en un mot au développement d'une civilisation plus avancée. Toutefois les principaux traits orographiques semblent offrir un caractère d'homogénéité un peu plus grand qu'en Finlande; ainsi, la ligne de montagnes qui s'étend le long de

la frontière occidentale, donne naissance à la plupart des rivières, qui coulent vers le golfe de Botnie, en suivant une direction généralement uniforme, du N.-O. au S.-E.; les lacs qui interrompent leur cours sont aussi généralement allongés dans le même sens.

Les terrains de transition, qui manquent en Finlande (1), et que l'on voit affleurer sur les bords des grands lacs de la Suède, leur donnent une physionomie particulière : dans la Vestrogothie, sur les bords du Wénern, le plus grand lac de la Scandinavie, ce sont des collines séparées, mais n'ayant point de formes moutonnées, comme celles composées de roches primitives; elles présentent sur leurs flancs une série de gradins et se terminent en dessus par un petit plateau. Sur les rives du lac Siljan, du lac d'Östersund, et dans le midi de la Norwège, les roches siluriennes présentent une configuration un peu différente : ce sont des coteaux verdoyants, formant des massifs plus élevés que les monticules de gneiss situés à l'est; ils ont comme eux des formes arrondies, mais ils offrent, en général, un allongement plus prononcé et se distinguent par une fertilité beaucoup plus grande. La succession de roches schisteuses, quartzzeuses et calcaires, que l'on y voit affleurer, donne lieu à des caractères d'accidentation plus variés et à un aspect plus pittoresque. Les cultures, qui y sont plus étendues, et les habitations plus multipliées, ont fait assimiler ces terrains à des oasis, où se repose avec plaisir le voyageur qui traverse les immenses et monotones forêts de la partie septentrionale et orientale de la Suède (2). Les terrains de transition du midi de la Norwège, des bords du lac Miösen et des environs de Christiania, offrent à peu près le même aspect que ceux de la Dalécarlie et du Jemtland, si ce n'est que l'on voit, au milieu du terrain paléozoïque de Christiania, des protubérances granitiques s'élever jusqu'à 850 mètres au-dessus de la mer (3) : il s'y trouve aussi des plateaux de porphyre feldspathique ou eurite, qui se terminent par des escarpements élevés, ainsi sur les rives du Tyrifjord et au bord de la mer, près d'Holmestrand. Néanmoins les formations paléozoïques occupent en Scandinavie une petite étendue, comparativement à la superficie totale de la contrée.

*Orographie de la Norwège et du N.-O. de la Suède.* — Le terrain de granite et de gneiss, qui affleure dans la région littorale du midi de la Norwège, offre la

(1) Outre le granite et le gneiss, qui sont les roches dominantes en Finlande, on y trouve des schistes micacés, des roches cristallines de nature amphibolique ou calcaire, et quelquefois des quartzites. Les porphyres autres que les diorites y sont rares, et l'on n'y observe point de terrains fossilifères.

(2) Le sol des régions paléozoïques consiste en un mélange de détritits sableux, argilo-schisteux et calcaires, mélange qui, par ses propriétés physiques et chimiques, est très favorable à la culture, tandis que le sable qui couvre la plupart des régions primitives, ne se décomposant qu'avec une excessive lenteur, ne cède aux plantes presque aucun principe nutritif, et forme un sol aride, dont la majeure partie est couverte de forêts de conifères (*Pinus sylvestris* et *Pinus abies* de Lioné).

(3) Telle est la hauteur du Skrimsfjeld, situé un peu au S. de Kongsberg.

même configuration que celui qui constitue le Suède orientale et la Finlande ; mais au nord du 59° degré de latitude, la Norwège et la région limitrophe de la Suède présentent une longue série de montagnes, dont le bord occidental est découpé en divers sens par de longues et profondes crevasses. Ainsi se trouvent séparés du continent une foule de masses rocheuses, qui forment des îles à pentes abruptes et d'une élévation plus ou moins considérable (1). Très souvent aussi le déchirement du sol, suivant des directions croisées, a été incomplet ou inégalement profond, de sorte qu'il en est résulté de nombreuses presqu'îles, d'étendues très diverses et d'une forme plus ou moins allongée. L'espace par où elles se rattachent à la terre ferme est souvent très déprimé et forme un isthme bas, qui sert de voie de communication, et que l'on nomme *eide* en Norwège.

*Caractères propres aux montagnes de la Scandinavie.* — La plupart des cartes géographiques ne peuvent donner une idée exacte de la configuration des montagnes de la Scandinavie ; elle ne forment point de véritable chaîne, assimilable à ces séries rectilignes et continues de rochers liés entre eux, dont nous offrons des types la chaîne des Pyrénées et celle des Alpes. Dans le nord de l'Europe on a un ensemble de plateaux, à surfaces ondulées, un peu inégales et situées à diverses altitudes ; au-dessus s'élèvent, çà et là, des cimes séparées ou formant des groupes irréguliers (2). Les plus hautes plates-formes longent la côte occidentale de la Norwège, et leurs flancs escarpés plongent dans la mer du Nord, tandis que du côté oriental, leur élévation diminue d'une manière progressive ; là elles offrent une succession de gradins, dont l'abaissement vers les rivages de la Baltique a lieu par des pentes très douces, comme le montrent les profils figure 1 et 2, pl. II.

Cette bande montagneuse se distingue en général par l'absence de crêtes rectilignes, d'axe ou de ligne de faite ; les vallées, considérées sous un point de vue

(1) Le long des rivages de la Suède, dans le golfe de Botnie, on voit aussi beaucoup d'îles ; mais elles diffèrent par leurs pentes douces et leur faible élévation, de celles qui bordent la côte occidentale de la Norwège.

(2) Dans une notice jointe à la troisième livraison de la *Gea norvegica*, p. 503, M. Münch, professeur de géographie et d'histoire à l'Université de Christiania, a présenté, sur l'orographie de la Norwège, des vues analogues à celles que j'avais déjà exposées plusieurs années auparavant [voir mon *Mémoire sur les glaciers du nord et du centre de l'Europe* (*Annales des mines*, 4<sup>e</sup> série, t. XXII, p. 23 (1847)) ; voir aussi les *Comptes rendus de l'Académie*, t. XXX, p. 738, et le *Bulletin de la Société géologique*, 2<sup>e</sup> série, t. VII, p. 283].

M. Münch considère la Norwège comme un seul plateau ; mais on voit, par les coupes jointes à mon mémoire (pl. II, fig. 1 et 2), qu'elle consiste, non dans un plateau unique, mais dans un ensemble de plates-formes. Contrairement à l'opinion du géographe norvégien, la disposition en plates-formes n'est pas exclusivement propre aux montagnes de la Scandinavie ; on l'observe, à des degrés plus ou moins marqués, dans d'autres régions montagneuses de l'Europe, ainsi dans le massif central de la France, dans les Vosges, en Bretagne et dans d'autres régions montagneuses, dont le soulèvement remonte, en général, à des époques géologiques un peu anciennes.

purement orographique, ne peuvent être appelées longitudinales, ni transversales, car elles sont dirigées en divers sens; mais, sous le rapport géologique, beaucoup peuvent être considérées comme longitudinales, en ce sens qu'elles sont disposées à peu près parallèlement à la stratification ou à la schistosité des roches. Parmi les plates-formes de l'intérieur du pays, qui ont une altitude inférieure à 1000 mètres, on n'observe point habituellement de vallées de déchirement, à parois escarpées; elles ne sont interrompues que par de simples dépressions, à pentes faibles et de formes arrondies; mais les plateaux élevés de 1000 à 1500 mètres et plus, qui longent le littoral, depuis Christiansand jusqu'au cap Nord, sont découpés par des tranchées abruptes et profondes; là se trouvent ces fiords, ou golfes particuliers à la Norwége, si étonnants par leur petitesse en largeur, comparativement aux proportions gigantesques de leur longueur et de leur profondeur. Ainsi, on peut citer l'étroite déchirure du Sognefiord, qui a une étendue de 16 myriamètres, dont les parois abruptes s'élèvent souvent à plus de 1000 mètres, et le long de laquelle la mer pénètre jusqu'au pied des plus hautes sommités du nord de notre continent.

Néanmoins ces grandes crevasses ne divisent pas les plateaux élevés de la Norwége dans toute leur largeur, et il est rare qu'elles communiquent entre elles par des cols, comme les vallées des deux versants d'une chaîne proprement dite: aussi, lorsqu'on veut passer d'une vallée à l'autre, on est généralement obligé de marcher pendant plusieurs heures à la surface d'un plateau désert, dépourvu de végétation et souvent couvert de neige ou de glace. Au contraire, dans les Alpes et les Pyrénées, les crêtes des montagnes, loin de constituer des plates-formes, présentent des arêtes plus ou moins aiguës, dentelées et fortement déprimées, dans les points où se trouvent les cols, qui servent de communication entre les vallées opposées.

Aucun des plateaux de la Norwége n'a une élévation supérieure à 2000 mètres, mais à leur surface se dressent des pics, dont la hauteur surpasse quelquefois de plus de 1000 mètres le niveau moyen des plates-formes environnantes: ce sont des pyramides ou des cônes, dont les flancs ont une inclinaison variable, quelquefois supérieure à 45 degrés; on leur donne fréquemment la dénomination de *tind*, correspondant à l'expression de *horn* (corne), employée dans la Suisse allemande, ou à celles de dent ou pic, employées dans les Alpes françaises. Ces pics sont habituellement séparés les uns des autres, de même que les cônes volcaniques dont sont hérissés les plateaux élevés des Cordillères.

*Division des montagnes de la Scandinavie en deux groupes.* — Les plus hautes montagnes de la Scandinavie se trouvent dans la Norwége méridionale, entre le 63° et le 59° degré de latitude, dans l'espace triangulaire qui sépare les trois villes de Drontheim, Bergen et Skeen. Elles forment un vaste massif qui, considéré dans son ensemble, est un peu plus allongé du nord au sud que de l'est à l'ouest, sans offrir cependant de caractère d'orientation bien saillant. Mais, du

65° au 71° degré de latitude, s'étend une zone de protubérances, qui offre un allongement bien marqué du S.-S.-O. au N.-N.-E., et qui tend ainsi à se rapprocher des véritables chaînes de montagnes, quoiqu'elle ne puisse pas leur être assimilée. Cependant il y a lieu de distinguer dans les montagnes de la Scandinavie deux groupes différents, l'un méridional, l'autre septentrional.

*Groupe méridional.* — Décrivons d'abord le groupe méridional. On peut lui assigner pour limites approximatives : à l'ouest et au sud, la côte norvégienne qui est recourbée en arc d'ellipse ; au nord, le 63° degré de latitude ; à l'est, le méridien de Christiania, qui se trouve à environ 8 degrés 1/2 de longitude à l'est du méridien de Paris. Cette zone, large de 26 à 27 myriamètres, offre de vastes plateaux élevés de 1400 à 2000 mètres, et des pics plus ou moins aigus, dont la hauteur varie de 1500 à 2600 mètres. C'est dans la partie centrale de ce groupe que se trouvent les cimes les plus aiguës et les plus gigantesques ; mais il est remarquable qu'elles ne surgissent point de dessus les plateaux les plus élevés. En effet, le massif situé à l'ouest de la vallée du Justedal offre les plus hautes plates-formes de la Norwège (1800 à 2000 mètres) ; leur surface est couverte des plus vastes tapis de neige, et donne naissance aux glaciers les plus considérables de la Scandinavie : cependant, la cime principale des Lodalskaabe, qui saillit à leur surface, a seulement une altitude de 2050 mètres au-dessus de la mer. Au contraire, le sol qui forme la base des Galdhøpiggen (1), les plus hautes sommités de la Norwège (2605 mètres), est comparativement peu élevé : ainsi le lac Gjendin, qui en baigne le pied, se trouve seulement à 989 mètres au-dessus de la mer. Immédiatement à l'ouest de l'Iötunfield, on voit le groupe de pics des Hurungerne ou Skagstølstinden, qui s'y rattache et que l'on peut même considérer comme en faisant partie, l'égalant presque en hauteur, et présenter un ensemble d'aiguilles comparables à celles qui environnent le Mont-Blanc dans les Alpes ; or il s'abaisse par une série de pentes rapides vers l'extrémité du fiord de Lyster, de façon que sa base semble plonger dans la mer, comme celle des montagnes du Spitzberg.

*Groupe de pics de l'Iötunfield.* — Les pics les plus aigus de l'Iötunfield et des Skagstølstinden sont en grande partie dépourvus de neige, mais il y en a une

(1) Le massif de l'Iötunfield, qui renferme les cimes les plus hautes de la Norwège, est situé sous le 61° degré 1/2 de latitude, sur les bords du lac Gjendin, entre le Bever-Elv (un des affluents du lac Ota) et les diverses branches des Sjøa et Vinstra-Elv, deux affluents du fleuve Lougen. L'Ymesfield, autrement dit Store-Galdhøpiggen, paraît en être la sommité culminante ; les mesures trigonométriques des ingénieurs norvégiens lui assignent une élévation de 8300 pieds du Rhin ou 2605 mètres ; aux alentours sont plusieurs groupes de cimes (les Nautgardstinden et Glittertinden à l'est), dont l'élévation ne le cède que de 100 à 150 mètres à l'Ymesfield ; et les plus hautes aiguilles du groupe des Hurungerne ou Skagstølstinden, qui est immédiatement à l'est de l'Iötunfield, ont aussi une élévation de près de 2500 mètres au-dessus de la mer. Du haut de l'une des cimes du Fillefield, qui est situé un peu au sud, on jouit d'une vue admirable sur tout l'ensemble de ces pics gigantesques.

épaisseur considérable dans les dépressions qui séparent ces montagnes, et sur les parties de leurs flancs qui ne sont pas trop escarpées; la transformation qu'éprouvent ces neiges produit des glaciers, à la vérité beaucoup moins considérables que ceux du Justedal. Les torrents qui en sortent coulent vers la grande vallée de l'Ota-Elv, ou vers le fiord de Lyster, une des branches du Sognefiord; ou bien ils se rendent, soit au lac de Tyen (1102 mètres), dont le trop-plein se déverse dans le fiord d'Aardal, soit aux lacs Bygdin (1092 mètres) et Gjendin (992 mètres), dont les eaux vont grossir le fleuve Lougen qui débouche dans le golfe de Christiania, après avoir suivi la grande vallée du Gulbrandsdal et traversé le lac Miösen.

Le groupe de montagnes que nous venons de décrire est remarquable par l'élévation et la forme élancée de ses pics, qui ressemblent aux aiguilles d'une cathédrale gothique; du côté nord-ouest, il se lie aux montagnes du Sognefield qui bordent à l'est la vallée du Justedal, et qui atteignent une hauteur de plus de 2000 mètres (1). Au sud de l'Iötunfield se trouve une montagne un peu élevée, le Mugnafield ou Kalvaahög (2200 mètres), et à peu de distance, on voit encore la cime isolée du Bitihorn (1626 mètres). Mais à l'est de l'Iötunfield s'étend un plateau ondulé et désert, dont l'altitude est de 1000 à 1200 mètres, et sur lequel sont les lacs de Vinstera et de Heimdal, au niveau de 1063 et 1080 mètres au-dessus de la mer. Le premier de ces lacs se trouve sur le prolongement d'une longue dépression, dirigée de l'est à l'ouest, qui limite nettement du côté méridional les massifs de l'Iötunfield et des Hurungerne; au fond de la même ornière se trouvent les lacs de Bygdin et Tyen, dont l'altitude moyenne est de 1100 mètres, et dont les eaux s'écoulent dans des sens opposés, vers l'ouest et vers l'est, vers le golfe de Christiania d'une part, vers le golfe de Bergen de l'autre; la ligne qui les sépare est élevée seulement de 1130 mètres au-dessus de la mer.

*Montagnes situées au sud de l'Iötunfield.*—Les plates-formes situées au sud du massif culminant de la Norwège, sont comparativement peu élevées, et constituent le Fillefield, dont l'altitude moyenne est de 1000 à 1200 mètres, pas plus grande que celle du plateau où se trouvent les lacs Vinstera et Heimdal. Cette plate-forme est trop haute pour être couverte de végétation, sauf sur les parties les plus basses; mais elle ne présente que de petites taches de neige, situées sur les sommités les plus élevées, comme le Suletind (1772 mètres).

Le Fillefield est notablement plus bas que les massifs de montagnes placés au nord, à l'ouest et au sud-ouest; il forme comme une large dépression au milieu de ces montagnes. Si l'on monte en effet sur l'une des principales cimes de

(1) Les plus hautes cimes du Sognefield sont appelées Tveraadals-Kirche (église de Tveraadal) et Lomseggen; leur altitude est de 2101 et 2063 mètres. Un peu plus à l'ouest, dans le Justedal, on voit la Lodalskaabe s'élever à une hauteur semblable; ces trois sommités formées de roches gneissiques constituent une série dirigée à peu près de l'E. à l'O.— On ne donne, en général, le nom de *Fiell* en Suède et de *Field* en Norwège, qu'aux montagnes qui s'élèvent au-dessus de la limite de la végétation arborescente, c'est-à-dire à 1000 mètres ou plus dans la Scandinavie méridionale.

cette région, sur le Suletind ou le Myrgloppen, on voit s'élever vers le sud des plates-formes qui dépassent en hauteur le Fillefield, car elles présentent des masses de neige d'une assez grande étendue; elles forment une zone montagneuse qui s'étend depuis le fiord d'Urland vers le Nummedal, jusqu'à la région des lacs Uste et Halne (1), qui sont situés entre le 60° 1/2 et le 60° degré de latitude, à l'origine des principaux affluents du Snarum-Elv et du Lauven-Elv. L'élévation moyenne de ces hautes plates-formes, auxquelles on peut donner la désignation générale de Hallingfield, est d'environ 1600 mètres, et les parties culminantes atteignent en quelques points 2000 mètres au-dessus de la mer (2). C'est à l'existence de ces larges protubérances qu'il faut attribuer la courbe demi-circulaire que décrit la route de Christiania à Bergen, en se portant vers le nord à plus de 8 myriamètres au-dessus de la latitude de Bergen, pour atteindre la partie basse du Fillefield, qui forme, comme je l'ai déjà indiqué, une dépression comparativement aux montagnes situées au nord et au sud.

Près du littoral, sous le 60° degré de latitude, se trouve la presqu'île montagneuse du Folgefonden, enlacée par les bras recourbés du long golfe de Hardanger; elle est remarquable en ce qu'elle forme un plateau couvert de neige sur une grande étendue, et allongé du N.-N.-E. au S.-S.-O; son élévation moyenne est de 1500 à 1600 mètres; elle égale celle des fields situés plus à l'est. La cime culminante parvient seulement à une altitude de 1664 mètres, et ne présente qu'un léger relèvement par rapport à la surface environnante.

Le Sörfjord isole la presqu'île de Folgefonden d'un autre groupe de montagnes, le Hardangerfield, qui, du côté nord, se trouve séparé du Hallingfield par une série de dépressions occupées par des lacs, et dirigées les unes au N.-O., les autres au N.-E. La cime principale du plateau de Hardanger est le mont Hartoug ou Haarteig, qui ne s'élève pas à plus de 1700 mètres. Les plates-formes environnantes n'ont aussi qu'une médiocre élévation; et même, en se prolongeant vers le S.-E., elles s'abaissent à la zone de la végétation arborescente, c'est-à-dire au-dessous de 1000 mètres.

Le Folgefonden (3) est, en allant du nord vers le sud, la dernière plate-forme qui atteigne la zone des neiges perpétuelles; il est vrai qu'en dehors de ces groupes de montagnes, on voit surgir, comme des îles, quelques cimes élevées, ne se rattachant à aucun massif d'une étendue un peu considérable. L'exemple le plus curieux de cette manière d'être nous est offert par le Goustafeld, qui se trouve un peu à l'ouest de Kongsberg, et dont la cime dentelée en forme de peigne s'élève à 1884 mètres, et constitue la plus haute sommité que l'on trouve en

(1) Les hauteurs de ces lacs au-dessus de la mer sont les suivantes : Le lac Uste, 1020<sup>m</sup>; le lac Halne, 1168<sup>m</sup>.

(2) Les parties culminantes de ces plates-formes portent les noms de Hallingskarven, Jökeln, Vosseskavl; elles s'élèvent à 1963, 2004 et 2057 mètres au-dessus de la mer.

(3) En Norwège, on donne souvent le nom de *Fonden* aux plates-formes couvertes de Névé.

Scandinavie, au sud du 60° 1/2 degré de latitude. Néanmoins elle est entièrement isolée et bordée à l'est par le lac Tin, dont l'altitude est seulement de 188 mètres au-dessus de la mer. En descendant du lac Miös (1) situé à l'ouest, au niveau de 867 mètres, le fleuve Maan, avant de déboucher dans le lac Tin, forme la célèbre cascade de Riukanfoss (2).

Entre le 59° et le 60° degré de latitude, il y a encore des massifs rocheux élevés de 1200 à 1500 mètres, tels que le Blaafield, le Vattindalsfield et autres montagnes où prennent leur source l'Otteren-Elv, le Nid-Elv et les principales rivières qui coulent en divergeant vers le littoral de la presqu'île de Christiansand. Mais à partir du 59° degré, les plates-formes vont en s'abaissant de plus en plus vers l'extrémité méridionale de la Norwège; elles se couvrent de forêts, perdent les caractères de hautes montagnes, et ne diffèrent pas notablement des collines ondulées que l'on voit en Finlande et dans l'est de la Suède.

*Montagnes situées à l'est et au nord de l'Iötunfield.* — Remontons maintenant au-delà du 61° degré de latitude, pour faire connaître les hautes plates-formes dont nous n'avons point encore parlé. Du côté nord-est, l'Iötunfield, groupe de cimes culminantes de la Norwège, communique avec le massif du Sognefield, qui est allongé de l'O.-S.-O. à l'E.-N.-E. et borné dans toutes les directions par des vallées profondes, par celle du Justedal à l'ouest, par celle du Bøver-Elv à l'est, et au nord par la grande vallée de l'Ota-Elv, à laquelle se réunit la précédente auprès du bourg de Lomm.

Le Sognefield semble se rattacher du côté N.-O. aux montagnes du Langfield, mais il en est séparé par l'échancrure qui forme (à 1387 mètres d'altitude) la passe entre la vallée du Brøkke-Elv et celle du Justedal. Cette dernière consiste en une crevasse profonde, résultant d'une dislocation qui a écarté le Sognefield du massif du Justedal, de ce vaste plateau de glace, qui se prolonge vers le N.-N.-E. en se recourbant légèrement, depuis le Sognefiord, sous le 60° degré, jusqu'au Romsdalfiord, sous le 62° 1/2 degré de latitude. Mais on ne désigne ordinairement par l'expression de *montagnes du Justedal* que la portion située à l'est de la vallée

(1) Il ne faut pas confondre le *Miös*, l'un des principaux lacs du Tellemark, avec le *Miösen* qui se trouve au N. de Christiania, ni avec le *Vangmiös* situé dans le Valdres, à l'E. du Sognefiord.

(2) Les lacs Kalhöv (à 1068 mètres d'altitude), Totak (à 720 mètres), et plusieurs autres moins étendus, occupent, comme le *Miös*, les plates-formes élevées de l'intérieur de la presqu'île, à peu près à égale distance entre le golfe de Christiania et la côte de Bergen. Mais 6 ou 700 mètres plus bas, à une petite distance, se trouvent d'autres grands lacs sur des terrasses inférieures; ainsi les lacs Tin (à 188 mètres), Bandag (à 68 mètres), Nisser (à 242 mètres), Fyrris (à 270 mètres). On conçoit que le passage des eaux d'un de ces systèmes de lacs à l'autre ne peut avoir lieu que par des cascades. Les rivières qui versent leurs eaux sur la côte occidentale de la Norwège offrent souvent aussi de hautes cascades, non en descendant à des lacs inférieurs, mais en approchant de la mer: on en voit beaucoup d'exemples, principalement autour des différentes branches du fiord de Hardanger; je citerai seulement la cascade de Vöringfoss, haute de près de 300 mètres, et formée par le torrent qu'alimentent les neiges du mont Jökeln.

du même nom ; on appelle *Langfield* la partie située plus au nord, dans laquelle prennent naissance le Brœkke-Elv, le Raudals-Elv et autres affluents du fleuve Ota, ainsi que les rivières qui se jettent dans l'Indvigfiord et le Storfiord, deux golfes de la côte située entre Bergen et Drontheim. Le Langfield m'a paru être moins élevé que les montagnes du Justedal situées au sud : cependant il est couvert de neige dans une grande partie de son étendue ; les cimes qui s'y trouvent (1) ne dépassent pas beaucoup la crête du plateau, qui est plus étroit que celui du Justedal et découpé par un grand nombre de déchirures, au fond desquelles coulent des torrents, les uns vers l'est, les autres vers l'ouest.

Les montagnes que nous venons de décrire sont limitées d'une manière très nette par la grande vallée du Romsdal, des lacs Lessøe et du Guldbrandsdal, vallée qui s'étend sans interruption depuis le fiord de Romsdal jusqu'au golfe de Christiania. Le lac de Lessøe-Werk, qui en occupe le point le plus élevé (620 mètres), est remarquable en ce qu'il envoie ses eaux à deux mers (2). Cette grande ligne de communication entre les deux côtes opposées de la Norwège forme, dans la partie qu'occupe ce lac, et jusqu'à plus d'un myriamètre à l'ouest, une dépression un peu large, ou une espèce de bassin à fond plat, dont les pentes latérales sont assez douces, et les fields adjacents n'ont pas une très grande élévation. Mais un peu plus à l'ouest, à partir de la jonction du Rauma-Elv avec le torrent d'Ulve, qui vient du Langfield, la vallée change de physionomie et prend les caractères d'une étroite déchirure. Des deux côtés les montagnes ont été disloquées presque jusqu'à leur base ; des crevassements dirigés en divers sens ont produit, avec le concours des agents atmosphériques et principalement de la gelée, des pics de formes variées, ressemblant soit à des piliers prismatiques, soit à des obélisques ou des pyramides, soit à des aiguilles ou des cornes. Aussi, la contrée du Romsdal est justement renommée, comme une des parties les plus pittoresques de la Norwège, quoique les sommets des montagnes y atteignent à peine la zone des neiges perpétuelles.

*Plateau du Dovrefield.* — A quelque distance au N.-N.-E. du Langfield s'élève le plateau du Dovre ou Dovrefield ; mais, entre ces deux massifs de montagnes, se trouvent la vallée du lac Ota et celle des lacs Lessøe, toutes deux dirigées de l'est à l'ouest, et n'ayant, dans la partie occupée par ces lacs, qu'une altitude de 360 et 600 mètres au-dessus de la mer ; l'espace qui les sépare con-

(1) Les plus hautes de ces cimes ont 18 à 1900 mètres d'altitude ; ainsi la montagne de Skalstind, l'une des principales sommités, située entre Lessø et Lomm, s'élève à 1884 mètres.

(2) Il y a en Norwège plusieurs exemples de cours d'eau qui coulent dans des sens opposés, et ont leur origine dans un même lac ou un même marais ; ainsi, dans la contrée de Røraas, on voit le Guul-Elv (ou Gulu-Elv), le Thya-Elv, affluent du Æna-Elv, et la Glommen, qui se rendent, les deux premiers au fiord de Drontheim, la dernière au golfe de Christiania, sortir d'un marais situé entre le lac Vigel et le lac Stue, un peu au midi du 63° degré de latitude.

siste en un plateau élevé seulement de 1100 à 1200 mètres. Ainsi le Dovre constitue un massif indépendant, qui termine du côté nord la série des hautes plates-formes de la Norvège méridionale; la partie culminante est celle qui constitue le Sneehättan et le massif de Skrimkolle qui en est très rapproché. Le Sneehättan, haut de 2295 mètres, a été pendant fort longtemps considéré comme le roi des montagnes de la Scandinavie; mais aujourd'hui il est déchu du premier rang et ne vient qu'après les pics des Galdhøpiggen et des Skagstølstinden. Toutefois son isolement, sa forme majestueuse et les caractères particuliers de sa structure le rendent aussi remarquable que les cimes qui le dépassent en hauteur: il est moins aigu, et il a la forme d'un cône surbaissé, dont j'évalue l'inclinaison moyenne, du côté oriental, à 18 ou 20 degrés. Il est évidé par une entaille profonde; et, bien qu'étant formé de gneiss, il offre des traces de dislocations analogues à celles que l'on observe dans les massifs de roches volcaniques: en effet, du côté sud-ouest, il y a un vaste effondrement autour duquel se dresse une enceinte de murailles à pic, couronnée par la crête aiguë et légèrement arquée du Sneehättan. Il en résulte un cirque ayant quelque analogie avec ceux des Pyrénées: son aspect n'est pas moins grandiose, mais il est beaucoup plus sombre et plus propre à inspirer un sentiment de terreur que d'admiration; ici on ne voit que des masses de glace et de neige, des roches à pic, décharnées et divisées par une multitude de fractures; aux alentours, il n'y a aucune trace de végétation, aucune apparence de la nature animée, rien qui fasse contraste à ces sauvages horreurs. Les anfractuosités des roches sont remplies de neige; et au fond de la dépression qu'entoure la muraille abrupte du Sneehättan gît un glacier formé par un entassement d'avalanches et divisé par de nombreuses crevasses.

Cette montagne présente une analogie remarquable avec les cônes de soulèvement: l'entaille profonde que l'on y remarque résulte sans doute de l'affaissement qu'a dû éprouver une portion de la masse rocheuse, lorsqu'elle a été soulevée à une grande hauteur au-dessus du plateau environnant; la surface affectée par l'action des forces souterraines, en cessant d'être plane et prenant une forme conique, n'a pu s'étendre assez pour que cet agrandissement eût lieu sans solution de continuité; alors des ruptures se sont produites et ont été accompagnées d'affaissements plus ou moins considérables. Indépendamment du gouffre dont le glacier du Sneehättan occupe le fond, des crevasses moins étendues se manifestent sur les pentes du cône et paraissent offrir une disposition rayonnante. Ainsi j'en ai remarqué deux un peu au nord de l'endroit par où l'on gravit la pente du Sneehättan: l'une d'elles a une assez grande largeur près de la base du cône; elle n'est pas entièrement remplie par l'amas de blocs et de glace qui en cache le fond et dont la surface supérieure se trouve à une profondeur de quelques mètres au-dessous du sol environnant.

Immédiatement au nord du Sneehättan se dresse un rocher moins élevé qui,

au dire de mon guide, s'appelle Druck-Sua : il appartient au même massif et n'en est séparé que par une grande crevasse ; il présente du côté sud-ouest un mur escarpé comme celui du Sneehättan et l'on y remarque des fentes nombreuses. Du côté opposé, se relie encore au Sneehättan la montagne de Skreahög, qui est presque aussi élevée, et il y a un autre pic intermédiaire, d'une forme un peu aiguë. Cette série de cimes forme une crête dentelée, interrompue par de fortes échancrures : sur le flanc oriental de la montagne de Skreahög, on remarque une dépression, moins profonde que celle du Sneehättan, mais qui néanmoins est occupée par un glacier.

A 2 ou 3 kilomètres au N.-E. du Sneehättan s'élève un groupe de cimes, qui en est entièrement séparé, et dont les flancs sont escarpés ; la principale d'entre elles, qu'on nomme Skrimkolle, a une hauteur d'environ 2100 mètres au-dessus de la mer. La portion voisine du plateau situé à l'est offre des plaques de neige un peu étendues ; et, d'après mes observations hypsométriques, son niveau moyen m'a paru varier de 1500 à 1800 mètres.

La Driva, dont les principales branches tirent leur origine des glaces du Sneehättan, est d'abord dirigée du sud au nord et coule à travers le défilé que suit, au-dessous de Kongswold, la route de Christiania à Drontheim ; puis à partir d'Opdal, au lieu de continuer à couler vers le nord, elle se porte vers le N.-O. et va déboucher dans le golfe de Tinvold : ainsi elle isole de la portion culminante du Dovrefield des plates formes dont la crête est couverte de neige et qui peuvent être considérées comme appartenant au même massif, bien qu'en étant séparées par cette vallée. Un peu plus au nord, ces plates-formes s'abaissent peu à peu au-dessous du niveau supérieur de la végétation arborescente, qui est ici à environ 1000 mètres au-dessus de la mer, et le 63° degré de latitude peut être considéré comme limitant du côté nord la zone des hautes montagnes de la Norwège méridionale.

Déjà nous avons signalé dans le Nummedal et le Telemark l'existence de sommités isolées, qui s'élèvent à une grande hauteur au milieu de contrées relativement basses. A l'est du Dovre, dans le Gulbrandsdal et l'Österdal on peut citer une foule d'exemples semblables : ainsi le groupe de pyramides qu'on nomme les *Rundene*, groupe situé un peu au sud du 62° degré de latitude, entre les vallées du Lougen et de la Glommen, s'élève à 2113 mètres. Le Sölenfield est une cime encore plus isolée, qui surgit à l'est de la Glommen jusqu'à environ 1800 mètres de hauteur. Un peu plus au nord, le Tronfield s'élève par une pente rapide depuis le bord de la Glommen, de 496 mètres jusqu'à 1725 au-dessus du niveau de la mer. On ne remarque pas de liaison entre ces diverses sommités ; elles semblent être indépendantes les unes des autres, comme si elles résultaient de soulèvements produits par des causes volcaniques sur des points isolés.

*Remarques sur le groupe méridional des montagnes de la Scandinavie.* — La région de hautes montagnes que nous venons de décrire est comprise entre le

59° et le 63° degré de latitude ; elle est plus étendue dans le sens du méridien que parallèlement à l'équateur. Toutefois il est impossible d'attribuer à cet ensemble de plateaux et de pics un axe ayant une direction précise ; et même, si l'on considère isolément les diverses parties de ce vaste pâtre de montagnes, tantôt leur orientation paraîtra voisine de la ligne EO, tantôt elle se rapprochera d'être parallèle au méridien : ainsi les pics de l'Iötunfield forment une série disposée dans le sens de l'E.-N.-E., de même que le massif du Sognefield. Les montagnes qui séparent le Nummedal du golfe de Hardanger paraissent être allongées de l'est à l'ouest, mais au contraire les hautes plates-formes du littoral, du Folgefonden et du Justedal offrent une disposition générale dans le sens du N.-N.-E. Quant au Dovrefield, il est bien difficile de lui assigner une orientation déterminée. Cependant, si l'on trace une ligne servant de contour à l'ensemble de ces massifs rocheux, qui atteignent à la hauteur des neiges permanentes, l'axe longitudinal de cette courbe sera orienté à peu près du N.-N.-E. au S.-S.-O., c'est-à-dire dans un sens parallèle à la zone montagneuse qui s'étend le long du littoral, au nord du 63° degré de latitude.

Le groupe de montagnes du midi de la Norvège me paraît avoir dans sa structure une certaine analogie avec le Spitzberg : les terres ainsi appelées constituent un groupe de trois grandes îles, entourées d'autres plus petites, lequel groupe s'étend du 76° 1/2 degré au 81° degré de latitude, et du 8° au 22° degré de longitude. L'île principale consiste en un immense pâtre de rochers, dont le nom de Spitzberg (*montagne pointue*), dérive de l'aspect des pics aigus qui bordent le rivage, et s'élèvent du sein des flots jusqu'à une hauteur de 600 à 1200 mètres. Mais, au lieu de se rattacher à un système rectiligne, offrant les caractères ordinaires des chaînes de montagnes, ces pics ne sont, pour ainsi dire, que les dentelures de l'arête terminale du haut plateau qui constitue l'intérieur de l'île, et qui s'abaisse vers l'Océan arctique par des pentes abruptes, de même que les flancs des plateaux de la Norvège occidentale, dont le pied est baigné par les eaux des fiords de Hardanger, de Sogne, d'Indvig et de Stor.

Dans la partie nord-ouest du Spitzberg, que nous avons visitée en 1839, il n'y a point de fiords aussi longs ni aussi profonds qu'en Norvège, mais de petits golfes, bordés sur leurs côtés et à leur extrémité par des rochers escarpés d'une grande élévation ; souvent même le rivage offre l'aspect d'une barrière infranchissable. Toutefois dans les parties septentrionale et orientale du Spitzberg il y a quelques déchirures, golfes ou détroits, dont l'étendue en longueur est de plusieurs myriamètres, et s'approche alors de celle des fiords de la Norvège. Ces grandes découpures paraissent, en général, affecter une orientation voisine du N. ou du N.-N.-O. C'est aussi du N.-N.-O. au S.-S.-E. qu'est dirigée dans son ensemble et dans beaucoup de ses parties la côte occidentale du Spitzberg, ainsi que l'île du prince Charles, étroite lanière qui la borde sur une distance d'environ 10 myriamètres.

*Contraste entre les pentes orientales et occidentales.*—Le voyageur qui explore les hautes montagnes de la Norwège est frappé de la différence que présentent leurs pentes opposées, vers l'E. et vers l'O. : du côté oriental, elles s'abaissent graduellement et en s'arrondissant, tandis que les plates-formes couvertes de neige qui avoisinent la côte occidentale de la Norwège, se terminent par des flancs escarpés. Le Folgefonden et les fields qui touchent le Sognefiord sont, pour ainsi dire, coupés à pic par des tranchées profondes, le long desquelles la mer pénètre à des distances de trente à quarante lieues de la côte, jusqu'au sein des plus hautes montagnes de la Scandinavie. Aucun pays ne me paraît fournir des témoignages plus convaincants de la formation des vallées de montagnes par voie de déchirement ou de dislocation violente, que les plateaux découpés par ces crevasses à parois abruptes, élevées souvent de plus de 4000 mètres, qui constituent les différentes branches du Sognefiord, du Hardangerfiord et de beaucoup d'autres fiords de la côte norvégienne. Ces golfes si étendus aboutissent ordinairement à des vallées disposées dans le même sens et formant le prolongement des déchirures qui leur ont donné naissance. Il est impossible de représenter l'aspect sévère et grandiose de ces passages étroits, où le soleil pénètre à peine, et où un vaisseau peut naviguer, sans trouver de fond pour jeter l'ancre, entre deux murailles élevées parfois de plus d'un millier de mètres et si escarpées que la végétation ne peut s'y établir. Les crevasses multipliées qui ont, pour ainsi dire, haché la zone littorale et qui ont donné naissance à des milliers d'îles de différentes grandeurs, appartiennent, comme nous le verrons, à de nombreux systèmes de dislocations.

*Fausse idée des géographes concernant le Dovrefield.*— La plupart des géographes ont considéré le Dovrefield comme formant une chaîne, qui réunit les montagnes du sud de la Norwège à celles du nord, ou bien comme consistant en une déviation présentée par la chaîne scandinave que l'on suppose se reporter à l'est, entre le 62° et le 63° degré de latitude, pour reprendre ensuite sa direction vers le nord. La description que j'ai donnée du Dovrefield a dû montrer combien cette manière de voir est peu exacte. Un peu à l'est du massif du Sneehattan, le plateau ondulé du Dovrefield s'abaisse considérablement ; et, à l'exception de quelques cimes isolées, les montagnes aplaties qui environnent le cours supérieur de la Glommen, et forment les environs de Røraas, dépassent à peine la limite des bouleaux, qui est ici à moins de 4000 mètres au-dessus de la mer. Loin qu'il y ait aucune chaîne à servir de trait d'union entre les montagnes situées en deçà et au delà du 63° degré de latitude, la contrée dans laquelle on place cette jonction supposée constitue une véritable dépression relativement aux espaces environnants ; c'est là que gisent le lac d'Öresund d'où sort la Glommen (à un niveau de 705 mètres), le lac Ferager (à 677 mètres), le grand lac Fœmund (à 671 mètres), lequel donne naissance au Fœmund-Elv ou Klar-Elv (1). Il est vrai

(1) Il est remarquable que plusieurs des principaux fleuves de la Scandinavie tirent leur origine  
SOC. GÉOL. — 2<sup>e</sup> SÉRIE. T. VI. — Mém. n° 1.

que dans la même contrée on voit surgir çà et là quelques cimes élevées, telles que le Tronfield, le Sölenfield; mais nous avons vu qu'elles sont indépendantes les unes des autres, et ces protubérances isolées n'ôtent point au pays qui les entoure le caractère d'une dépression.

*Caractère de la ligne de hauteurs situées à l'est du lac Fœmund.* — Immédiatement à l'est du lac Fœmund, qui est allongé du N. au S., s'élève une série de cimes hautes de 1200 à 1500 mètres, et disposées en file parallèlement au lac Fœmund, dans le sens du méridien; ce sont les cimes de Salsfield, haute de 1265 mètres; Svukufield, haute de 1431 mètres; Skebro, etc. Cette série se prolonge encore un peu au midi du lac Fœmund; mais au delà du mont Herjehägna, situé un peu au sud du 62° degré de latitude et s'élevant à 1184 mètres, cette bande montagneuse tend à s'effacer peu à peu, et ne constitue plus qu'une plate-forme ondulée, exhaussée en quelques points, et s'élevant à une faible hauteur au-dessus des pays situés à l'E. et à l'O. Il est évident que les causes qui ont produit ces protubérances se sont affaiblies de plus en plus vers le S.

C'est le contraire qui a lieu au nord du lac Fœmund: la ligne de sommités qui longe la rive orientale se prolonge vers le N., en suivant presque le 9° 1/2 degré de longitude; ainsi à l'est du lac Ferager s'élève le Vigelnfield (haut de 1577 mètres); plus loin c'est le Rutefield (1115 mètres); puis le Svukufield (1431 mètres); et le Syltfield ou Syltoppen, qui vient après, parvient à une élévation de 1789 mètres: il forme le point culminant de toute la contrée, et comme le nœud de cette bande montagneuse. Plus loin au N., cette série de sommités séparées les unes des autres, mais alignées en file, commence à perdre sa direction première et à se porter vers le N.-N.-E.: en même temps leur disposition devient plus irrégulière. D'ailleurs il faut observer qu'en dehors de la ligne qui forme la séparation de la Norvège et de la Suède, se trouvent des sommités égalant ou surpassant même parfois les cimes limitrophes: ainsi, du côté norvégien, je rappellerai le Sölenfield, situé à l'ouest du lac Fœmund, et du côté suédois je citerai la montagne d'Åreskutan (haute de 1454<sup>m</sup>), qui surgit à l'est de la frontière. D'ailleurs les sommités principales du Finmark, au nord du 69° degré de latitude, se trouvent près du bord de la mer, et quelquefois même sur des îles.

*Orographie de la zone limitrophe suédo-norvégienne.* — La ligne limitrophe de la Suède et de la Norvège ne constitue point un axe jouant le même rôle que celui des chaînes proprement dites; elle n'influe, en effet, que d'une manière peu prononcée sur l'orientation des traits orographiques. La limite des deux pays a été établie en joignant les principales sommités, qui paraissent être placées les unes à la suite des autres. A partir du 63° degré de latitude, cette limite, tout en présentant de nombreuses déviations, se dirige moyennement du S.-S.-O. au

de lacs qui gisent au fond de cette dépression; ainsi la Glommen, le Fœmund-Elv ou Klar-Elv, qui prend à son embouchure le nom de Götha-Elv, le Dal-Elf et le Ljusne-Elv, le Guul et le Nid-Elv.

N.-N.-E., et constitue plutôt le bord oriental que la ligne médiane de la série des plates-formes montagneuses à laquelle les géographes ont donné le nom de chaîne des *Kiølen* ou des *Kiøl* (1). Cette zone, considérée dans son ensemble, est allongée dans un sens déterminé, et par là elle se rapproche plus des chaînes proprement dites que le groupe de montagnes du midi de la Norwège. Toutefois elle en diffère sous plusieurs rapports, et notamment en ce que les caractères d'accidentation ne sont pas subordonnés à un axe de soulèvement continu et occupant une position médiane, comme l'axe de la chaîne des Pyrénées ou de celle des Alpes. Les massifs rocheux sont allongés dans des sens divers, et la plupart des vallées courent obliquement par rapport à la frontière. Les rivières qui coulent vers la côte de Norwège suivent des directions variées; celles qui se rendent vers le golfe de Botnie sont, en général, dirigées du N.-O. au S.-E. ou de l'O.-N.-O. à l'E.-S.-E. La plupart de ces cours d'eau sortent de lacs situés au pied des montagnes ou dans les intervalles qu'elles laissent entre elles; assez souvent les lacs qui donnent naissance aux fleuves suédois se trouvent sur le territoire norvégien, et réciproquement.

Les dépressions qui séparent les sommités de la partie centrale et qui servent de passages entre la Norwège et la Suède, se trouvent à un niveau qui varie généralement de 600 à 800 mètres, et les sommités atteignent rarement à une hauteur de plus de 1300 à 1400 mètres (2), dans toute la longueur de la zone montagneuse qui s'étend du 62<sup>e</sup> au 71<sup>e</sup> degré de latitude. Les deux plus hautes montagnes

(1) M. Münch a fait observer (*Gea norvegica*, p. 505, 508 et 509) que les géographes avaient commis une grande erreur, en attribuant à l'expression *kiøl* (ou mieux *kjøl*, *kjöler* au pluriel) le même sens qu'au mot allemand *kiel*, qui signifie *carène*. Suivant M. Münch, *kiøl* n'exprime point une crête de montagne, mais, au contraire, une dépression transversale de la zone montagneuse, dépression qui sert de communication entre les vallées opposées, situées du côté suédois et du côté norvégien. D'après cette interprétation, le mot *kiøl* équivaudrait à notre expression *col*.

(2) Voici les principales sommités que l'on trouve entre le *Syltfield* et le *Sulitelma*, et dont l'altitude est supérieure à 1300 mètres: sous 64° 10' de latitude, le *Jøvsofield*, haut de 1319 mètres; sous 65° 5', le *Sibmekfield* (1400 mètres); sous 65° 45', le *Gedetind* (1385 mètres); sous 67 degrés, le *Höitind* (1365 mètres); sous 67° 10' sont les cimes d'*Almajalos* et de *Nordre-Sule*, qui font partie du groupe du *Sulitelma* et qui atteignent 1700 mètres. Plus au nord, on ne connaît aucune protubérance dont la hauteur au-dessus du niveau de la mer excède 1300 mètres.

Dans les montagnes du groupe méridional de la Norwège, telles que le *Dovrefield*, l'*Iötunfield*, etc., il n'y a pas de rapports uniformes entre la hauteur des cimes culminantes et l'altitude des plates-formes qui les supportent ou des dépressions qui les bordent: ainsi le plateau du *Justedal*, le plus élevé de la Norwège, est à peine dominé de 150 à 200 mètres par la cime culminante de *Lodalskaabe*: tandis que les pics de l'*Iötunfield* s'élèvent deux fois et demie plus haut que les plates-formes situées à l'est et au sud. Mais dans la bande montagneuse qui s'étend du 62<sup>e</sup> au 68<sup>e</sup> degré de latitude, les traits généraux présentent des indices d'alignement, et s'éloignent moins des caractères propres aux chaînes de montagnes: aussi j'ai cru y reconnaître un rapport général entre l'élévation des cimes culminantes, voisines de la ligne de partage des eaux, et la hauteur des dépressions limitrophes adjacentes, dépressions où se trouvent habituellement de petits lacs donnant naissance aux fleuves qui

que l'on trouve sont le Syltfield ou Syltoppen déjà cité (1789 mètres), et le Sulitelma situé sous le 67° degré, qui atteint 1883 mètres : la plate-forme qui le supporte est à environ 1400 à 1500 mètres au-dessus de la mer ; presque toutes les cimes qui sont séparées de ces deux massifs ont une altitude plus petite d'au moins 500 mètres.

On voit que le groupe de montagnes situé au delà du 63° degré de latitude est notablement inférieur en élévation au groupe méridional, qui offre des plates-formes hautes de plus de 1800 mètres et des pics élevés de 2500 à 2600 mètres. Il a aussi une largeur beaucoup moindre ; car les hautes plates-formes ne se prolongent pas beaucoup à l'est de la frontière, excepté dans le Finmark, et leur ensemble occupe, dans le sens transversal, de l'O.-N.-O. à l'E.-S.-E., une étendue qui varie de 10 à 14 myriamètres. Néanmoins la structure générale de ces montagnes est la même : ce sont des plates-formes ondulées, au-dessus desquelles surgissent des cimes de formes diverses, quelquefois présentant une crête dentelée et des pics aigus, ou ressemblant à des dômes, à des cônes surbaissés, ou bien à des pyramides tronquées. Dans cette longue série de sommités il est rare de voir, si ce n'est dans les îles du Nordland, des aiguilles aussi élancées que les *Tind* du massif des Skagstölstinden, de l'Pötunfield et du Romsdal.

*Grand système de vallées.* — Quoique généralement dépourvue de crêtes ou d'axes rectilignes, la zone montagneuse des Kiölen offre souvent des vallées

coulent vers l'Atlantique et vers le golfe de Botnie. C'est ce qui ressort du tableau ci-après, dans lequel j'ai fait figurer quelques-unes des cimes principales de cette région.

| LATITUDE. | CIMES SITUÉES PRÈS DE LA FRONTIÈRE SUÉDO-NORWÉGIENNE. |  |                    | Hauteur des dépressions limitrophes adjacentes. | Rapport entre les hauteurs des cimes et des dépressions. |
|-----------|---|--|--------------------|---|--|
|           | DÉNOMINATION.   | SITUATION.                             | ALTITUDE.          |   |  |
| 62° 16'   | Svukufield. . . . .                                   | A l'est du lac Fæmund. . . . .         | 1432 <sup>m</sup>  | 800 <sup>m</sup>                                | 1,79 : 1   |
| 62 38     | Vigelufield. . . . .                                  | A l'est des lacs Öresund et Ferager.   | 1577               | 880   | 1,78 : 1   |
| 63 "      | Syltfield ou Syltoppen.                               | A l'origine de la vallée de Selbo. . . | 1789               | 985   | 1,82 : 1   |
| 63 33     | Kiölhaug. . . . .                                     | A l'est du fiord de Drontheim . . .    | 1277               | 700   | 1,82 : 1   |
| 65 38     | Hatfield . . . . .                                    | A l'est du lac Rös. . . . .            | 1152               | 600   | 1,92 : 1   |
| 67 10     | Sulitelma . . . . .                                   | A l'est du Saltenfiord. . . . .        | 1884               | 950 ?   | 1,98 : 1   |
|           |   |  | Rapport moyen. . . |   | 1,85 : 1   |

On voit qu'entre les hauteurs des cimes de la zone limitrophe il existe un rapport qui varie entre 1,78 : 1 et 1,98 : 1, et qui, pour les exemples cités ici, est en moyenne de 1,85 : 1. Mais au delà de 68 degrés de latitude, la frontière suédo-norwégienne, ainsi que la ligne de partage des eaux, forment des courbes sinueuses et irrégulières : en même temps, les cimes culminantes n'offrent plus d'indices d'alignement ; elles se montrent au bord de la mer, parfois sur des îles. Alors il n'y a plus lieu de rechercher, comme tout à l'heure, une relation entre les niveaux des cimes et des dépressions adjacentes.

dirigées dans le sens de sa longueur, parallèlement à la côte (1). Ainsi, depuis le Halsfiord sous le 63° degré de latitude, jusqu'au Ranenfiord, un peu au nord du 66° degré, il y a un remarquable système de dépressions parallèles au bord de la mer et formant une grande vallée presque continue, dont on admire la belle végétation. En effet, la vallée de Rindal, celle d'Ørkedal, le fiord de Drontheim, la vallée de Snaasen, celle du Namsen ou Nauma-Elv, celle de Fiplingdal et celle de Røsa, sont placées à peu près sur une même ligne; dans le prolongement les unes des autres; les intervalles qui les séparent sont d'ailleurs très courts et d'une petite élévation. Ce système, auquel sont parallèles beaucoup de branches secondaires, ou de vallées séparées, n'offre pas, de même que le rivage de la mer, une direction tout à fait uniforme; mais dans la plus grande partie de son étendue et surtout dans la portion médiane, il court de l'E. 40° N. à l'O. 40° S.; la partie septentrionale se rapproche beaucoup plus de la direction du méridien. Dans les dépressions situées un peu à l'est de cette grande vallée, à 500 mètres au-dessus de la mer, on observe une série de vastes lacs qui envoient leurs eaux, les uns vers l'Atlantique, les autres vers le golfe de Botnie; on peut citer parmi les premiers: le Tunsøe, le Nams-Vand, le Røs-Vand (le plus grand lac de la Norwège septentrionale); parmi les seconds le Torrøn, le Langlingen, Limingen, Qvernberg, etc.

Nous avons déjà signalé la différence qui a lieu dans la manière dont s'abaissent vers l'est et vers l'ouest les plateaux du groupe méridional de la Norwège; un contraste semblable nous est offert, et d'une manière encore plus frappante, par la série de montagnes qui s'étend du 63° au 71° degré de latitude. Les plates-formes ondulées, sur lesquelles se trouve la frontière de la Suède, s'abaissent graduellement vers l'est par des pentes très douces et souvent presque insensibles, de sorte qu'en partant du golfe de Botnie, on arrive sur la frontière norwégienne, pour ainsi dire, sans s'en douter (2).

*Pentes vers l'est et vers l'ouest.* — Il est facile de calculer la pente générale du sol: si l'on prend 700 mètres pour l'élévation moyenne des parties basses de la frontière, qui correspondent aux cols des Alpes ou aux ports des Pyrénées, comme elles sont séparées du golfe de Botnie par une distance d'au moins 30 myriamètres et souvent plus, on obtient pour l'inclinaison moyenne du sol vers l'est 2, 3 millimètres par mètre ou 8 minutes. Cette pente serait encore plus faible si, au lieu de prendre pour base de ce plan incliné la distance la plus

(1) Il est remarquable de voir que les vallées dirigées du N.-N.-E. ou du N.-E. au S.-O. et celles du S. au N. sont beaucoup plus fréquentes, entre le 63° et le 68° degré de latitude, que celles qui courent du N.-O. au S.-E., et qui néanmoins sont des vallées transversales relativement à la direction générale de la côte et de la zone montagneuse.

(2) Les montagnes de l'Oural paraissent avoir de l'analogie avec celles de la Norwège: elles présentent aussi de vastes plates-formes, sur lesquelles s'élèvent çà et là des sommités; leur pente est très faible du côté occidental, et il paraît que l'on passe, presque sans le savoir, de l'Europe dans l'Asie boréale.

courte de la frontière norvégienne au golfe de Botnie, on avait considéré la ligne que suivent les principales rivières, qui sont dirigées du N.-O. au S.-E. L'altitude moyenne des sommités limitrophes pouvant être estimée à 1200 mètres, la pente moyenne du plan s'étendant de ces éminences vers le golfe de Botnie, serait de 0,004, ou 14 minutes.

On peut faire des calculs analogues pour connaître la pente du sol norvégien vers l'Atlantique, de l'est à l'ouest, ou plus exactement de l'E.-S.-E. à l'O.-N.-O. La distance qui sépare de la côte la frontière suédo-norvégienne ou la ligne de partage des eaux, est seulement de 10 myriamètres; l'inclinaison moyenne du plan joignant la frontière au bord de l'Atlantique serait par conséquent de 0,007, ou 24 minutes, à partir des portions déprimées de la ligne limitrophe et de 0,012, ou 41 minutes, à partir des sommités. Mais il faut observer que les fiords, qui pénètrent à l'intérieur du pays, abrègent considérablement le chemin que les torrents ont à parcourir pour arriver à la mer du Nord. D'un autre côté, l'élévation des plates-formes norvégiennes n'est pas ordinairement plus considérable sur la lisière de la Suède; parfois même elle est moindre qu'au bord de l'Océan, où elles se terminent par des pentes très fortes et souvent supérieures à 45 degrés.

*Inégalité dans le mouvement des eaux.* — Cette différence dans la configuration du sol de la Scandinavie, à l'ouest et à l'est de la frontière suédo-norvégienne, détermine une inégalité correspondante dans le mouvement des eaux. Les fleuves qui coulent vers le golfe de Botnie acquièrent un plus grand volume (1), ils ont un cours plus vaste et moins rapide; ordinairement ils traversent des lacs très étendus en longueur (2). Les torrents qui versent leurs eaux dans l'Atlantique ont le cours beaucoup plus accidenté et présentent des chutes considérables, quelquefois de près de 300 mètres, comme celle de Vöringfoss dans le Hardanger, ou comme celle de Riukanfoss, offerte dans le Telemark, par le Maan-Elv qui unit le lac Miös au lac Tin. Sur le trajet de ces rivières se trouvent presque

(1) A égale étendue de bassin hydrographique, les fleuves de la Norvège ont un volume plus considérable que ceux de la Suède, car il tombe une quantité de pluie beaucoup plus grande sur le côté occidental des montagnes de la Scandinavie que sur les plates-formes situées à l'est de la frontière suédo-norvégienne: c'est que les courants atmosphériques chargés d'humidité, qui viennent de l'ouest et du sud-ouest, sont arrêtés par les escarpements que forme le bord occidental de la zone montagneuse, et comme ils se refroidissent notablement au contact des surfaces neigeuses, ils donnent lieu à une abondante précipitation d'eau: c'est le même effet que celui qui a lieu sur le versant méridional des Alpes.

(2) Souvent les habitants du pays ont donné le même nom au lac situé au pied des montagnes et formant le berceau du fleuve, au fleuve lui-même et à la ville qui se trouve à son embouchure dans le golfe de Botnie; alors la même expression résume toute l'histoire du fleuve, sa naissance, son cours et son embouchure; ainsi les noms de Torneå, Calix, Luleå et Umeå s'appliquent à la fois à un lac, à un fleuve et à une ville.

Les grands lacs de la Laponie suédoise se trouvent au pied des protubérances limitrophes, à une distance de 20 à 30 myriamètres du golfe de Botnie et à une altitude de 200 à 300 mètres au-dessus de la mer.

toujours des lacs disposés par étages et formant souvent de longues files : les eaux se précipitent en cascades de l'un dans l'autre ; il y a aussi des torrents qui tombent du haut des rochers dans la mer.

*Grand nombre d'îles et presque îles.* — Au nord comme au sud du 63° degré de latitude, la côte de l'Atlantique est découpée par des crevasses profondes et entrecroisées, qui s'étendent parfois jusqu'à une petite distance de la frontière de la Suède et qui séparent du continent une multitude d'îles. Depuis le fiord de Drontheim jusqu'au 68° degré de latitude, on voit peu d'îles d'une grande étendue ; mais plus au nord, sur la côte de la province de Nordland, les îles s'agrandissent et manifestent entre elles une liaison évidente. Ainsi les masses rocheuses de l'archipel de Loffoden et de Tromsen forment comme une petite chaîne, qui s'étend parallèlement à la zone de montagnes situées sur le continent ; c'est là que sont les plus grandes îles de la Norwège, et beaucoup ne sont séparées les unes des autres que par des canaux fort étroits : à leur surface s'élèvent des cimes neigeuses présentant des formes variées et pittoresques.

Le Finmark offre, comme le Nordland, un certain nombre de grandes îles, mais il est principalement remarquable par ses vastes presque îles ; on y voit des fiords, celui de Porsanger, par exemple, qui pénètrent jusqu'à 14 ou 15 myriamètres à l'intérieur du pays. Dans le Nordland et dans le nord de la province de Drontheim, s'étendent des plates-formes dont l'altitude est aussi grande sur la frontière de la Suède que sur le littoral ; mais, dans le Nordland septentrional et dans le Finmark, les sommités culminantes ne touchent plus, en général, à la frontière suédo-norwégienne ou à la ligne de partage des eaux : elles se trouvent au bord même de la mer, soit sur la côte du continent, soit sur des îles. Elles s'élèvent dans la zone des neiges permanentes, jusqu'à une altitude de 1100 à 1200 mètres : ainsi on voit à l'île Seyland des champs de névé d'une assez grande étendue, tandis que les plates-formes de l'intérieur de la Laponie, dans la région où se trouve la frontière de la Suède, n'ont qu'une élévation de 300 à 400 mètres et restent, en général, au-dessous de la limite de la végétation arborescente. La cime principale de l'île Seyland, haute de 1080 mètres, domine, sans rivale, toutes les montagnes situées sous le même parallèle ou à des latitudes plus élevées. Elle n'est égalée que par le Noonskarsfield, situé près de Talvig, au bord de l'Altenfiord, sous 70 degrés de latitude. C'est seulement sous 69 1/2 degrés de latitude que l'on trouve deux cimes qui lui soient supérieures, savoir : Golzevarre et Bensjordtind, situées, la première à l'O. du Lyngenfiord, la deuxième à l'O. de l'entrée du Balsfiord.

*Prolongement de la zone montagneuse.* — La zone montagneuse de la Scandinavie semble se prolonger un peu au delà de l'extrémité septentrionale du continent européen ; elle offre encore à l'île Magerøe une élévation de 360 mètres et se termine du côté septentrional par le rocher du cap Nord, qui est élevé de 307 mètres, et dont le flanc escarpé plonge dans l'Océan glacial. La partie du

continent située à l'est se montre encore découpée par des fiords très étendus, et d'une grande profondeur : les montagnes se prolongent le long du littoral, en s'abaissant peu à peu (1), jusqu'au golfe de Varanger, où le terrain quartzoschisteux de l'est du Finmark vient s'appuyer sur la formation granito-gneissique qui constitue la Finlande et la Suède orientale; alors la côte a perdu son élévation et les accidents orographiques ne forment plus que de simples collines à pentes douces.

Sur beaucoup de cartes de la Scandinavie on voit encore figurer une chaîne de montagnes s'étendant de l'est à l'ouest à travers la Laponie, au sud du 69° degré de latitude, quoique M. de Buch ait démontré, il y a un demi-siècle, que cette prétendue chaîne n'existe pas ailleurs que dans l'imagination des faiseurs de cartes : l'erreur qu'ils commettent provient de ce que le fleuve Alten, qui coule vers le nord, est censé tirer son origine d'une chaîne située au midi du 69° degré; mais il est alimenté par de petits lacs, placés sur la pente méridionale du plateau qui borde la zone littorale et qu'il traverse le long d'une dépression, pour aller se jeter dans le golfe d'Alten. D'ailleurs les plates-formes de la Laponie, de même que celles situées plus au midi, offrent çà et là quelques protubérances isolées; mais elles ne s'élèvent qu'à une médiocre hauteur au-dessus de la région environnante.

*Changement de direction de la zone montagneuse.* — Au nord du 68° degré de latitude, la ligne de montagnes qui borde la côte tend à perdre la direction N.-N.-E. qu'elle suivait auparavant, pour se porter vers le N.-E., puis vers l'E. Cette déviation ne se manifeste pas seulement par un changement dans la disposition générale de la zone montagneuse, mais aussi par une modification correspondante dans l'orientation de la côte. Rappelons-nous d'ailleurs que la portion de la même ligne de sommités qui s'étend au sud du 64° degré de latitude, le long de la rive orientale du lac Fœmund, est dirigée parallèlement au méridien. La direction N.-N.-E. n'est donc rigoureusement propre qu'à la partie moyenne de la zone montagneuse, à celle comprise entre le 64° et le 68° degré de latitude. Néanmoins cette direction me paraît être la plus importante : elle concorde avec l'orientation de la côte située entre les mêmes parallèles; de plus, il est remarquable que, si l'on trace sur une carte la ligne formant la prolongation de cette côte vers le midi, elle coupe le Dovrefield un peu à l'ouest du massif du Sneehättan, traverse le groupe de hautes cimes dit Jötunfield et passe ensuite par le massif des Hallingfield; en un mot, elle ne s'écarte pas beaucoup de la ligne

(1) Une des plus hautes cimes qui s'élèvent sur le plateau du Finmark, à l'est du 21° degré de longitude, est celle de *Raste-Gaise*, située au sud du fiord de Porsanger, sous 70 degrés de latitude; elle a 879 mètres de hauteur. Parmi les principales éminences de la portion la plus orientale du Finmark, on peut citer les montagnes de Maddevara (haute de 449 mètres) et de Gorre-Njunès (haute de 400 mètres), situées l'une au N., l'autre au S. du fiord de Varanger; mais elles sont dominées par la montagne de Domen, qui s'élève à 520 mètres, sur la côte de Vardøe, près du 29° degré de longitude, à l'extrémité nord-est de la Scandinavie.

médiane de l'ensemble des hautes montagnes dont est hérissé le sud-ouest de la Norwège.

*Vaste étendue de la zone inhabitable et des champs de neige.* — Je vais encore ajouter quelques remarques pour compléter cette esquisse de la structure des montagnes de la Scandinavie ; leur disposition en forme de plateaux nous explique pourquoi une partie considérable de la Norwège est inhabitable (1), et pourquoi il s'y trouve des champs de glace et de neige d'une plus grande étendue que dans le reste du continent européen (2). La population norwégienne, qui est très peu nombreuse, eu égard à la superficie de la contrée, serait encore plus restreinte, si elle n'avait d'autre moyen de subsistance que la culture du sol ; mais elle pourvoit en partie à son alimentation au moyen de la pêche abondante qui a lieu sur les côtes et dans les lacs de l'intérieur du pays, même dans ceux situés à une hauteur où disparaît la végétation arborescente. En outre, le commerce des bois provenant des épaisses forêts qui couvrent la pente des montagnes, et l'exploita-

(1) D'après l'étendue des terres qui sont cultivées en Norwège et qui se trouvent en grand partie dans des fonds de vallées, M. Munch estime la superficie totale des vallées à un centième seulement de la surface de la Norwège ; mais les bases de son évaluation me paraissent peu exactes et le résultat est certainement trop faible, car M. Munch ne tient pas compte de l'espace occupé par les lacs. Néanmoins il est hors de doute que l'étendue des vallées norwégiennes ne forme qu'une fraction peu considérable de la surface totale du pays ; comme, d'ailleurs, il n'y a d'inhabitable que les vallées et de petites plaines littorales ou quelques plates-formes ondulées et d'une faible élévation, telles que celles qui entourent le lac Miösen ou qui bordent certaines parties du rivage de la mer, on conçoit combien doit être faible le rapport entre la population et la superficie de la Norwège : il n'est en effet que de trois habitants par kilomètre carré.

(2) Les plus grands champs de névé de la Scandinavie sont ceux du Justedal, qui ont une étendue superficielle de plus de 20 myriamètres carrés ; un autre plateau de neige assez considérable est celui de Folgefonden, qui forme une presqu'île entre le Hardangerfiord et le Sörfiord. Les autres champs de neige sont bien moins vastes ; et beaucoup, au lieu de recouvrir des plateaux, remplissent des dépressions que laissent entre elles les cimes contiguës, ou qui se trouvent sur leurs pentes. Parmi les fields offrant de grandes masses de neige, on peut citer ceux compris entre la vallée de Hallingdal et les branches orientales du Hardangerfiord, ainsi les Hallingskarven, Jökeln, etc. ; plus au nord il y a l'Iötunfield (principalement la partie comprise entre le massif des Skagstölstinden et celui des Galdhöppiggen) ; puis, il y a le Langfield, le groupe des Rundene, les parties élevées du Dovrefield et les sommités qui s'y rattachent.

Dans la zone septentrionale des montagnes de la Scandinavie, il y a deux grands plateaux de névé, comparables à ceux du Justedal et du Folgefonden, bien que d'une moindre étendue : le principal est compris entre la côte et les deux vallées de Ranen et de Bejern, qui aboutissent aux fiords de Ranen et de Salten (entre 66° et 67° degrés de latitude). Il donne naissance à des glaciers qui s'abaissent jusqu'au bord de la mer, dans les fiords de Mel et de Holand. Un autre grand plateau de neige est celui de Börgenfield, situé un peu au nord du 65° degré de latitude, entre la dépression du lac Namsen et la vallée de Vefsen. D'ailleurs plusieurs autres massifs présentent des surfaces neigeuses d'une certaine étendue ; ainsi le Sulitelma, sur les pentes duquel se trouvent d'importants glaciers, le Syltoppen ou Sytfield, qui est si remarquable par ses formes abruptes et découpées, et aussi l'île montagneuse de Seyland, où se trouve le glacier le plus boréal de l'Europe.

tion des richesses métallifères contenues au sein de la terre fournissent d'importantes ressources à cette nation industrielle.

*Remarques sur la multiplicité des lacs en Scandinavie.* — Un des caractères particuliers de la Scandinavie consiste dans l'énorme quantité de lacs qui se trouvent dans toutes les parties de cette contrée. Le rapport entre la surface de ces lacs et la superficie totale du pays est d'environ  $1/20^e$  en Norwège,  $1/8^e$  en Suède; le rapport moyen pour la Suède et la Norwège est presque de  $1/10^e$ , et en Finlande ce rapport est beaucoup plus grand. L'existence de cette multitude de réservoirs naturels, dont quelques-uns sont comparables à de petites mers intérieures, tient à plusieurs causes, dont la principale me paraît consister en ce que les accidents de la surface du sol, au lieu d'être subordonnés à un système rectiligne unique ou tout à fait prédominant, sont le résultat de soulèvements nombreux et embrassant des espaces plus ou moins circonscrits. Ainsi la chaîne des Pyrénées, où le caractère de rectilignité est très prononcé, offre peu de lacs, et ils y sont d'une très petite étendue. S'il y en a plusieurs et de très vastes en Suisse, cela provient principalement de ce que la partie centrale de la Suisse forme une espèce de bassin, bordé de plusieurs systèmes de montagnes; et dans le milieu même de ce bassin s'élèvent des massifs rocheux séparés de la zone centrale.

Les traits orographiques de la Scandinavie sont le résultat de soulèvements encore plus nombreux que ceux qui ont produit les montagnes de la Suisse; ils ont donné lieu à des protubérances discontinues, à des milliers de collines, de formes arrondies, dont l'origine peut être attribuée en grande partie à l'éruption de masses granitiques et amphiboliques, au milieu du gneiss et autres roches. Ces protubérances orientées dans des sens divers laissent entre elles des dépressions plus ou moins étendues, qui servent de réservoirs aux eaux.

Les autres contrées qui, comme la Scandinavie et la Finlande, sont formées de roches anciennes, de gneiss et de terrains paléozoïques, ne présentent pas de caractères de configuration tout à fait semblables; de plus la dureté des roches cristallines de la Scandinavie doit être signalée parmi les causes auxquelles il faut attribuer la multiplicité des lacs en cette contrée. On sait que, dans les pays accidentés, on rencontre fréquemment des vallées plates ou des plaines entourées de hauteurs, qui paraissent avoir servi autrefois de réservoirs aux eaux. Indépendamment des cataclysmes qui ont soulevé le fond d'anciens bassins, il y a deux causes qui ont pu faire disparaître les lacs : 1° la destruction des obstacles qui arrêtent le mouvement des eaux; 2° le comblement des dépressions par le dépôt de détritiques qui s'y produit constamment. Les roches situées à l'extrémité des lacs du côté d'aval, et formant chaussée, sont soumises à des influences qui tendent à les démolir, savoir : la pression de la masse d'eau qu'elles retiennent, la désagrégation résultant des infiltrations qui ont lieu dans les fissures, l'influence érosive de l'eau qui coule par-dessus la digue, l'affouillement qu'elle

produit sur sa base, et enfin l'action destructive des causes atmosphériques : c'est ainsi que la barrière rocheuse qui retient les eaux du lac Erié, et qui produit la chute du Niagara, est minée peu à peu et finira par disparaître à la longue. Cette destruction des roches qui servent de barrages a dû se produire autrefois d'une manière plus rapide, lorsque les vallées ont été parcourues par des courants d'eau beaucoup plus considérables qu'aujourd'hui : c'est ce qui devait avoir lieu avant l'époque humaine, alors que d'énormes quantités de détritits ont été charriées à la surface de la Scandinavie et en d'autres parties de l'Europe. On conçoit que dans beaucoup de vallées et de dépressions où les eaux auraient pu être retenues, la dénudation ou l'abaissement des parties saillantes du terrain leur a ouvert un libre cours. Ces effets se produisent d'une manière très inégale dans les diverses contrées, suivant la nature et la dureté des roches. Ainsi, aux États-Unis, la chute du Niagara, qui a lieu sur des roches de pierre calcaire et de schiste tendre, a déjà été reportée en arrière d'environ 7 milles ou 11263 mètres; mais, en Scandinavie, la grande dureté et la solidité des roches (1) ont dû empêcher ou du moins retarder beaucoup la production de ces effets; on voit encore sur le fond du lit d'un grand nombre de torrents les marques d'érosion, les stries et les cannelures qui ont été burinées à leur surface par les agents erratiques, il y a bien des siècles, et que n'a encore pu effacer le frottement des eaux qui coulent dessus.

Les courants qui traversent les lacs tendent à les combler par les dépôts de détritits qu'ils y produisent (2) : cette tendance est d'autant plus efficace que la proportion de détritits charriés par les eaux est plus considérable; mais la dureté et la cohésion des roches, qui paralysent l'action de la cause précédente, doivent aussi diminuer les effets de celle-ci, car les eaux qui s'écoulent des hauteurs entraînent avec elles d'autant moins de détritits que les roches sont moins friables. En Scandinavie les fleuves traversent ordinairement plusieurs lacs; et, quand ils se sont purifiés dans celui qui est en amont, ils n'entraînent plus avec eux qu'une quantité insignifiante de détritits, le peu de limon qui est resté en suspension dans leurs eaux; mais lorsqu'ils coulent à travers un dépôt de trans-

(1) La facile désagrégation des roches primitives et de transition de la Bretagne est probablement l'une des principales causes pour lesquelles on n'y voit presque nulle part des lacs proprement dits; cependant la surface du pays présente une multitude de dépressions qui deviendraient des lacs, s'il y avait la plus légère saillie pour retenir les eaux. L'industrie humaine, qui y a formé un si grand nombre d'étangs, n'a fait, dans beaucoup de cas, autre chose que de rétablir d'anciens lacs, en reconstruisant par des barrages les obstacles qu'opposaient au mouvement des eaux des saillies de roches friables, qui ont été peu à peu détruites.

(2) Il est évident que la conservation des lacs dépend beaucoup aussi de la profondeur des bassins servant de réceptacle aux eaux, ou de la hauteur des barrières qui s'opposent à leur écoulement. Dans les phénomènes qui modifient le relief de la surface terrestre, il est presque impossible que certaines parties du sol soient soulevées, sans que des parties voisines ne s'affaissent; aussi la formation de presque tous les groupes de montagnes a dû donner naissance à des lacs; mais beaucoup ont disparu plus tard, par les causes que je viens d'exposer.

port, ils détachent de nouveau des débris pulvérulents des parois de leur lit. Quoique le cours des rivières de la Suède et de la Finlande soit très accidenté, et présente de fréquentes cataractes, dans beaucoup de parties ce cours est moins rapide que celui de plusieurs de nos fleuves, parce que les roches qui forment saillie dans leur lit, de distance en distance, jouent le rôle de barrages qui ralentissent le mouvement des eaux. Aussi la plupart de ces rivières, qui ne peuvent être parcourues par des bateaux dans toute leur étendue, sont navigables dans les intervalles qui séparent les cataractes; c'est ce qui a lieu aussi pour les rivières de l'Amérique du Nord.

Indépendamment des lacs, on trouve en Scandinavie de nombreux marécages, principalement en Norvège et en Laponie, où le sol est moins sableux et plus argileux qu'en Suède et en Finlande; aussi les eaux y sont retenues plus facilement. D'ailleurs la forme aplatie des accidents du sol rend leur écoulement difficile; les étés sont trop courts pour produire une évaporation suffisante, surtout sur les parties élevées, où la fonte des neiges ne devient complète qu'après l'époque du solstice. En outre, les brumes, qui obscurcissent si souvent l'atmosphère sur toute la région montagneuse voisine de l'Océan, empêchent les rayons du soleil de pénétrer jusqu'à la surface de la terre. D'ailleurs, la couche supérieure du sol, qui est fréquemment tourbeuse, retient l'eau au moyen des végétaux spongieux qu'elle renferme, et cette circonstance facilite la formation des marécages dans le nord de l'Europe, de même que dans les régions tempérées.

#### CLASSEMENT DES TERRAINS DE LA SCANDINAVIE.

*Cinq groupes de terrains en Scandinavie.* — Les terrains qui composent le sol de la Scandinavie peuvent être divisés en cinq groupes qui sont, d'après leur ordre d'ancienneté :

- 1° Les terrains primitifs, ou schistes cristallins;
- 2° Les terrains de transition inférieurs, ou schistes semi-cristallins;
- 3° Les terrains paléozoïques (silurien et dévonien);
- 4° Les terrains secondaires (jurassique et crétacé);
- 5° Les terrains quaternaires (erratiques ou diluviens) et terrains modernes, qui forment des dépôts superficiels.

Dans ce travail nous nous étendrons peu sur le dernier groupe, dont l'étude a été l'objet de mémoires particuliers (1).

Nous allons décrire successivement les divers groupes, dans l'ordre où ils viennent d'être énumérés : les deux premiers peuvent être désignés, du moins d'une manière provisoire, sous le titre commun de terrains azoïques, car jusqu'à ce jour on n'y a rencontré aucun reste d'être organisé.

(1) Voyez les *Voyages en Scandinavie*, etc., *Géologie*, par J. Durocher, et le *Bulletin de la Société géologique*, 2<sup>e</sup> série, t. III, p. 65, et t. IV, p. 29.

Le groupe des terrains primitifs comprend, avec le gneiss, les schistes cristallins qui lui sont associés, les schistes micacés, talqueux, amphiboliques, etc.

Le second groupe, qui paraît former la base des terrains de transition, se compose de dépôts intermédiaires entre les terrains primitifs et les terrains de transition fossilifères. Ces dépôts participent des caractères des formations schisteuses les plus anciennes, par la présence de schistes tout à fait cristallins, par leur apparence généralement subcristalline et enfin par l'absence complète de fossiles : d'un autre côté, ils se rapprochent des terrains de transition fossilifères par l'intercalation de dépôts de sédiment amorphes ou faiblement cristallins, et en outre par certains caractères stratigraphiques.

#### PREMIER GROUPE DE FORMATIONS AZOÏQUES : SCHISTES CRISTALLINS.

Gneiss primitif, fréquemment mélangé de granite et accompagné de schistes micacés, quartzeux, amphiboliques, ainsi que de calcaires cristallins.

*Caractères généraux du premier groupe.* — Les terrains primitifs sont les plus développés à la surface de la Scandinavie; ils constituent une portion considérable de la Norwège, la plus grande partie de la Suède et toute ou presque toute la Finlande. Ils se montrent depuis l'extrémité sud-ouest de la Norwège jusqu'au lac Onéga, du 2° au 33° degré de longitude à l'est du méridien de Paris; dans le sens perpendiculaire, ils s'étendent sur 25 degrés de latitude, d'une extrémité à l'autre de la presqu'île scandinave, du nord-est de la Laponie jusqu'à Christian-sand et aux environs d'Helsingborg en Scanie. Sur cet espace immense, j'ai vu le terrain de gneiss présenter des caractères uniformes sous le rapport pétrographique et stratigraphique: partout il se compose des mêmes éléments; il offre les mêmes variations de texture et de composition; partout les mêmes roches lui sont subordonnées. Je crois donc pouvoir affirmer qu'il y a identité d'âge, de composition et de stratification dans les terrains cristallins de la Finlande et de la Scandinavie.

Dans les lieux où le gneiss est caché par des dépôts siluriens, ceux-ci le recouvrent constamment à stratification discordante; et dans plusieurs régions, ainsi aux environs de Brévig, dans le midi de la Norwège, et dans la Vestrogothie, les couches inférieures du terrain silurien s'étendent horizontalement, ou en présentant une faible inclinaison, à la surface des strates redressés du gneiss. Cette disposition, conjointement avec la différence de caractères lithologiques, montre que le gneiss a revêtu son aspect cristallin et a été redressé avant le commencement de la période paléozoïque. Très souvent aussi le terrain de gneiss est recouvert transgressivement par les schistes du groupe semi-cristallin; mais dans beaucoup de localités la succession des couches est régulièrement concordante, circonstance que ne présente en aucun point de la Scandinavie la superposition des roches de transition fossilifères aux terrains primitifs.

Le gneiss proprement dit est la roche fondamentale et prédominante du groupe que nous décrivons maintenant, et qui est représenté par les lettres G et R sur ma carte de la Scandinavie. Je ferai connaître plus loin une espèce de gneiss (*g*) qui est probablement un peu moins ancienne, et qui se lie par la concordance de stratification avec des roches dont l'origine sédimentaire est évidente, et dont les caractères pétrographiques sont analogues à ceux des roches de transition.

*Caractères pétrographiques du gneiss primitif.* — Le gneiss primitif de la Scandinavie consiste en un mélange, à grains moyens ou à petits grains, de feldspath gris blanc, parfois d'un gris rougeâtre, de quartz gris clair et de mica qui est habituellement d'une teinte foncée, noire, brune ou verdâtre. L'élément feldspathique de cette roche est principalement de l'orthose; mais souvent on y voit aussi des lames bien caractérisées d'oligoclase, surtout dans les points où le gneiss est mélangé de granite à gros grains; et souvent alors la présence de l'oligoclase paraît dépendre du contact ou du voisinage de cette roche.

Les feuilletés contenus dans le gneiss sont habituellement rassemblés sous forme de lits ou bandes rubanées, qui alternent avec des strates grenus, tantôt consistant en un mélange de feldspath et de quartz, tantôt composés plus spécialement de l'un de ces minéraux. La succession de ces bandes plus ou moins ondulées se dessine nettement par leurs différences de texture, par la diversité des teintes et des reflets; ainsi les rubans de mica se reconnaissent à leur structure feuilletée et leur couleur foncée, noire ou verdâtre; les lits quartzeux et feldspathiques à leur teinte plus claire, à leur texture grenue et cristalline.

Lorsque le gneiss n'est point mélangé de granite, la disposition des feuilletés de mica lui communique fréquemment la propriété de se diviser en plaques régulières et peu épaisses; mais dans les parties qui renferment des veines granitiques, il est plus ondulé et plus difficile à cliver. En général, le gneiss de la Scandinavie paraît être peu altérable et présente une assez grande solidité, comme si les éléments qui le forment avaient été agrégés par la fusion ou par une cristallisation simultanée et développée à un très haut degré.

Dans les montagnes de la Norwège le gneiss se montre souvent sur des étendues un peu considérables, sans être accompagné de granite; mais en Suède et en Finlande il est rare que l'on parcoure quelques kilomètres, sans voir du granite mélangé avec le gneiss (1). L'association de ces deux roches est souvent si intime qu'il est difficile de discerner les éléments qui appartiennent à chacune d'elles, et il y a des passages graduels de l'une à l'autre. La liaison est d'autant plus parfaite, que le granite associé au gneiss présente souvent lui-même une

(1) En Suède et surtout en Finlande le granite se montre plus fréquemment que le gneiss en masses homogènes et d'une étendue notable; on y trouve quelquefois des groupes de protubérances granitiques, à peu près dépourvues de gneiss: on peut citer comme telles les collines de Rapakivi qui occupent une grande partie de la région située entre Frédérickshamn, Wilmanstrand et Viborg, dans le sud-est de la Finlande. Il y en a aussi aux environs d'Uleåborg, dans le N.-E. du golfe de Botnie; au S.-E. de Kautokeino, en Laponie, ainsi que dans diverses parties de la Suède et de la Norwège.

structure veinée ou schistoïde, qui le rapproche du gneiss ; c'est pour exprimer ces analogies et ces passages entre les deux roches que les géologues du nord donnent fréquemment au granite la dénomination de *granite gneissique* (*gneiss-granite*), qui correspond à notre expression de *granite veiné* ou *schistoïde*, et qu'ils qualifient le gneiss passant au granite, en l'appelant *gneiss granitique* (*granit-gneiss*).

Un peu plus loin j'exposerai les contournements que présentent habituellement les strates de gneiss, quand ils sont mélangés de granite ; mais auparavant décrivons les principales variétés de gneiss et les roches qui lui sont subordonnées. Quelquefois on observe dans le gneiss du nord de l'Europe des lames feldspathiques, plus grosses que les éléments de la masse environnante, et alors son aspect est porphyroïde : il y a, principalement en Norwège (1), de très beaux types de cette roche, qui contiennent des noyaux lenticulaires ou sphéroïdaux, larges de 2 à 10 et 15 centimètres, formés tantôt d'un seul, tantôt de plusieurs cristaux de feldspath blanc ou d'un rouge clair, agrégés ensemble, fréquemment mélangés de grains de quartz et parfois aussi de paillettes micacées (2).

*Roches cristallino-schisteuses dérivant du gneiss.* — Les trois éléments du gneiss présentent de fréquentes modifications dans leur texture et leurs proportions relatives ; souvent aussi ils sont remplacés par des substances d'une nature analogue et de là résultent de nombreuses variétés. Lorsque les grains de la roche deviennent assez fins pour être indistincts, elle passe à du hornstein, sorte de pétrosilex stratifié ou schisteux. Les exemples de cette manière d'être sont assez communs parmi les schistes qui encaissent les gîtes métallifères de la Suède, ainsi il y en a aux alentours des mines de fer de Philipstad, Danemora, Utö, etc. Cette roche qui, d'après Hisinger, se rencontre assez fréquemment dans la province de Smålande, est appelée *Hällefinta* par les Suédois.

Lorsque le gneiss perd son feldspath, il prend les caractères d'un schiste micacé, si les deux autres éléments s'y trouvent dans des proportions moyennes. Parmi les roches qui dérivent du gneiss, celle-ci est l'une des principales et la plus répandue ; elle forme en Scandinavie des couches et des bandes plus ou moins vastes, qui sont interposées au milieu du gneiss primitif, en présentant la même stratification. Elles se montrent principalement dans la région centrale de

(1) J'ai observé ces variétés de gneiss porphyroïde sur beaucoup de points de la Norwège, ainsi au sud du fiord de Drontheim, dans les montagnes du Dovrefield, du Romsdal, du Justedal (vallée de Berset), et aux environs du fiord d'Urland. J'ai recueilli aussi près de la mine de Skotwång, en Sudermanie, de beaux échantillons d'une variété analogue, où les noyaux feldspathiques sont formés d'oligoclase. Ces schistes cristallins, caractérisés par des noyaux de feldspath autour desquels se contournent les feuillettes de mica, forment le pendant de certaines variétés orbiculaires de roches granitiques ou amphiboliques, telles que celles de la Corse.

(2) Il y a aussi des micaschistes, qui présentent un aspect porphyroïde, parfois même poudingiforme, dû aux noyaux arrondis de pegmatite qui y sont enchâssés. Nous aurons l'occasion de décrire quelques-unes de ces roches d'une manière détaillée.

la Suède, celle qui est la plus riche en mines, et c'est au milieu même du micaschiste que se trouvent une partie des mines de fer et la plupart des gîtes de sulfures métalliques.

Les proportions de quartz et de mica que renferme cette roche sont susceptibles de grandes variations, et là où le mica devient peu abondant, elle passe au *quartzschiste* ou quartz schisteux, subcompacte, fortement translucide. Cette manière d'être du micaschiste se rencontre assez souvent, mais elle ne forme pas de masses très considérables, comme celles que nous verrons dans les terrains semi-cristallins. Il y a aussi des jaspes ou schistes siliceux, compacts et translucides, ornés de teintes diverses. Les roches quartzo-schisteuses et calcaires, qui enclavent l'amas de minerai de fer de l'île d'Utö, présentent des veines de jaspe discontinues, rubanées et contournées, qui sont enveloppées par la masse d'oxyde de fer.

Dans le terrain de gneiss primitif de la Scandinavie on trouve quelquefois des couches interstratifiées qui se distinguent par l'absence de cristallinité, et qui offrent l'aspect d'un schiste argileux ou phyllade (*Urthonschiefer*); ce schiste, ordinairement un peu brillant, forme des masses peu étendues, qui deviennent graduellement feuilletées, et passent au micaschiste. On en observe en divers endroits, ainsi dans la région située au nord du lac Ladoga, en Finlande; dans les paroisses de Grythyttä et Hellefors en Westmanie.

Très souvent dans le gneiss et le micaschiste du nord de l'Europe le mica est remplacé en partie ou en totalité par de l'amphibole-hornblende, d'un vert noirâtre; alors la roche devient un gneiss amphibolique, si elle contient encore des grains de feldspath, ou bien du schiste amphibolique, si ce minéral a disparu avec le mica, ou ne s'y trouve qu'en petite quantité. De même on a du schiste talqueux ou chloriteux (1), si le mica est remplacé par du talc ou de la chlorite; quelquefois aussi on observe, principalement en Norvège, de la pierre ollaire (2), qui dérive du schiste talqueux ou chloriteux. Mais les diverses variétés de ces roches sont beaucoup moins fréquentes dans le terrain de gneiss que le schiste amphibolique; et, de même que l'on a des passages du gneiss au granite, on en a d'analogues entre les schistes amphiboliques, le diorite et la syénite.

*Minéraux contenus dans le gneiss.* — Le grenat almandin est un minéral extrêmement commun dans le gneiss, le schiste micacé et le schiste amphibolique du nord de l'Europe: tantôt il forme une multitude de grains ou de noyaux cristallins, disséminés irrégulièrement dans la masse; tantôt il est concentré dans certaines couches, auxquelles on peut alors donner le nom de schiste grenatifère.

(1) Comme exemple de schiste talqueux faisant partie du terrain primitif de la Scandinavie, je puis citer cette belle variété verdâtre et d'un jaune de cire, qui se trouve près de la mine de plomb et argent de Sala en Westmanie; il y en a aussi à Garpenberg et Falun en Dalécarlie.

(2) La pierre ollaire forme près du lac Raudal, dans le terrain gneissique du Langfield, une bande un peu considérable.

Plusieurs autres silicates assez fréquents dans les mines de fer oxydulé de la Scandinavie forment autour de ces gîtes de petites bandes, qui sont parallèles à la stratification et semblent remplacer le gneiss. Cette disposition est clairement marquée sur les mines voisines d'Arendal ; on y observe des lits chargés de mica, d'amphibole, de pyroxène, de grenat, d'épidote, etc. ; ils forment comme les épontes des amas de fer oxydulé.

Le gneiss du nord de l'Europe est très riche en minéraux ; mais les substances qui s'y trouvent contenues n'en dépendent pas toujours essentiellement, et beaucoup d'entre elles sont liées aux veines de granite ou d'amphibolite que renferme le gneiss. Néanmoins parmi les minéraux qui sont enchâssés dans le gneiss même ou dans le micaschiste et qui paraissent se rattacher à la cristallisation de ces roches, je citerai, outre les éléments essentiels du gneiss : l'oligoclase, l'albite, l'amphibole, le pyroxène, le grenat, l'épidote, le disthène, l'antophyllite, la dichroïte, la falunite, l'aspasiolite ou dichroïte hydratée, la tourmaline, l'émeraude, la topaze, la staurotide, l'apatite, le sphène, le titane rutile et le graphite (1). Quelquefois ces minéraux sont enchâssés dans la masse même du gneiss, mais c'est ordinairement dans des druses qu'ils se montrent avec des formes cristallines bien nettes ; ainsi l'oligoclase se trouve fréquemment en lames dans le gneiss, mais les plus beaux cristaux proviennent de druses situées dans le terrain gneissique de l'île Tromøe, près d'Arendal ; ils sont accompagnés de fer oxydulé, d'épidote, grenats et chaux carbonatée. C'est aussi sous forme de nids, dans le gneiss, que se trouvent l'achmite et l'idocrase des environs de Kongsberg en Norwège.

*Calcaires cristallins de la Scandinavie.* — Les terrains primitifs du nord de l'Europe renferment un assez grand nombre de gîtes de calcaires cristallins, formant des couches ou masses lenticulaires intercalées dans les schistes : leur texture est tantôt grenue ou saccharoïde, tantôt lamelleuse ; ou bien elle offre ces deux caractères à la fois. Des essais chimiques exécutés sur beaucoup d'échantillons m'ont démontré que les calcaires primitifs de la Scandinavie contiennent ordinairement quelques centièmes de magnésie, et sont dolomitiques à divers degrés ; mais ils consistent rarement en véritable dolomie. Des carbonates de fer et de manganèse leur sont quelquefois aussi associés, et l'on trouve fort souvent dans ces roches du mica, de l'amphibole trémolite, des grenats et de la serpentine. Voici d'autres minéraux qui s'y rencontrent aussi, mais d'une

(1) La sordawalite ou bisilicate d'alumine, de fer et magnésie ( $As^2 + Ms^2$ ), que l'on cite quelquefois comme se trouvant dans le gneiss, n'en fait réellement pas partie ; elle est contenue dans un filon épais de 40 à 50 centimètres, qui coupe le gneiss près de l'église de Sordawala, suivant la direction N.-S., avec une forte pente à l'est. Ce filon présente deux couches superposées : la supérieure, épaisse de quelques centimètres seulement, est formée de sordawalite, en masse compacte et brillante, d'un beau noir ; la couche inférieure consiste en une matière amorphe, d'un noir brunâtre, qui paraît être du phosphate de fer.

manière moins fréquente (1) : Le talc, la chlorite, la pikrophyllite, les trois sous-espèces trémolite, actinote et hornblende, l'asbeste, le pyroxène, l'orthose, l'oligoclase et l'albite, l'idocrase, la wollastonite, la chaux trisilicatée ou œdelforsite, le pyralloïte, la paranthine, la scolexérose ou wernérite blanche, la préhnite, la rosite, la chondrodite, la sphène, le spinelle, le corindon, la chaux fluatée et phosphatée, la tourmaline et le disthène. La présence de ces minéraux paraît due au développement d'actions métamorphiques, produites vraisemblablement sous l'influence de roches granitiques, car j'ai observé qu'il y en a presque toujours au voisinage ou au contact même de ces masses calcaires.

Les calcaires cristallins de la Scandinavie et de la Finlande sont interposés, soit dans le gneiss proprement dit, soit dans le schiste micacé, plus rarement dans le schiste amphibolique ; quelquefois ils se montrent à la séparation de ces roches et du granite : on en voit fréquemment aussi au contact des amas d'oxyde de fer, ainsi à Danemora, Norberg, Utö, etc. Souvent il y en a des masses considérables, dont l'épaisseur est de plusieurs centaines de mètres : quelquefois on observe une série de grosses lentilles calcaires, placées à la suite les unes des autres, suivant des plans de stratification peu éloignés ; ainsi elles forment des bandes allongées dans un sens parallèle à la schistosité ou à la stratification générale du terrain. Une pareille disposition est assez fréquente chez les masses calcaires des terrains paléozoïques, surtout dans l'ouest de la France ; bien souvent, d'ailleurs, ces dernières ne présentent pas plus de régularité dans leur configuration que celles contenues dans les terrains primitifs du nord de l'Europe : ainsi les irrégularités locales de ces dernières ne doivent pas empêcher de les considérer comme ayant pu être formées originairement par voie aqueuse ou sédimentaire.

*Calcaire d'Aker riche en minéraux.* — Je vais signaler deux de ces bandes, qui se montrent sur une longue surface, l'une dans la Sudermanie, l'autre sur la lisière de cette province et de l'Ostrogothie. La première s'étend de l'ouest quelques degrés nord à l'est quelques degrés sud, entre le lac Hjelmars et la partie méridionale du Mälars : elle est exploitée en plusieurs points, notamment dans les paroisses d'Husby et d'Åker, soit comme pierre à chaux, soit comme fondant pour les hauts-fourneaux des environs. L'une des carrières les plus remarquables est celle qui alimente l'usine d'Åker et qui est située à 4 ou 5 kilomètres à l'ouest de cet établissement ; la pierre calcaire que l'on y exploite renferme environ 20 pour 100 de magnésie. Elle est en contact du côté méridional avec du granite à gros grains ; et même elle est traversée par un filon de ce granite, dans lequel on voit de gros cristaux d'orthose rouge de chair, des lames d'oligoclase gris blanc, avec du quartz hyalin et de larges feuillets de

(1) Dans cette énumération, je fais abstraction des minéraux métalliques proprement dits, qui se trouvent en assez grand nombre dans les calcaires primitifs de la Scandinavie.

mica gris blanc et noirâtre, parsemés çà et là : c'est probablement au voisinage de ce granite, qu'il faut attribuer la présence de nids de feldspath, quartz et mica, que j'ai observés dans la pierre calcaire.

La même cause a dû aussi contribuer au développement des deux minéraux remarquables qui s'y trouvent abondamment, le spinelle et la chondrodite : en effet, c'est dans le voisinage du granite qu'ils m'ont paru être le plus multipliés ; ils semblent former des bandes parallèles aux plans de stratification ou de division de la masse calcaire, plans qui sont à peu près verticaux et dirigés dans le sens de l'O.-N.-O., en présentant de légères ondulations. La chondrodite est abondamment disséminée au milieu de la pierre calcaire, sous forme de noyaux cristallins d'un jaune brunâtre, dont la largeur varie de quelques millimètres à 2 ou 3 centimètres. Il y a une proportion un peu moindre de spinelle : il est translucide, bleuâtre, ou d'un bleu violacé, rarement cristallisé d'une manière tout à fait nette ; mais beaucoup de noyaux ont la forme parfaitement reconnaissable d'un octaèdre régulier. Dans certaines parties de cette pierre calcaire, on trouve une assez grande quantité de grains cristallins, d'un beau rose, dont on a fait une nouvelle espèce silicatée (1), qui a reçu le nom de *rosite*, d'après sa couleur.

La paranthine se rencontre quelquefois, mais plus rarement dans ce calcaire ; la trémolite blanche ou d'un blanc verdâtre y est plus commune. La serpentine y est encore plus développée : elle constitue des filets et veines discontinues, vertes ou d'un vert jaunâtre, qui se ramifient au milieu de la masse calcaire, le plus souvent dans un sens parallèle à la stratification, quelquefois dans un sens oblique. Il y a aussi des noyaux dont le volume varie de la grosseur d'un pois à celle d'une noix et qui ont parfois une faible apparence de cristallinité. Leur teinte est un peu variable, d'un vert clair et d'un vert foncé, vert brunâtre ou jaunâtre ; leur cassure inégale offre l'éclat gras de la serpentine : ces noyaux sont réunis en files suivant certaines directions, ils forment comme des cha-pelets à peu près parallèles à la stratification. De tels noyaux, d'apparence serpentineuse, sont fréquents dans les calcaires cristallins et métallifères de la Suède ; ainsi il y en a une grande quantité dans le calcaire cuprifère de Falun.

*Bande calcaire du golfe de Norrköping.* — Une autre bande calcaire, d'une étendue un peu considérable, se voit le long de la rive septentrionale du golfe de Norrköping ; il y existe, à Kålmorden, plusieurs carrières d'où l'on extrait du marbre employé comme objet de décoration. La roche est moins riche en minéraux particuliers que celle d'Åker ; néanmoins j'y ai remarqué dans quelques couches des grains de chondrodite : il s'y trouve une grande quantité de trémolite d'un vert clair et du mica en petits feuilletés gris blancs et d'un gris verdâtre. La serpentine verdâtre et d'un jaune brunâtre y forme de nombreuses veines et

(1) C'est un silicate alumineux et alcalimagnésifère.

donne à ce calcaire quelque analogie avec les marbres veinés et serpentineux des Alpes, qui sont beaucoup moins anciens. A Kålmorden les veines sont généralement disposées dans le sens de la stratification, c'est-à-dire de l'O. 5° à l'O. 8° N., avec une inclinaison voisine de la verticale et plus ordinairement au S. qu'au N. Le marbre de cette localité présente dans la cassure un mélange de parties lamelleuses et de parties grenues, saccharoïdes ; il est associé à des couches de gneiss, de schiste micacé et de schiste amphibolique, dans lesquelles on remarque des filons et masses irrégulières de granite.

C'est à la même zone calcarifère que paraît se rattacher, quoique se trouvant un peu plus au nord-est, la bande de calcaire cobaltifère de Tunaberg, qui est associée à des schistes cristallins de la même nature et suivant à peu près la même direction ; mais ici le granite qui se montre en contact immédiat avec les couches calcaires, leur a imprimé de fortes ondulations.

*Masses calcaires dans le terrain primitif de la Norwége.* — Le terrain primitif renferme en Norwége, comme en Suède, des masses calcaires d'une grande étendue ; il y en a plus dans les formations cristallines de ces deux pays que dans le terrain silurien de certaines contrées, de la Bretagne par exemple. De toutes les régions de la Norwége, celle où le calcaire primitif se montre le plus abondamment est la partie méridionale du Nordland ; on y voit une vaste bande calcaire se prolonger depuis Solstad, sous 65° 10' de latitude, jusqu'au Ranenfiord ; dans le Prugledal, il y a encore une grande masse calcaire située sur le prolongement de la précédente et disposée, d'après M. Keilhau (*Voyez Gea norwegica*, p. 345), en forme de demi-lune. Ce calcaire cristallin est souvent magnésifère : en certaines parties il est accompagné de micaschiste grenatifère. Un peu plus au nord, dans le Beierfiord, sous 67° de latitude, il y a encore une bande calcaire un peu étendue, qui est interposée dans le terrain de gneiss.

Ces masses calcaires du Nordland ne renferment pas de minéraux remarquables, comme celles de la Suède, de la Finlande et du midi de la Norwége. Les nombreux silicates que l'on trouve dans celles-ci me paraissent s'être développés principalement sous l'influence métamorphique du granite ; car cette roche plutonique se montre habituellement dans le voisinage, ou au contact même des calcaires les plus riches en minéraux silicatés.

Les phénomènes qui ont donné naissance aux amas de minerais de fer enclavés dans le terrain gneissique ont aussi contribué à produire les cristallisations variées que l'on observe soit dans les schistes, soit dans les calcaires adjacents. En effet, beaucoup de mines de fer, celles d'Arendal et de Philipstad, par exemple, sont des gisements très riches de minéraux. Je citerai ici un exemple de contact remarquable que j'ai observé près de la mine de Förola en Sudermanie : on voit une petite masse de fer oxydulé à larges lames, interposée entre du granite à gros grains et du calcaire lamelleux, translucide, qui contient beaucoup de nodules serpentineux d'un vert foncé, de grandes lames d'hornblende noire

et des grains cristallins de chondrodite jaunâtre; j'y ai remarqué aussi de rares cristaux de spinelle bleu, semblable à celui d'Åker. L'association de ce dernier minéral avec la chondrodite n'a pas lieu seulement dans la Sudermanic: on l'observe encore dans des gîtes calcaires en Finlande, et en Norwège aux environs de Christiansand; elle a encore été signalée dernièrement par M. Delesse, dans les calcaires cristallins associés au gneiss des Vosges.

Le porphyre quartzifère et l'eurite, qui ne sont que des roches granitiques dans un état de cristallisation incomplet, se voient quelquefois, de même que le granite, en contact avec des masses calcaires du terrain primitif; ainsi, dans mon mémoire sur les gîtes métallifères de la Suède, Norwège et Finlande, j'en ai cité des exemples à Danemora et à Klackberg (paroisse de Norberg). Dans ces deux localités, le calcaire grenu et lamelleux est mélangé de divers minéraux, de mica, d'amphibole, d'asbeste et de grenats. De plus, il est traversé par des skölar, c'est-à-dire par des veines de chlorite, de talc ou de serpentine, qui sont ondulées, présentent un aspect lisse et strié. Quelques-unes sont disposées dans le sens des couches, mais la plupart coupent obliquement et en divers sens les amas de fer oxydulé et les roches qui les encaissent.

*Abondance de minéraux dans les calcaires cristallins de la Finlande.*—Parmi les gîtes de calcaires primitifs les plus riches en minéraux silicatés, on doit citer celui de Pargas, une des îles situées à l'entrée du golfe de Botnie, près d'Åbo. On y trouve de l'amphibole hornblende, de l'actinote ou pargassite, du pyroxène blanc et vert, du mica noir et jaune, du pyrallolite (variété de talc), de la stéatite, du grenat essonite, de la wollastonite, de la chondrodite jaune et brune, de la préhnite, de la paranthine, de la sphène brune et jaune, du pléonaste ou spinelle noir, de la chaux phosphatée verte et bleue de ciel, de la chaux fluatée de diverses couleurs. Ces minéraux, inégalement répandus dans les couches calcaires, leur donnent des teintes diverses, grises, brunes, jaunes, vertes et bleuâtres.

Les masses de calcaire lamelleux contenues dans les terrains primitifs de la Finlande présentent les mêmes caractères géologiques qu'en Suède; les minéraux qui s'y trouvent le plus habituellement sont le mica, l'amphibole, le grenat et la serpentine. Je signalerai ici l'une des masses les plus remarquables par les circonstances de son gisement: elle est située à Oppivara, près du village de Pitkäranta, aux environs d'Imbelax, sur le côté nord-est du lac Ladoga: ici le calcaire est à larges lames, accompagné de micaschiste dirigé du N.-E. au S.-O., et il est en contact avec du granite. Dans la masse calcaire se ramifient et se fondent des veines et nodules serpentineux de diverses couleurs, tantôt d'un jaune clair ou d'un jaune foncé, tantôt verts. On y voit aussi (fig. 26) de nombreux filons de fer oxydulé, mélangé d'une matière verte, grenue, qui est probablement pyroxénique. Autour et à l'intérieur même des filons de fer oxydulé, serpentent des filets et mouches d'idocrase, en petits cristaux jaunes, demi-transparents, et l'on y trouve aussi de la chaux fluatée bleuâtre. La dispe-

sition branchue et ondulée des filons de fer oxydulé montre que cette matière s'est injectée dans un état de mollesse pâteuse; les veines de serpentine doivent être antérieures au fer oxydulé, car elles sont coupées par lui.

*Roches cristallino-schisteuses sur le côté nord-est du lac Ladoga.* — La région qui borde la rive nord-est du lac Ladoga et où se trouve la carrière d'Op-pivara est une des parties les plus intéressantes de la Finlande : elle diffère un peu du reste de la contrée, en ce que le gneiss proprement dit y est peu abondant; il est en partie remplacé par des couches de schiste micacé, de schiste amphibolique et de pierre calcaire, qui font probablement partie des assises supérieures du terrain gneissique, et qui certainement sont antérieures au terrain silurien des environs de Saint-Pétersbourg; car elles sont redressées verticalement, tandis que les couches siluriennes qui affleurent à l'extrémité orientale du golfe de Finlande sont horizontales. Les schistes cristallins de la partie nord-est du Ladoga, dirigés en général du N. 5° à 10° O. au S. 5° à 10° E., forment sur le bord de ce bassin des rochers escarpés et d'un aspect pittoresque, qui ont valu à cette contrée la dénomination de *petite Suisse finlandaise*.

Sur la presque île montagneuse de Haukka-Selka, située proche du village de Kiddila, on a une succession alternante de bancs de schiste micacé noir et d'amphibolite schisteuse, composée principalement de lames d'hornblende verdâtre, couchées dans le même sens et entremêlées de feuillets de mica noir. La partie centrale de la montagne est composée de granite à gros grains, se rapprochant de la pegmatite, contenant beaucoup de feldspath rouge (orthose et oligoclase) et quelques larges lames de mica. Cette roche plutonique paraît s'être injectée entre les couches de schiste micacé et amphibolique, et les avoir inclinées, partie à l'est, partie à l'ouest, suivant le sens de la pression qu'elle a exercée sur elles (voy. les fig. 23, 24 et 25). Leur inclinaison est de 70 à 75° degrés; sur le côté occidental de la montagne, elles plongent vers l'ouest, et sur le côté oriental vers l'est.

Le granite ne paraît pas s'être élevé jusque sur la partie la plus haute de la montagne, il s'est épanché un peu au-dessous du sommet; à la pointe de la presque île le sol s'abaisse peu à peu, et l'on voit le granite s'étendre jusqu'au bord du lac. Auprès affleure du micaschiste, dont les couches sont ici très ondulées et peu éloignées de l'horizontalité, en conservant néanmoins la même direction générale, au N. quelques degrés O. Dedans est intercalée une multitude de lentilles disposées en manière de chapelet et consistant en un mélange de chaux carbonatée lamelleuse et translucide, avec des lames d'amphibole blanche et verte. En certaines parties il y a des faisceaux radiés, où les fibres entrecroisées d'amphibole sont accompagnées de paillettes de mica blanc : le carbonate calcaire semble servir de ciment à ces minéraux silicatés; mais dans les parties superficielles les eaux pluviales l'ont dissous à la faveur de l'acide carbonique, et les faisceaux de trémolite sont restés en saillie.

Dans la même région se trouve l'île de Passa-Saari, remarquable par la dispo-

sition des roches qui la constituent : ici les schistes cristallins ne présentent point une direction rectiligne, comme à Haukka-Selka, mais ils se recourbent circulairement autour de la partie centrale de l'île, qui consiste en une masse de granite à grains moyens, traversée par des filons de granite à gros grains. Comme les schistes qui forment la partie périphérique de l'île sont inclinés vers le lac, il est clair que c'est le granite qui a soulevé cette île et a relevé autour de lui le terrain schisteux, primitivement horizontal (1).

M. Albrecht, ingénieur saxon au service du gouvernement finlandais, qui a eu l'obligeance de me montrer cette localité et avec lequel j'ai parcouru une grande partie de la Finlande, m'a assuré qu'étant arrivé en ce pays avec les idées neptuniennes que l'on professait jadis à l'école de Freyberg, il avait été conduit à adopter le système plutonien par l'étude des terrains cristallins de la Finlande, et que la vue de l'île de Passa-Saari avait été une des causes déterminantes de sa conversion. Il s'y trouve (voyez les figures 20 et 21), une série de couches de schiste micacé et de schiste amphibolique, qui décrivent des lignes courbes, à peu près concentriques et sont inclinées régulièrement vers le dehors : dans le micaschiste est interposé un banc de graphite épais d'environ 4 mètres. En certaines parties ce minéral est presque pur ; ailleurs il est mélangé de feuillet de mica et passe même à un schiste micacé graphiteux. Dans les couches adjacentes se trouvent de petits lits de calcaire lamelleux ; et, si l'on s'avance un peu vers l'intérieur de l'île, on y voit ces lits augmenter d'épaisseur : alors s'y entremêlent des faisceaux de trémolite blanche et légèrement colorée en vert. Il y a une succession de couches dans lesquelles prédominent, tantôt la trémolite, tantôt le carbonate calcaire. A côté de Passa-Saari se trouve l'îlot de Kandasaaari, formé de granite rouge à grandes parties : les cristaux d'orthose y atteignent jusqu'à 30 centimètres de largeur ; ils sont entrecoupés par des veines ou filets de quartz ; le mica est peu abondant et semble disposé par nids.

Le graphite, dont je viens de signaler la présence à l'île de Passa-Saari, se rencontre en plusieurs endroits dans les terrains primitifs de la Finlande, de la Suède et de la Norwège ; il est même exploité dans la paroisse de Norberg en Westmanie. La province de Nordland est une des parties de la Norwège où il se montre le plus abondamment ; il y en a dans le Ranenfiord, et l'on en trouve en plusieurs endroits à l'île Hindœ, dans des roches granito-gneissiques ; mais là il paraît former en certains points des veines, sur l'origine desquelles il peut y avoir de l'incertitude.

(1) On pourrait objecter que le soulèvement circulaire des roches schisteuses, autour de ce dôme granitique, n'aurait pu avoir lieu sans qu'il en résultât des déchirures : effectivement il a dû se produire des ruptures dans deux sens différents, les unes dans un sens parallèle à la direction des schistes, les autres orientées dans un sens perpendiculaire et offrant une disposition divergente. Les premières ne peuvent être contestées ; quant aux secondes, elles doivent exister aussi, mais il est difficile de les apercevoir, car le sol de cette île est en grande partie couvert de forêts et de marais.

Dans les gîtes de fer oxydulé de Danemora, qui font partie du terrain primitif de la Scandinavie, on a trouvé des fragments d'un combustible minéral se rapprochant de l'anhracite ou de la houille sèche : il semblerait donc que, dès cette époque ancienne, des végétaux commençaient à croître à la surface du globe. On est ainsi conduit à supposer que les roches schisteuses dans lesquelles on trouve ces matières ont été formées d'abord par voie de sédimentation et ont pris ensuite un aspect cristallin. Cette manière de voir est encore appuyée par la présence dans le gneiss du nord de l'Europe de nombreuses masses calcaires interstratifiées, de bancs de thonschiefer ou schistes argileux, analogues à des schistes de transition, de schistes siliceux, de quartzites ou quartzschistes, et enfin de couches régulières, alternativement feldspathiques, quartzieuses et micacées qui, par leur structure et la régularité de leur stratification, ressemblent quelquefois à des grès modifiés et devenus cristallins.

*Origine probable du gneiss de la Scandinavie.* — Je présume qu'une grande partie du gneiss de la Scandinavie, avant de revêtir son aspect cristallin, a formé un grès feldspathique, quartzieux et micacé, analogue aux grès arkoses ou aux psammites. Les éléments du dépôt, au lieu d'être mélangés irrégulièrement, présentaient vraisemblablement, comme aujourd'hui, une succession de bandes micacées et de bandes quartzo-feldspathiques. Ce mode de distribution des éléments est facile à concevoir, si l'on considère que le mica étant feuilleté reste plus facilement en suspension dans l'eau que le quartz et le feldspath. D'ailleurs les dépôts d'atterrissement actuels nous en offrent des exemples ; j'en ai observé sur divers points, en Laponie, en Norwège et en Suède, au bord des fleuves qui charrient des détritits granitiques.

J'ai aussi remarqué sur les plages de la Bretagne des sédiments analogues, qui me paraissent éclaircir l'origine d'une circonstance que l'on pouvait croire particulière au gneiss : on sait que les lits de mica qui s'y trouvent ne forment pas des couches régulières et continues, mais des bandes plus ou moins étendues, variables en épaisseur, et offrant un aspect rubané. Or, à la surface des plages où les détritits granitiques livrés aux eaux de la mer viennent former des dépôts d'alluvions, on voit des bandes rubanées de mica, dont le contour est ondulé, et qui sont allongées parallèlement au littoral. Cette substance est soulevée par les eaux du flux ou de la vague montante, puis déposée en forme de larges rubans, dont l'épaisseur varie d'un point à l'autre.

Si l'on suppose que des dépôts de cette nature soient soumis à l'influence modifiante du granite, ils seront changés facilement en gneiss, car il suffira que le feldspath, le quartz et le mica dont ils sont composés, s'agrègent de manière à prendre une texture cristalline (1). Beaucoup de gneiss provenant de la

(1) J'ai souvent observé en étudiant des dépôts arénacés que les grains de feldspath conservent en partie leur forme cristalline ou lamelleuse dans le transport et dans l'acte de la sédimentation ; ils s'ar-

sédimentation de détritits arrachés au granite, leur liaison avec cette roche est très naturelle; on comprend aussi que le gneiss se montre le plus souvent en strates inclinés, au lieu de reposer horizontalement sur le granite : dans les contrées où le granite est très développé, comme en Scandinavie, il a fait plusieurs éruptions, et le gneiss déposé sur le littoral, autour des premières masses, aura été redressé par de nouveaux soulèvements, ou pénétré par de nouvelles injections de granite.

Cependant les éléments du gneiss n'ont probablement pas toujours préexisté dans la roche au moment de son dépôt; alors, pour se constituer, le gneiss aura dû former de nouvelles combinaisons, et souvent emprunter quelque chose au granite: ainsi se seront produits ces phénomènes de contact propres aux roches pyrogènes, et dont le résultat est de faire naître dans la partie adjacente des terrains stratifiés des minéraux semblables à ceux dont elles sont composées. Si l'on considère que le feldspath et le mica ont de la tendance à se décomposer sous l'influence des agents atmosphériques, et que, après avoir été altérés, ils renferment moins d'alcalis que les minéraux intacts, il est aisé de comprendre que souvent, dans la formation du gneiss, l'influence du granite ne se sera pas bornée à un échauffement de la roche, mais aussi qu'il aura dû céder les principes alcalins nécessaires à la régénération du feldspath.

*Minéraux métalliques contenus dans le gneiss de la Scandinavie.* — Nous avons cité précédemment les minéraux silicatés que renferment le gneiss, le mica-schiste et les masses calcaires qui les accompagnent: ces roches sont aussi fréquemment mélangées de pyrites et d'oxyde de fer. Les minerais de fer oxydulé et oligiste y forment des amas considérables par leur puissance et leur étendue; d'ailleurs les sulfures de zinc, de cuivre, de plomb et d'argent, les sulfarséniures de fer et de cobalt s'y trouvent en assez grande abondance pour donner lieu à d'importantes exploitations (voyez mon mémoire sur les gîtes métallifères, *Annales des mines*, 4<sup>e</sup> série, t. XV).

D'autres substances métalliques, du chrôme, du nickel, du bismuth, de l'antimoine, du molybdène, etc., s'y trouvent aussi, mais plus rarement. Quelquefois les minerais forment de véritables filons, qui coupent les couches ou feuilletés du terrain primitif; il en est ainsi des filons d'argent natif et sulfuré de Kongsberg et de plusieurs veines aurifères. Mais généralement les sulfures métalliques imprègnent les roches schisteuses; et, comme cette disposition est la plus développée dans les mines du nord de l'Europe, j'ai proposé de généraliser la dénomination de *fahlbande* attribuée par les mineurs de Kongsberg aux assises pyritifères que traversent les veines d'argent natif, en l'appliquant à toutes les bandes de roches schisteuses (1) qui sont imprégnées de sulfures métalliques, de fer, de

rondissent plus difficilement que les grains de quartz, circonstance qui dépend peut-être de la facilité de leurs clivages.

(1) Il y a sur plusieurs points du Nordland (Voyez *Gæa Norvegica*, p. 344 et 349) des schistes

zinc, de cuivre, etc. ; on peut dire alors gisement en fahlbande, comme on dit gisement en filon ou en amas. Je ne m'arrêterai point à décrire ici les dépôts métallifères du nord de l'Europe ; je renvoie le lecteur au mémoire spécial que j'ai publié sur ce sujet dans les *Annales des mines*, 4<sup>e</sup> série, t. XV.

*Ordre de succession des diverses roches cristallino-schisteuses.* — Dans l'est et le midi de la Suède, de même qu'en Finlande, les différentes sortes de roches cristallino-schisteuses ne paraissent pas offrir d'ordre de succession bien marqué : c'est le gneiss qui est la roche prédominante ; souvent il alterne avec des assises de micaschiste, et renferme des masses interstratifiées de calcaire cristallin. Mais, dans la région occidentale de la Suède et dans certaines parties de la Norvège, les assises supérieures du terrain gneissique, celles qui supportent le groupe semi-cristallin, affectent spécialement les caractères d'un micaschiste plus ou moins quartzeux, sur des étendues et des épaisseurs considérables : ainsi c'est ce qui a lieu dans le massif d'Åreskutan et sur le Dovrefield. D'ailleurs la succession des deux sortes de roches, gneiss et micaschiste, a lieu sans apparente discordance de stratification ; on observe même un passage pétrographique de l'une à l'autre.

*Puissance du terrain de gneiss en Scandinavie.* — Dans les régions basses de la Scandinavie, le gneiss est trop souvent pénétré de granite, et il offre des changements d'inclinaison trop fréquents pour qu'il soit possible d'en apprécier la puissance ; mais l'étude stratigraphique de la Norvège et de la portion adjacente de la Suède permet d'en obtenir une appréciation approximative. En effet, du 61<sup>e</sup> au 64<sup>e</sup> degré de latitude, les feuilletés de gneiss qui supportent le terrain de schistes semi-cristallins s'enfoncent sous ces schistes, et leur pendage se maintient souvent dans le même sens, c'est-à-dire vers l'est ou le sud-est, jusqu'à une distance de plusieurs kilomètres : ainsi c'est ce qui a lieu sur une étendue de plus de 8 000 mètres entre les vallées de Fortun et de Justedal, et de plus de 30 000 mètres dans la vallée de Lessøe, à l'ouest du terrain de schistes semi-cristallins. Cette permanence dans le sens du pendage a lieu souvent sans que la direction varie beaucoup, et dans de telles conditions, que l'on peut considérer les couches qui plongent de la même manière comme représentant un même ensemble de lits superposés : on est ainsi conduit à attribuer au terrain primitif du nord de l'Europe une épaisseur comprise entre 5 et 10 000 mètres. Cette estimation est vraisemblablement plutôt en dessous qu'en dessus de la réalité ; car les couches qui s'enfoncent sous les schistes semi-cristallins doivent représenter la partie supérieure du terrain de gneiss.

*Directions générales du terrain de gneiss dans les diverses régions du nord de* cristallins, analogues à ceux de Kongsberg, et qui, d'après M. Keilhau, sont également imprégnés de pyrites, de manière à former des fahlbandes comparables à celles du midi de la Norvège : c'est ce que l'on voit à l'île Rodøe, et dans le Ranenfiord, vers le Rödfield, où les fahlbandes renferment, avec la pyrite de fer, de la blende, de la galène et de la pyrite cuivreuse.

*l'Europe.* — Les directions des schistes cristallins du nord de l'Europe varient fréquemment : en quelques parties elles semblent même dépourvues de régularité ; et, au premier abord, on pourrait croire qu'elles ne sont assujetties à aucune loi : mais, si l'on fait des observations stratigraphiques multipliées, on reconnaît dans chaque région une ou plusieurs directions dominantes.

Déjà nous avons vu que, sur la côte N. E. du lac Ladoga, les schistes cristallins sont généralement dirigés entre le N. 5° et le N. 10° O. Dans les autres parties de la Finlande, les directions du gneiss les plus fréquentes, indépendamment de celle-là, sont voisines de l'E. 25° à 30° N. ; il y en a aussi un certain nombre entre le N.-O. et l'O. 10° N.

Dans la partie centrale de la Suède, entre le 59° et le 61° degré de latitude, les directions les plus habituelles sont comprises entre le N. et l'E. N. E. Mais dans la Sudermanie, qui se trouve un peu plus au sud, et dans le nord de l'Ostrogothie, le gneiss et les roches qui lui sont associées courent plus ordinairement de l'O. quelques degrés N. à l'E. quelques degrés S. Dans la région sud-ouest de la Suède, dans le voisinage du littoral et de la frontière norvégienne, on remarque de très fréquentes directions entre le N. et le N. N. O.

De même dans le gneiss de la Norwège il y a des directions dominantes, qui varient d'une région à l'autre : ainsi, aux environs d'Arendal, la ligne N. E. représente à peu près l'orientation moyenne du gneiss et des amas de fer oxydulé qui y sont enchâssés. Mais un peu plus au nord, aux environs de Kongsberg, dans le pays où coulent le Lauven-Elv et le Snarum-Elv, les schistes cristallins ont une direction tout à fait différente, et qui varie en général du N. au N. N. O.

Dans la partie méridionale de la Norwège, du 58° au 59° degré de latitude, et sous les longitudes de 4 à 5° à l'est de Paris, les directions du gneiss, de même que celles des rivières qui arrosent cette contrée, s'écartent peu de la ligne N. S.

Près de Bergen, les schistes cristallins décrivent une courbe parabolique, d'abord observée par M. Nauman (*Beyträge zur Kenntniss Norwegen's*, t. I, p. 171). Au nord de cette ville, la direction N.-O. est prédominante.

Le gneiss qui forme le Langfield et la partie septentrionale du Justedal court de l'E. à l'O., à peu près parallèlement aux schistes cristallins de la Sudermanie et du nord de l'Ostrogothie. Un peu plus au nord, sur le Dovrefield et sur la côte située au nord-ouest, l'E. N. E. est la direction dominante (1). D'ailleurs, dans toute la région littorale qui s'étend depuis le Sognefield, sous le 61° degré de latitude, jusqu'au 65° degré, les directions du terrain de gneiss sont presque tou-

(1) Je suis heureux de voir que les résultats dont j'ai exposé l'ensemble dès l'année 1850 (*Bulletin de la Société géologique*, 2<sup>e</sup> série, t. VII, p. 683) se trouvent confirmés par les observations stratigraphiques relatives à la Norwège, que M. Keilhau a publiées à Christiania peu de temps après moi. Bien qu'il ne pût pas y avoir de communication entre nous et que nos idées théoriques fussent différentes, il y a, entre l'énoncé général de mes observations et le résumé des faits qu'a présenté M. Keilhau, un accord aussi parfait qu'on peut le désirer.

jours comprises entre le N. 35° E. et l'E. Mais du 65 au 66° degré de latitude, dans le nord de la province de Drontheim et le midi du Nordland, entre le Vefsfiord et le lac Rös, il y a, suivant M. Keilhau (voir *Gæa Norwegica*, p. 373), une zone de gneiss qui offre une constance de direction remarquable, et court du N. au S. Quant aux schistes cristallins situés plus au nord, jusqu'à l'extrémité septentrionale de la Scandinavie, leur disposition stratigraphique est un peu variable; néanmoins, les directions les plus fréquentes sont comprises entre le N. 15° O. et le N. 40° E.; il y en a aussi dans le voisinage de la ligne E.-O.

D'ailleurs on peut dire, d'une manière générale, que les roches schisteuses de la Scandinavie offrent plus fréquemment des directions comprises entre le nord et l'est qu'entre le nord et l'ouest; plus loin nous tâcherons de déterminer d'une manière précise les axes des principaux groupes de directions, et nous en déduirons l'orientation des systèmes de soulèvement. Toutefois j'ai observé qu'en Finlande, en Suède et dans la zone limitrophe de la Norvège, les roches schisteuses sont généralement dirigées dans un sens à peu près parallèle à l'axe longitudinal des inégalités de la surface du sol. Mais dans la partie de la Norvège qui borde le littoral, partie où la plupart des vallées ont été produites par déchirement, l'orientation des roches est souvent transversale par rapport à celle des accidents orographiques.

*Inclinaisons du terrain de gneiss dans les diverses régions du nord de l'Europe.*

— Malgré ses ondulations, le gneiss de la Scandinavie présente souvent dans son allure générale autant de régularité que beaucoup de formations schisteuses dont l'origine sédimentaire est démontrée par la présence de restes organiques; quelquefois, en effet, il conserve des directions et inclinaisons presque constantes sur des étendues de plus de 10 myriamètres. Dans la plus grande partie de la Suède et de la Finlande, l'inclinaison du terrain gneissique est forte et presque toujours supérieure à 45°; elle varie ordinairement entre 60 et 90°. Mais, dans les régions élevées de la Norvège et dans les parties contiguës de la Suède, il est fréquent de voir la pente des couches de gneiss s'abaisser au-dessous de 40 et même de 30°: ce fait a lieu dans des massifs d'une assez grande élévation; ainsi le gneiss passant au micaschiste et le micaschiste qui constituent la montagne d'Åreskutan, élevée de 1454 mètres, offrent une inclinaison qui est habituellement au-dessous de 45° et qui s'abaisse parfois à 15°.

Le gneiss du Dovrefield, même celui qui borde le Sneehättan, présente de très fréquents exemples de pendage compris entre 25 et 45°; il en est de même dans les montagnes du Langfield, du Justedal, et dans les autres massifs d'une grande élévation qui dominent le Sognefiord. Mais il est remarquable de voir les schistes cristallins des régions montagneuses de la Scandinavie passer promptement d'une inclinaison faible à une pente voisine de la verticale.

Examinons maintenant dans quel sens a lieu le plus habituellement l'inclinaison de ces roches en Finlande et dans les diverses régions de la Scandinavie.

En Finlande, le terrain de gneiss (y compris les roches cristallino-schisteuses qui accompagnent le gneiss proprement dit, comme les schistes micacés, talqueux, amphiboliques ou le calcaire lamelleux) m'a paru incliner plus ordinairement vers le sud que vers le nord; c'est ce que j'ai remarqué notamment dans la zone occidentale de cette contrée, et aussi dans la région qui avoisine la partie septentrionale du lac Ladoga.

En Suède, dans les provinces de Sudermanie et d'Ostrogothie, le pendage du gneiss, qui est presque toujours peu écarté de la verticale, m'a offert bien des variations, sous le rapport du sens où il a lieu; mais plus au nord, dans la région qui s'étend du lac Mälär au lac Silzan, la pente m'a paru être plus souvent vers l'est que vers l'ouest, surtout dans la Dalécarlie. Dans la partie du S. O. de la Suède qui s'étend de l'embouchure de la Glommen au Göta-Élv, le gneiss incline aussi habituellement vers l'est; mais de Göteborg à la rivière de Falkenberg, il plonge à l'ouest d'une manière presque constante.

Dans la partie de la Norwège qui s'étend le long de la côte, des environs de Christiania à l'embouchure de la Glommen, la pente générale du gneiss est vers l'ouest; mais le terrain primitif qui s'étend en Norwège, au nord du 60° degré de latitude, et à l'est des terrains paléozoïques de Christiania et du lac Miösen, offre un pendage habituel vers l'est.

Plus au nord, entre le 63° et le 64° degré de latitude, le gneiss et le mica-schiste qui constituent le massif d'Areskutan, dans le Jemtland, près de la frontière norvégienne, incline plus ordinairement vers l'ouest que vers l'est.

Dans la partie septentrionale de la province de Drontheim, on voit fréquemment les couches de gneiss du littoral plonger vers l'est, et former un fond de bateau avec celles qui se trouvent un peu plus à l'est, et qui inclinent vers l'ouest: ainsi c'est ce qui a lieu entre le 65° et le 66° degré de latitude, pour les couches de la zone littorale, par rapport à celles de la vallée du Vefsen-Élv et de ses affluents. Plus au nord, on observe encore une disposition analogue dans le Ranenfiord et le Beierfiord. Néanmoins, dans la province de Drontheim, le gneiss qui longe la zone de schistes semi-cristallins située à l'est s'enfonce habituellement sous cette bande, qui lui est superposée et qui est évidemment plus moderne; mais il forme la selle par rapport aux bancs gneissiques situés un peu plus à l'ouest. Cette disposition stratigraphique, qui est générale au nord du fiord de Drontheim, se montre également au sud, et d'une manière presque constante jusqu'au Sognefiord, sous le 61° degré de latitude. Ainsi le terrain primitif qui constitue les plateaux élevés du Dovrefield, du Langfield et du Justedal, offre un pendage général vers l'E., ou vers le S.-E., jusqu'à une assez grande distance à l'O. de la zone de schistes semi-cristallins; plus à l'O. la pente a lieu dans des sens divers, mais avec moins de régularité. Dans la vallée de Romsdal, c'est seulement aux environs de Stokke, à 5 ou 6 myriamètres de la zone semi-cristalline, que commence le pendage du gneiss vers l'ouest.

Entre les fiords de Sogne et de Hardanger, aux environs de Bergen, l'inclinaison habituelle du gneiss est encore vers l'est, et elle reste généralement la même au midi du fiord de Hardanger, le long de la zone méridienne qui s'étend du Folgefonden (un peu au nord du 60° degré), jusqu'àuprès du Flekkefiord, à l'extrémité méridionale de la Norwège, sous le 58° degré de latitude. Ainsi, d'après les observations de M. Keilhau, le gneiss de la vallée de Siredal penche ordinairement vers l'est. Il en est ainsi de celui qui affleure aux environs du lac Miös, dans le Tellemark, et qui s'enfonce sous la formation semi-cristalline du Goustafeld. Du côté opposé de cette formation, à l'est, le gneiss plonge aussi en dessous, et par conséquent vers l'ouest. Mais, dans la région littorale qui s'étend au S.-O. du terrain de transition de Christiania, depuis le fiord de Langesund jusqu'à Christiansand, la pente du gneiss est presque constamment vers le S.-E.; c'est seulement sur quelques points de la côte située entre Kragerøe et le fiord de Langesund que j'ai vu cette roche incliner dans le sens opposé.

Cependant il est remarquable de voir les feuilletés généralement redressés du gneiss et des schistes cristallins qui l'accompagnent constituer, sur d'immenses surfaces, ces plates-formes que nous offre le sol de la Scandinavie et de la Finlande. Il est vrai que, excepté dans certaines parties de la Norwège, le gneiss est rarement isolé : en Suède et en Finlande, presque toujours il est accompagné de roches granitiques, au milieu desquelles il ne forme souvent que des lambeaux. Dans ces deux pays, le granite est en général plus abondant que le gneiss, et il y a quelques régions où il se rencontre à peu près seul.

*Caractères du gneiss mélangé de granite.* — Au contact du granite, le gneiss perd habituellement sa rectilignité, et s'ondule d'une manière plus ou moins prononcée. Tantôt le granite se montre intercalé sous forme de bancs ou de veines dans le gneiss; tantôt c'est le gneiss qui se montre associé au granite en diverses proportions, et qui forme dedans des couches interposées et ordinairement peu écartées du parallélisme. Souvent il y a de grandes masses de granite et de gneiss juxtaposées; ou bien, au contraire, les deux roches se mélangent ensemble de la manière la plus intime, et, dans ce cas, elles offrent une multitude d'inflexions et de contournements. Les figures 16, 17, 18 et 19 offrent des exemples des divers cas que je viens d'indiquer : la coupe (fig. 22) que j'ai dessinée entre Nuchars et Kafvabøle montre des veines de granite qui se sont introduites entre les strates du gneiss et leur ont fait subir une légère inflexion. Sur le monticule que j'ai observé entre Kuttilla et Lappayärvi (fig. 19), on voit que le gneiss a été en grande partie recouvert par la masse granitique. Les figures que j'ai dessinées en Finlande, à Abbors (fig. 18), entre Kafvabøle et Helsingø (fig. 16 et 17), peuvent donner une idée des contournements que prennent les feuilletés de gneiss, quand ils sont intimement mélangés de granite (1). La figure 17 montre des plaques de gneiss dont

(1) Il est remarquable que le mélange intime des schistes cristallins avec le granite, et les con-

le contour est très sinueux ; elles sont empâtées au milieu du granite, et cependant elles se rapprochent au point d'être parallèles à la bande de gneiss située auprès et dont elles semblent être des lambeaux. Au sein de cette bande, on voit se dessiner de larges nodules de granite, dont le contour est sinueux comme celui des plaques de gneiss enchâssées dans la roche massive. On ne peut méconnaître que, si le gneiss a été primitivement un dépôt sédimentaire, du moins il a dû être fortement ramolli au moment où le granite est venu s'y injecter ; ses particules ont dû posséder une assez grande mobilité, et cristalliser à peu près dans les mêmes conditions que les molécules du magma granitique.

*Deux espèces de granite associées au gneiss en Scandinavie.* — Parmi les granites associés au terrain de gneiss primitif, j'en ai distingué deux espèces, différentes par leurs caractères pétrographiques et par leur âge, appartenant à deux époques séparées par la première apparition des diorites. Il est vraisemblable qu'il y a eu plus de deux époques d'éruptions granitiques avant le commencement de la période paléozoïque, mais les granites de divers âges ne présentent pas toujours dans leurs caractères minéralogiques des différences assez tranchées pour qu'il soit facile d'en faire la distinction. La plus ancienne des deux sortes de granites que j'ai reconnues est à grains moyens ou petits, assez homogène, sans mélange de gros cristaux : elle renferme le feldspath, le quartz et le mica dans les proportions ordinaires ; cependant le quartz s'y trouve généralement en quantité un peu grande, et il y forme parfois des nœuds entourés de mica ; il est incolore ou d'un gris clair. Le feldspath est ordinairement d'un gris blanchâtre ou gris bleuâtre ; les faces de clivage y sont moins nettes et moins brillantes que dans l'autre sorte de granite. Les petits feuilletés de mica noir ou verdâtre sont entrelacés autour des grains quartzeux et feldspathiques ; fréquemment ils sont alignés dans une même direction, ou couchés en assez grand nombre dans un même sens, de façon à donner à la roche cet aspect veiné ou schistoïde que les Allemands expriment par la dénomination de *Gneiss-granit*. Toutefois, on ne peut douter que ce soit du granite véritable, car on y voit disparaître graduellement cette disposition, qui est remplacée par une structure enchevêtrée et tout à fait granitoïde, les autres caractères pétrographiques restant les mêmes. La teinte générale de ce granite est un peu sombre, de même que celle du gneiss ; elle est d'un gris plus ou moins foncé, suivant l'abondance du mica ; rarement elle est d'un gris rougeâtre.

Le granite le plus récent, que l'on peut appeler *granite moderne*, par opposition au plus ancien, est presque toujours à gros grains (1) et d'une distinction tourments qui en résultent, sont offerts plutôt par le gneiss proprement dit que par le schiste micacé ou les autres espèces de schistes primitifs.

(1) Dans de larges filons que forme en Finlande le granite moderne à travers l'ancien (voyez fig. 13), j'ai observé quelquefois une bande de granite rose, à petits grains, qui en occupe le milieu et est bordée des deux côtés par du granite à gros grains, de la même couleur, et paraissant formé

facile : il se rapproche de la pegmatite, et il est fréquemment porphyroïde. Le mica y est peu abondant, en larges feuillettes verdâtres et blancs, quelquefois mélangés de feuillettes plus petits. Le feldspath est le principal élément de la roche ; il y forme des lames larges et brillantes, d'une couleur blanche, rosée, ou rouge de chair. Il y en a deux espèces, de l'orthose et de l'oligoclase ; ce dernier se reconnaît par ses stries hémitropiques, par son éclat particulier et par l'absence ou l'extrême difficulté du troisième clivage, qui existe dans l'orthose parallèlement à l'un des pans du prisme rhomboïdal.

Dans le granite ancien, dont nous parlions tout à l'heure, il y a aussi une espèce feldspathique du sixième système cristallin, présentant une facette étroite striée dans le sens de sa longueur : ce doit être de l'albite ou de l'oligoclase ; il est difficile d'en déterminer positivement la nature, car elle est à petites lames, et, dans ce cas, les différences entre l'albite et l'oligoclase sont difficiles à apprécier. Dans le granite à gros grains, il paraît y avoir quelquefois plus de deux espèces feldspathiques, mais il n'est possible de les distinguer sûrement qu'à l'aide d'essais chimiques : ce sont des masses lamelleuses, dépourvues de caractères distinctifs ; cependant on y reconnaît en certains points de l'albite : ainsi dans le granite à gadolinite de Brodbo ; il y en a aussi de beaux cristaux à Kimitto, en Finlande. Le labrador de la même contrée se trouve dans des blocs erratiques, qui paraissent avoir été détachés du granite à grandes parties.

*Minéraux contenus dans le granite le plus moderne.* — Les deux sortes de granites que nous venons de décrire renferment assez souvent des lames d'ampibole, surtout en Finlande, et alors elles tendent à passer à la syénite ; on y trouve aussi des grains ou noyaux de fer oxydulé. Le granite le plus ancien ne paraît pas renfermer de minéraux particuliers, tandis qu'on en trouve fréquemment dans le plus moderne ; ils sont peu apparents au milieu des grandes masses, et ne se manifestent ordinairement que dans les filons qui sont interposés dans le gneiss, ou qui le traversent. Ces minéraux sont : la gadolinite, l'orthite, la pyrorthite, la tantalite, l'yttrantale, l'allanite, l'ytrocérite, l'yttria phosphatée, le fluorure double d'yttrium et de cérium, le fluorure de cérium hydraté, le fer titané, l'étain oxydé, l'albite, l'émeraude, la topaze, le zircon, le malacon et le polycrase (deux nouveaux minéraux découverts par M. Scheerer, le premier presque identique avec le zircon, le deuxième voisin de la polymignite), l'esmarkite, la praséolite (très voisine de l'esmarkite), le grenat, la tourmaline, la chaux fluatée, la gahnite, le pétalite, le triphane et le lépidolite ; ces trois dernières substances n'ont encore été trouvées en Suède qu'à l'île d'Utö. C'est

des mêmes éléments. La différence dans la grosseur du grain peut bien n'être qu'un simple effet de cristallisation ; peut-être aussi résulte-t-elle d'une injection produite au milieu du granite à gros grains, pendant son refroidissement, et avant qu'il fût complètement solidifié, car les deux masses sont soudées ensemble. Dans tous les cas, le granite rose à grains fins paraît n'être qu'un appendice de celui à gros grains et ne forme pas de masses considérables.

à Ytterby, près de Stockholm, et à Finbo, près de Falun, que l'on a trouvé réunis la plupart de ces minéraux ; dans le bloc erratique de Brodbo, qui gisait à peu de distance de Falun, on a aussi recueilli une grande partie des minéraux observés à Finbo, tels que la topaze, l'émeraude, la gadolinite, la tantalite, l'yttrantale, l'ytrocérite, etc., et en outre du bismuth natif et du bitume. On peut encore joindre aux minéraux ci-dessus la pyrargillite, substance d'un noir foncé, à cassure résineuse, dont la composition représente à peu près celle de la dichroïte, à laquelle on aurait ajouté deux atomes d'eau ; elle forme près d'Helsingfor des veines ramifiées et des nids au milieu du même granite.

*Phénomènes de contact des deux granites.* — Les caractères que je viens d'exposer permettent de distinguer les deux espèces de granites que renferme le terrain primitif de la Scandinavie ; car la grandeur des éléments et la couleur sont différentes, de même que l'aspect et la nature des principes feldspathiques. Les relations géologiques viennent confirmer cette distinction ; en effet, lorsque ces deux granites se trouvent en contact, celui qui est rouge et à gros grains (le plus moderne) lance des veines à travers l'autre, qui est à petits grains et d'une couleur grise. En beaucoup d'endroits de la Finlande, particulièrement entre Brahestad et Carleby, entre Lappayärvi et Tammerfors, j'ai observé de ces filons de granite à gros grains, qui coupent celui à petits grains ; il y en a également en Suède, à la porte même de Stockholm, dans le beau parc de Djurgården ; j'en ai aussi remarqué en Norwège, notamment dans la vallée de Justedal, où j'ai dessiné (voy. fig. 12) un plexus remarquable de filons granitiques, à gros grains, au milieu d'une masse de granite ancien, à grains moyens.

Comme ces filons n'offrent pas toujours une parfaite rectilignité, qu'ils s'onduisent et se ramifient à travers le granite qui les encaisse, leur présence pourrait ne pas être considérée comme une preuve certaine de la postériorité du granite à gros grains ; quelques personnes pourraient les envisager comme des effets de sécrétion. Mais, dans l'intervalle de temps qui a séparé la cristallisation de ces deux sortes de granites, se sont produits des diorites et amas de fer oxydulé qui, dans une foule d'endroits de la Finlande, de la Suède et de la Norwège, sont coupés par des filons du même granite à larges lames de feldspath. J'en ai cité et figuré plusieurs exemples dans mon mémoire sur les gîtes métallifères. Je me borne à en rapporter trois, qui sont représentés par les figures 5, 7 et 11. Le granite ancien, à petits grains, n'offre pas de pénétration semblable ; c'est lui, au contraire, qui est traversé par les roches amphiboliques et ferrifères.

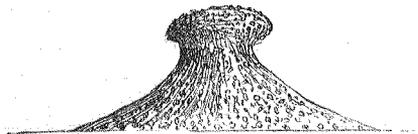
Ces deux granites se montrent associés au gneiss d'une manière intime ; ils y forment des masses interstratifiées et s'y sont injectés de mille manières, en suivant des lignes ordinairement parallèles, quelquefois obliques à la stratification. Ce dernier cas m'a paru être moins fréquent pour le granite à petits grains que pour celui à gros grains ; d'ailleurs l'un et l'autre constituent des collines, des monticules, où ils ne se sont point mélangés à d'autres roches. Celui à petits

grains est très développé en Laponie, dans la région qui sépare les eaux de l'Alten-Elv et du Mounio-Elv. Toutefois le granite moderne, ou à gros grains, est peut-être plus répandu en Scandinavie; d'ailleurs il est le plus remarquable à cause des minéraux curieux qu'il renferme.

*Rapakivi ou granite pourri des Finlandais.* — C'est à une variété de granite moderne que l'on donne en Finlande le nom de *Rapakivi* ou *granite pourri*: elle se distingue par la présence de noyaux feldspathiques sphéroïdaux, de 3 à 4 centimètres de diamètre, se rapportant en général au feldspath orthose, de forme glanduleuse. Tantôt ces noyaux sont formés d'un cristal unique de feldspath, à contour arrondi, présentant dans toute sa masse des plans de clivage dirigés de la même manière; tantôt ce sont des nœuds cristallins, à l'intérieur desquels il y a, avec le feldspath, des grains quartzeux et des feuilletts micacés, affectant quelquefois une disposition concentrique à la surface extérieure des noyaux. Ce granite s'altère facilement, et tombe en sable; cependant sa désagrégation me paraît ne pas résulter uniquement d'une décomposition chimique, mais provenir en partie d'un effet de contraction, qui s'est produit au moment de la solidification de la roche, et qui est en rapport avec sa structure glanduleuse. L'altération de la masse n'est pas assez avancée pour qu'elle forme du kaolin; elle se change en arène, et non en argile.

Il paraît singulier au voyageur qui parcourt le sud-est de la Finlande de voir des rochers d'une assez grande étendue, de petites montagnes, s'écrouler peu à peu, comme si elles consistaient en une masse sableuse, dépourvue de cohésion. Il se produit d'abord des fissures presque imperceptibles, mais les causes atmosphériques et surtout la congélation de l'eau qui imbibe la roche accélèrent la décomposition physique et chimique; les parties constituantes se désagrègent peu à peu, les flancs de la montagne s'affaissent et forment des talus de gravier que dégrade de plus en plus l'action des eaux pluviales. Dans la région située entre Lovisa, Willmanstrand et Viborg, on rencontre beaucoup de monticules qui conservent encore une partie de leur forme première, mais dont les éléments déliaisonnés sont prêts à s'écrouler sous le plus léger effort.

Les gros blocs de Rapakivi, que l'on trouve épars à la surface des plaines de sable du sud-est de la Finlande, offrent très souvent la forme représentée par la figure ci-contre. Les lichens qui se développent à la partie supérieure tendent à la préserver de l'action destructive des causes atmosphériques (1); la désagrégation se produit alors beaucoup plus rapidement sur les côtés, qui s'éboulent peu à peu, en laissant au-dessus d'eux une calotte surplombante



(1) Il est ici évident que le lichen, loin de ronger la pierre, comme on le dit vulgairement, tend au contraire à la protéger.

en forme de champignon. Malgré sa tendance à la décomposition, le Rapakivi forme une belle pierre de taille dans les parties qui ne sont pas altérées ; sa couleur rouge et la disposition porphyroïde, produite par ses gros noyaux feldspathiques, lui donnent un aspect fort agréable à l'œil. Aussi on en a extrait la colonne Alexandrine, celles de l'église Cazan, de l'église d'Isaac, et la plupart des superbes monolithes qui font partie des monuments de Saint-Pétersbourg (1).

*Observations sur le granite à gros grains.* — Dans le nord de la Finlande et en Scandinavie, le granite moderne, ou à gros grains, constitue un très grand nombre d'accidents de terrain, de collines et de montagnes d'une petite élévation, sans présenter l'aspect glanduleux qui est propre au Rapakivi ; alors sa solidité est plus considérable. Il offre un assez grand développement dans la partie méridionale de la Laponie, dans la région que traversent le Mounio et le Torneå Elv ; ainsi les collines qui bordent les rives du fleuve Torneå, et sur lesquelles les académiciens français plantèrent, vers la fin du siècle dernier, leurs signaux de triangulation pour la mesure d'un arc de méridien, sont composées principalement de cette espèce de granite, dans lequel on trouve quelques lambeaux de gneiss peu étendus. Là il affecte les caractères de la pegmatite, et souvent il forme du granite graphique bien caractérisé : ainsi sur les montagnes de Pullinghi et de Kynsivara.

Il présente aussi dans cette région un système de plans de division horizontaux, et par suite il semble offrir une succession de bancs ou d'assises comparables à des assises basaltiques. On en voit un exemple à la cascade de Youxenghi dans le lit du Torneå Elv ; mais cette disposition remarquable se voit sur une beaucoup plus grande échelle à la montagne de Luppiovara représentée par la figure 4. Le pied de cette montagne renferme quelques lambeaux de gneiss, et présente une plate-forme très légèrement inclinée, qui supporte une suite de bancs horizontaux, épais de 1 à 2 et 3 mètres. Dans ce granite, le mica et le quartz sont comparativement peu abondants ; le feldspath blanc et d'un rouge clair en est l'élément prédominant. Les assises sont divisées par deux systèmes de fentes rectangulaires et à peu près verticales, dirigées à l'E. 37 N. et au N. 37 O. Quelquefois la masse comprise entre ces plans de division s'est détachée, et il en est résulté des espèces de chambres, à contour rectangulaire.

Roches amphiboliques, diallagiques, hypersthéniques et serpentineuses, interposées dans le terrain primitif de la Scandinavie.

*Roches amphiboliques.* — Après avoir décrit les différentes sortes de granites interposés dans le terrain primitif, passons aux roches amphiboliques, diallagi-

(1) Si l'on considère la structure particulière du Rapakivi et le climat rigoureux de la Russie, il est présumable que les magnifiques monolithes, qui excitent l'admiration des étrangers à Saint-Pétersbourg, n'auront pas une bien longue durée, du moins ceux placés à l'extérieur : on voit même déjà des fissures se manifester dans la colonne Alexandrine.

ques, hypersthéniques et serpentineuses. Les schistes cristallins du Nord de l'Europe renferment beaucoup de masses amphiboliques, offrant les caractères des diorites ; on en observe dans une foule de localités de la Suède et de la Finlande, surtout dans les zones métallifères ; elles m'ont paru être un peu moins communes en Norwége, où souvent elles semblent être remplacées par des syénites et des roches diallagiques ou hypersthéniques. Les diorites constituent des filons, des amas ou des masses irrégulières, intercalées dans le gneiss ou dans les roches qui l'accompagnent, et généralement disposées dans le sens de la schistosité ; il est rare qu'elles forment de véritables filons transversaux.

Ces roches sont composées essentiellement de lames d'hornblende d'un vert foncé, vert noirâtre, et de grains feldspathiques gris-blancs, tirant sur le vert : beaucoup de ces grains présentent sur une face étroite et allongée des stries ou hémitropies concaves, propres aux espèces de feldspath du sixième système cristallin ; par suite, ils doivent appartenir à l'albite ou à l'oligoclase : peut-être y en a-t-il de ces deux espèces, qui sont très voisines l'une de l'autre ; en outre, il paraît s'y trouver ordinairement un peu d'orthose. Souvent encore on y observe de petits feuilletés de mica, des particules quartzieuses, et d'ailleurs le grenat rouge almandin y est assez commun. Ces diorites sont à grains moyens, ou à petits grains ; souvent ils offrent un aspect porphyrique dû à la présence de lames un peu plus larges que la masse environnante. Lorsque, par suite de la finesse du grain, on n'y reconnaît plus de parties distinctes, les Suédois leur donnent le nom de irapp. Ainsi à Falun, Sala, etc., j'ai reconnu que la plupart de ces trapps du terrain gneissique de la Scandinavie ne sont pas autre chose que des diorites à grains indistincts. La texture de ces roches amphiboliques est ordinairement grenue, mais, près de leur contact avec les schistes cristallins, elles deviennent souvent schisteuses et passent au schiste ou gneiss amphibolique.

Les diorites du Nord de l'Europe ont une grande importance, car ils servent de réceptacle à des gîtes considérables de fer oxydulé ; presque toujours ce minéral s'y trouve disséminé en petite quantité, et parfois il est assez abondant pour donner lieu à de vastes exploitations. Ainsi la célèbre montagne de Taberg, dans la province de Smålande, consiste en une masse dioritique, imprégnée d'une assez grande quantité de fer oxydulé pour être exploitée comme minerai de fer, et les produits alimentent un grand nombre de hauts-fourneaux.

Les roches amphiboliques de la Scandinavie renferment quelquefois aussi des minerais de cuivre, de cobalt, de plomb argentifère, etc. ; et, à la mine de Pitkäranta, située sur le bord nord-est du lac Ladoga, en Finlande, on trouve dans une roche de ce genre de l'oxyde d'étain, avec du fer oxydulé et de la pyrite cuivreuse (voir mon mémoire sur les *gîtes métallifères*, loc. cit., p. 316).

*Syénites en Scandinavie.* — Dans les granites qui accompagnent le terrain gneissique du nord de l'Europe, on rencontre fréquemment des lames amphiboliques, qui leur donnent la composition et l'aspect de la syénite ; mais l'amphibole

ne s'y est produite que d'une manière accessoire, probablement à cause de la présence d'un peu de chaux dans le magma granitique. En Suède et en Finlande, je n'ai pas observé de syénite qui occupât une étendue un peu considérable et offrît les caractères d'une formation indépendante. Il n'en est pas de même en Norwège; on y trouve des roches amphiboliques d'une nature variée, et auxquelles l'ensemble de leurs caractères pétrographiques doit faire donner le nom de syénite. Ainsi, malgré de nombreuses variations d'aspect, de structure et de composition, on peut considérer comme de la syénite la roche qui constitue le gigantesque massif de l'Iötunfield (1), et qui s'élève jusqu'au haut des cimes culminantes de l'Europe septentrionale.

*Syénite de l'Iötunfield.* — L'époque de sa consolidation est sans doute postérieure à la période où s'est produit le gneiss, car cette roche a relevé les schistes feuilletés, semi-cristallins, qui sont plus modernes que le terrain primitif. Cependant, comme cette syénite se montre aussi en contact avec le gneiss, qu'elle a influé sur ses caractères pétrographiques et stratigraphiques, je crois devoir en placer ici la description. Elle est habituellement à grains moyens, souvent à petits grains, mais il y en a aussi une variété à gros grains. Le feldspath gris ou gris blanc y est abondant; rarement il paraît pur et nettement cristallisé; ses faces ont en général peu d'éclat, et l'on y voit des parties compactes, pétrosiliceuses. Outre l'orthose, on y distingue des lames striées, appartenant au sixième système cristallin et ressemblant à de l'oligoclase. On y voit aussi des grains de quartz, moins communs que les lames feldspathiques: le mélange est quelquefois si intime, que les particules deviennent indistinctes, et alors la roche tend à devenir compacte ou porphyrique. Dans la masse sont répandues des lames moyennes d'hornblende d'un vert foncé ou vert noirâtre, qui est généralement accompagnée de quelques feuillets de mica d'une teinte foncée, noire, brune ou verdâtre: parfois aussi on y voit des grenats rougeâtres.

Très souvent le mica semble remplacer l'amphibole, et alors la syénite passe au granite. D'autres fois, au contraire, le quartz devient rare, en même temps que l'hornblende se montre plus abondante, et alors la roche ressemble à du diorite ou de l'amphibolite, dans lequel sont disséminés des grains de fer oxydulé. En certaines parties, la roche offre une texture schisteuse et se rapproche alors du gneiss et du schiste amphibolique: c'est ce que l'on observe principalement au contact de la syénite avec les roches schisteuses adjacentes. D'ailleurs il est certaines parties de la masse amphibolique, où l'on rencontre des bandes schisteuses, de forme lenticulaire, entourées de parties à structure massive.

La syénite de l'Iötunfield s'étend vers le S.-O. sur les montagnes qui bordent

(1) L'Iötunfield comprend les groupes de cimes qui portent les noms de Hurungerne ou Skagstølstinden, d'Ymesfield ou Galdhøpiggen, et Nautgardstinden.

le fiord d'Urland et plusieurs autres bras de la partie orientale du Sognefiord (1). A la vérité, elle n'y forme point une zone continue, mais des masses de formes irrégulières, généralement interposées entre les schistes cristallins et y lançant des veines ramifiées. Dans cette zone, l'amphibole est fréquemment accompagnée de lames diallagiques vertes ou brunâtres; elles sont ordinairement peu abondantes, et ne forment qu'un élément accessoire de la roche. Néanmoins leur présence établit une liaison entre cette syénite et la norite d'Esmarck, que nous allons décrire un peu plus loin.

*Roches amphiboliques et diallagifères du Sognefiord.* — Dans les masses de syénite (2) que l'on voit affleurer sur les escarpements qui bordent le Sognefiord, souvent l'amphibole hornblende, au lieu d'être répandue uniformément dans la roche, présente des agglomérations d'apparences diverses, tantôt allongées en forme de lanières ou de veines discontinues, tantôt disposées en forme de nids ou de rognons. Le feldspath gris blanc, et parfois d'un gris violacé, y abonde, et est accompagné de quartz; il est souvent aussi concentré en certaines parties, qui renferment peu d'amphibole. Les deux éléments principaux de la syénite semblent alors s'être isolés et avoir pris la disposition de noyaux réniformes et de veines irrégulières, qui se mélangent et s'entrecroisent, en se coupant alternativement; néanmoins ce sont les veines de feldspath qui paraissent couper le plus fréquemment celles d'amphibole. Il y a aussi une grande quantité de grenats rouges almandins; une portion est disséminée dans la roche, mais ils sont principalement accumulés dans certaines parties, qui ont la forme de rognons ou de masses noduleuses, aplaties et souvent géodiques, larges de 10 à 30 centimètres. On y voit des anneaux sphéroïdaux, concentriques, formés principalement d'hornblende et de grenats; ces minéraux sont fréquemment cristallisés sur les parois des cavités situées à la partie centrale des rognons. C'est aussi à l'intérieur de ces nids que l'on trouve souvent les lames diallagiques, accompagnant l'hornblende et le grenat. Cette roche syénitique, si variée dans sa composition minéralogique, dans son aspect et sa texture, s'étend de l'Iötunfield aux fiords d'Urland et de Nāröen, suivant la direction E. N. E. O. S. O.

*Roches amphiboliques et diallagifères des environs de Bergen.* — Dans la presqu'île de Bergen, à quelques lieues à l'est du chef-lieu de la province, se trouve une autre zone de roche amphibolique, comprise entre le fiord de Sam-

(1) J'ai reconnu dans mes explorations que la syénite occupe soit à l'est, soit à l'ouest de l'Iötunfield, une étendue plus grande que celle qui lui a été donnée sur la carte de M. Keilhau.

(2) J'ai représenté par des taches ponctiformes les petites masses de syénite que l'on trouve, en une multitude de points, sur les escarpements qui bordent les branches les plus profondes du Sognefiord; je leur ai donné la même teinte qu'à la syénite de l'Iötunfield, quoique, sous le rapport pétrographique, elles en diffèrent par l'abondance des grenats et par la présence fréquente de lames diallagiques. Néanmoins cette roche se rapproche beaucoup plus de la syénite que de l'euphotide, et d'ailleurs elle ne joue pas un rôle assez important pour mériter une teinte spéciale.

nanger et la petite baie de Fane ; elle s'étend vers le N.-N.-O. en traversant la partie occidentale de l'île d'Osterœ, et formant une grande portion de la presqu'île qui borde à l'est le golfe de Mas. Cette longue bande, que M. Nauman a fait connaître, offre de l'analogie avec la zone de syénite que nous venons de décrire tout à l'heure. Elle présente aussi des variations nombreuses dans la texture et l'aspect de ses éléments. On y voit des bancs formés de parties grenues et enchevêtrées alterner avec d'autres, dont la texture est rendue schisteuse ou veinée par la disposition des lames d'hornblende couchées dans un même plan, ou orientées suivant la même direction. Les parties schisteuses sont ordinairement à petits grains, et celles dont la texture est enchevêtrée sont fort souvent à gros grains, et offrent alors les caractères d'une syénite composée principalement d'hornblende verdâtre, et de feldspath blanc ou d'un blanc jaunâtre, avec un peu de quartz.

Il y a une variété qui offre des noyaux d'hornblende disséminés au milieu d'une masse feldspathique ; et parfois le feldspath s'isole, formant des nids ou des druses à la surface desquelles s'étend une pellicule de chlorite. Souvent on voit dans la roche des lames vertes, diallagiques ; et cette variété, que M. de Buch a signalée le premier, ressemble à du gabbro. Néanmoins elle n'est qu'accessoire, car l'amphibole prédomine, et la roche offre des passages entre la syénite, le diorite et l'amphibolite grenu ou schisteux. Les parties schisteuses, bien qu'alternant avec les parties grenues, se trouvent plutôt sur les bords de la masse, et passent insensiblement au gneiss amphibolique, puis au gneiss ordinaire, et au schiste micacé, contenant çà et là quelques lames d'hornblende ; il n'y a pas de démarcation tranchée entre ces divers types.

Dans les couches de schistes cristallins qui bordent la roche amphibolique du côté occidental, se trouve interposé un banc épais d'une variété particulière de syénite schistoïde, que M. Nauman a nommée *roche feldspathique (feldspath gesteïn)*. En effet, elle se compose, en majeure partie, d'une masse feldspathique blanchâtre, qui est pénétrée de lames d'hornblende noire, et où l'on voit aussi de petits feuilletés de mica blanc-argenté et des grains rouges de grenat, parfois agglomérés et accompagnés de lames brunes d'un silicate magnésifère, qui est probablement de l'hypersthène. Tantôt ce minéral forme des noyaux enveloppés par les autres éléments ; tantôt, au contraire, il est groupé autour du grenat.

*Norite d'Esmarck.* — Cette roche, qui forme un banc parallèle à la zone amphibolique décrite tout à l'heure, se rapproche par ses caractères lithologiques du type qu'Esmark a désigné par l'expression de *norite*. Il a attribué cette dénomination à tout un groupe de roches qui ont des caractères variés, mais qui se distinguent par la présence du diallage ou de l'hypersthène. Toutefois ces silicates magnésifères ne forment point la partie principale de la masse : fort souvent ils ne s'y trouvent qu'en petite quantité, et ils disparaissent fréquemment, sans que la roche perde les autres caractères qui lui sont propres. Le feldspath en est l'élément principal, et forme une masse grenue, qui sert, pour ainsi dire, de

gangue aux autres substances. Il s'y trouve plusieurs espèces de feldspath ; on y distingue habituellement de l'orthose et du labrador qui se manifeste par son aspect strié et son éclat particulier. Les autres minéraux se trouvent dans des proportions très diverses ; ce sont le quartz , le mica, l'hornblende, le diallage et l'hypersthène ; le grenat rougeâtre y est aussi très fréquent.

Il est rare que tous ces minéraux de la norite se trouvent réunis sur le même point ; ils semblent se remplacer les uns les autres, et leur mélange est tantôt à grains moyens ou à petits grains, tantôt à gros grains : c'est dans ce dernier cas que les caractères distinctifs de la roche sont le plus marqués. Fort souvent, au contact du gneiss ou d'autres schistes cristallins, la norite devient schisteuse, comme nous avons vu que cela a lieu pour les syénites décrites précédemment. Alors il y a des passages graduels, et souvent sur une grande épaisseur, entre la norite, le schiste amphibolique, le gneiss et le micaschiste.

Indépendamment des localités déjà mentionnées, la norite a été signalée en beaucoup d'endroits de la Norwége ; elle est très développée sur la côte du Flekkefiord (sous 58° 1/2 de latitude), où elle forme le long du littoral, entre Flekkefiord et Ekersund une bande étendue dans le sens du N.-O. au S.-E. La même roche constitue le dos d'une colline entre Herland et Trögstad, un peu au sud-est de Christiania, près de la frontière suédo-norvégienne. On en cite aussi des gîtes sur les îles de Mosserøe et Bømmeløe, qui se trouvent à l'entrée du long golfe de Hardanger. Il y en a encore dans les montagnes du littoral, entre le Romsdal et le lac de Horningdal, et aussi dans la vallée de Sundal qui dérive du Dovrefield. La même roche se rencontre en plusieurs lieux dans le Finmarck, où elle a été signalée d'abord par M. de Buch, puis par M. Keilhau, principalement entre le fiord de Bals et celui d'Alten.

Plus loin, après avoir exposé les observations relatives à la province de Drontheim, je ferai connaître des roches diallagiques, analogues à la norite, et qui se trouvent dans des formations de schistes semi-cristallins, principalement aux environs de Røraas ; mais dès à présent, je vais donner des détails particuliers sur la norite de la côte de Flekkefiord (1), qui est associée au gneiss primitif, et qui offre un des types les mieux caractérisés de cette espèce de roche.

*Norite de la côte de Flekkefiord.*— Le feldspath en forme l'élément principal ; il appartient à deux espèces, au labrador et à l'orthose : la couleur en est tantôt grise, tantôt d'un jaune brunâtre, passant au vert ; il est accompagné de quartz d'un gris clair, de diallage d'un vert olive, en petites écailles, d'hornblende verte et quelquefois noirâtre. On y trouve aussi du fer titané (2) en grains cristallins ;

(1) Je n'ai pas visité moi-même cette localité, mais j'ai vu à Christiania des échantillons qui en viennent ; d'ailleurs une partie des détails qui vont suivre est tirée de l'excellente description donnée par MM. Scheerer et Keilhau, dans la *Gæa Norvegica*, p. 313 et 377.

(2) M. Scheerer, d'après des essais qu'il a faits, regarde ce fer titané comme étant, non un titanate

il abonde en certains points, où il forme des nids, de petits amas, ou des bandes irrégulières. Le mica noir se montre comme élément accessoire, et il en est de même de l'hypersthène brun ou d'un gris foncé. M. Keilhau cite (*Gæa*, p. 377) une variété de cette roche, qui est remarquable par son aspect porphyroïde : au milieu d'une masse de labrador brun, à grains fins, on voit briller des lames larges de 2 à 3 centimètres, d'un autre labrador, de couleur grise, mais brillant de reflets bleus. Il s'y trouve, comme éléments accessoires, de petits feuillet de talc et de petits zircons. On observe aussi des grenats rouges sur le pourtour de la zone noritique, au voisinage du gneiss.

Semblable aux roches amphiboliques décrites précédemment, la norite de la côte de Flekkefiord présente ordinairement une texture schisteuse, près de son contact avec le gneiss ; et il y a entre ces deux roches des passages tels que ceux déjà indiqués plusieurs fois : des bandes amphiboliques rubanées se montrent à la fois dans le gneiss et dans la norite ; elles établissent une transition entre ces roches. La norite de l'île d'Hitterøe, qui est à une certaine distance de la limite du gneiss, ne présente aucune apparence de schistosité : sur le pourtour de l'île elle est à gros grains ; dans la partie centrale, qui présente des rochers élevés de 200 à 300 mètres, elle est à grains fins. Il est possible que ces deux états, à gros grains et à grains fins, ne soient que des effets de cristallisation : cependant M. Scheerer a signalé une circonstance d'après laquelle il semblerait que ces deux variétés ne se sont pas produites tout à fait en même temps : en effet, la norite à gros grains de la côte d'Hitterøe est traversée par des filons de norite à grains fins, semblable à celle qui constitue l'intérieur de l'île.

Sur la côte de Flekkefiord, et aux environs de Bergen, la norite est enclavée dans le terrain de gneiss primitif ; mais dans la province de Drontheim, et à l'île Magerø, dans le Finmark, il y a, comme nous le verrons, des roches diallagifères analogues, au milieu de schistes semi-cristallins, argilo-micacés et chloriteux, qui sont dépourvus de fossiles, et postérieurs au terrain primitif. La norite paraît donc remonter à une époque plus récente ; ou bien, et c'est ce qui me paraît probable, il y a eu plusieurs époques de cristallisation de roches diallagiques, de même que de roches granitiques et amphiboliques.

La norite à gros grains de l'île d'Hitterøe, sur la côte de Flekkefiord, est traversée par beaucoup de filons de granite à grandes parties, qu'a étudiés avec soin M. Scheerer ; cet habile minéralogiste y a trouvé plusieurs des minéraux rares qui caractérisent le granite à gros grains, dépendant du terrain primitif de l'Europe septentrionale ; ce sont la gadolinite, l'orthite et l'yttria phosphatée (1). D'ailleurs l'aspect et la composition de ces filons granitiques sont

de fer, mais une association d'oxyde de fer et d'oxyde de titane ; il pense d'ailleurs qu'il en est ainsi pour les fers titanés d'autres gisements.

(1) M. Scheerer a aussi découvert dans ces filons deux nouvelles espèces minérales, le *malacon* et le *polyrase* ; on y trouve en outre de l'hornblende, du diallage, du fer oxydulé et oligiste.

les mêmes qu'en Suède et en Finlande; ils ont aussi une couleur rouge de chair, et renferment de larges lames d'orthose et d'oligoclase, avec du quartz gris et du mica noir (1) : en un mot, ils ont tous les caractères de l'espèce de granite à grandes parties, qui est le plus moderne des granites associés au terrain gneissique de la Scandinavie. La norite de Flekkefiord est donc antérieure à cette sorte de granite; probablement elle est contemporaine des diorites interposés dans le terrain primitif. Ce groupe de roches s'est produit dans l'intervalle de temps qui a séparé la cristallisation des deux espèces de granites, à petits grains et à gros grains. Bientôt nous décrirons des roches diallagifères interposées dans les schistes argilo-micacés ou chloriteux des environs de Røraas, et qui doivent être plus modernes que celles enclavées dans le terrain primitif.

*Roches serpentineuses.* — On peut rattacher aux roches diallagiques, et considérer comme faisant partie du groupe des roches magnésifères, des masses de serpentine, qui sont rarement très considérables, mais qui se rencontrent assez fréquemment dans le terrain primitif du nord de l'Europe. J'en ai déjà décrit un gisement remarquable à Oppivara en Finlande; j'ai montré aussi dans mon mémoire sur les mines de la Scandinavie (loc. cit.) qu'une partie des skölar qui traversent diverses roches est formée de serpentine; d'ailleurs, comme nous l'avons vu, les calcaires métallifères de la Suède contiennent souvent une grande quantité de veines et de nodules serpentineux. En Norwège, il y a un gîte assez considérable de Serpentine à l'O. du Tyrifiord, près de Snarum (2); d'après M. Keilhau, à l'île Rodøe, dans le Nordland, il y en a aussi des masses, tantôt irrégulières, tantôt stratiformes. Il en cite également un peu au sud de Bergen, à l'île Salthelle, où la serpentine est accompagnée de diallage et forme une masse intercalée entre des couches de gneiss et de calcaire marbre.

#### DEUXIÈME GROUPE DE FORMATIONS AZOÏQUES : SCHISTES SEMI-CRISTALLINS.

Formations schisteuses et semi-cristallines (*urthonschiefer* des Allemands), consistant principalement en schistes argileux et schistes luisants, feuilletés, argilo-micacés ou argilo-chloriteux, associés avec des schistes micacés, amphiboliques et gneissiques, renfermant en outre des bandes ou assises de quartzites grenus, subcompactes et schisteux, de grès, de grauwackes, de poudingues, brèches ou conglomérats, et de pierres calcaires.

Les terrains que nous allons décrire maintenant sont remarquables en ce que, par l'ensemble de leurs caractères, ils forment une transition entre les terrains

(1) On trouve en outre dans ces filons granitiques du fer oxydulé et oligiste, de l'hornblende et du diallage.

(2) La masse serpentineuse de la forêt d'Uhlen, près de Snarum, est entourée de quartzite faisant partie du terrain de gneiss : on y trouve, outre le quartz, de la dolomie grenue, parfois fibreuse et passant à l'asbeste, du fer oxydulé, en nodules composés de grains octaédriques, du fer titané, en masses compactes et cristallines, du feldspath, du mica, de la chlorite, du talc et de la stéatite. Ce gîte, que M. Böbert a très bien décrit (*Gwa*, p. 127), et où il a signalé des phénomènes d'épigénie est remarquable en ce que la serpentine s'y montre parfois en cristaux prismatiques, et semble offrir des passages graduels aux divers minéraux qui lui sont associés, comme le mica, la dolomie, etc.

primitifs proprement dits (gneiss primitif et schistes cristallins qui l'accompagnent) et les terrains paléozoïques. A cause de cette association remarquable de deux sortes de roches stratifiées, différentes par leur aspect et leur nature, les unes amorphes, les autres cristallines, je proposerai de les appeler *schistes semi-cristallins*. Cette dénomination, tirée de caractères pétrographiques incontes- tables, est indépendante de toute hypothèse chronologique, circonstance impor- tante, car, dans l'état actuel de la science, l'âge de ces terrains ne peut être fixé d'une manière précise (1). Quant à la qualification d'*azoïque* donnée à ce groupe, comme à celui des schistes cristallins, il ne faut lui attribuer qu'un sens relatif; on ne doit pas en conclure que tous les dépôts réunis dans cette division soient absolument antérieurs à la création de tout être vivant, mais que jusqu'à ce jour on n'a point encore pu y découvrir de reste organique.

*Existence de plusieurs étages dans ce groupe.* — D'ailleurs il est presumable que les divers membres de ce groupe pourront être classés par la suite; et même, en lisant la description des dépôts qui en font partie, on verra que plusieurs d'entre eux paraissent appartenir à des étages différents (2). A la vérité, l'absence de fos- siles et de fréquents changements dans l'état cristallin, ainsi que dans la stratifi- cation des roches, ne permettent pas d'établir avec une complète certitude la cor- respondance entre les étages qui composent la série dans les diverses régions. Néanmoins l'existence de plusieurs étages résulte de la différence de composition des séries d'assises que l'on voit se succéder dans une même contrée; elle paraît ressortir aussi de la multiplicité des dislocations qui ont eu lieu entre l'époque du gneiss primitif et le commencement de l'époque silurienne.

*Composition générale de ces dépôts.* — La composition de ces dépôts présente des variations notables d'une extrémité à l'autre de la Norwège, en conservant néanmoins des caractères communs: ils sont formés essentiellement de roches schisteuses, intermédiaires par leur texture et leur aspect entre le schiste argileux proprement dit et les schistes feuilletés, micacés ou chloriteux. Ces roches offrent des changements d'état fréquents, et passent de l'état amorphe à l'état feuilleté ou cristallin, généralement par degrés insensibles, mais quelquefois d'une manière subite. Souvent ces schistes deviennent siliceux, et dans certaines

(1) Si l'on admet que ces terrains sont antérieurs à la période silurienne, l'expression d'*urthon- schiefer* ou schiste argileux primitif, qui leur a été appliquée par des géologues du nord, exprimera que ce sont les premières masses de schiste argileux qui constituent une formation indé- pendante.

(2) Dans la vaste série des roches stratifiées et dépourvues de fossiles que l'on trouve en Scandi- navie, il en est peut-être qui appartiennent à la période des terrains paléozoïques, à l'époque silurienne ou dévonienne; mais comme, jusqu'à présent, on n'y a trouvé aucune trace de fossiles, ce ne serait qu'au moyen d'hypothèses très hasardées que l'on chercherait à rattacher à l'une de ces époques telle ou telle portion des terrains que nous réunissons sous le titre général de schistes semi-cristallins. Du reste, je mentionnerai en leur lieu les formations qui, par leurs caractères, offrent le plus d'analogie avec certains dépôts paléozoïques.

régions ils sont accompagnés de masses quartzzeuses puissantes, qui varient par leur texture du quartz compacte au quartz grenu. Le grain de ces quartzites est fin et serré; les variétés subcompactes sont translucides et ont la cassure conchoïde, caractères qu'elles partagent avec les quartz compactes, d'origine métamorphique, de la chaîne des Alpes, de la Bretagne et d'autres contrées.

Outre les schistes argilo-feuilletés et les quartzites (1), qui sont les roches dominantes, on trouve associées aux terrains que nous décrivons des couches concordantes de grauwacke, ordinairement très quartzzeuse, et même des masses de poudingue, brèche ou conglomérat, composées de fragments, tantôt arrondis, tantôt anguleux, de quartz et de roches cristallines (granite, porphyre, gneiss).

Dans ce groupe, la pierre calcaire est ordinairement peu développée, et ne forme en général que des bancs subordonnés; elle est tantôt grenue ou à petites lames, tantôt compacte, et alors elle ressemble entièrement à des calcaires paléozoïques, surtout lorsqu'elle présente une teinte d'un gris foncé ou noirâtre.

*Comparaison pétrographique avec les roches siluriennes.* — A défaut de restes organiques, l'origine sédimentaire des schistes semi-cristallins résulte de l'existence bien constatée de roches arénacées, de grès, de grauwackes et poudingues, qui se lient avec eux par des dégradations insensibles et par l'uniformité de stratification. L'analogie pétrographique avec les roches siluriennes est encore augmentée par la présence accidentelle de schistes ampéliteux et alunifères. Néanmoins on ne saurait méconnaître le caractère généralement cristallin qui distingue l'ensemble de ce deuxième groupe de formations azoïques. Si l'on compare les schistes argileux, et les grauwackes schisteuses qui en font partie, avec les roches analogues du système silurien, on reconnaît presque toujours dans les schistes azoïques un éclat particulier, un aspect plus luisant, une texture moins amorphe, une tendance plus marquée à la structure feuilletée et cristalline. Vue sous un verre grossissant, la pâte des schistes argileux paraît consister en un agrégat de grains microscopiques des minéraux qui composent les roches granitiques. Du reste, beaucoup de schistes des terrains paléozoïques présentent le même caractère, si l'on en regarde la pâte au microscope.

Dans une série un peu épaisse de schistes argileux azoïques de la Norwège, il y a souvent des lits où l'on distingue, même à l'œil nu, des feuilletés de mica, de chlorite ou de talc; et les schistes argileux, devenant peu à peu feuilletés, passent insensiblement, soit au micaschiste, soit au schiste chloriteux ou talqueux. Quelquefois on y voit des aiguilles entrecroisées d'hornblende, qui traversent la pâte en divers sens. D'ailleurs, des bancs de schiste amphibolique et de gneiss, c'est-à-dire des types de roches qui semblent propres aux formations primitives, s'y

(1) Comme ce sont les roches quartzzeuses qui résistent le mieux à l'action destructive des causes atmosphériques, elles forment ordinairement la partie convexe des accidents de terrain; c'est ce qui a lieu aussi en Bretagne et en d'autres pays.

montrent aussi, à la vérité d'une manière accidentelle. Souvent ces bancs sont interstratifiés dans des couches argilo-micacées, parfois même ils semblent les recouvrir, ou s'appuyer dessus à stratification concordante. Ce gneiss est ordinairement un peu moins cristallin, et à grains plus fins que le gneiss primitif; les éléments en sont moins distincts, moins bien caractérisés; on y observe des passages graduels aux schistes argilo-feuilletés, par l'intermédiaire du mica-schiste.

*Remarques sur l'aspect cristallin des roches de ce groupe.* — C'est fréquemment dans le voisinage de diorites, de syénites ou de granites, que du schiste amphibolique et du gneiss se montrent associés aux schistes semi-cristallins; par suite, on est conduit à en attribuer le développement à ces roches massives: mais il n'en est pas toujours ainsi, et, dans certains cas, on ne voit affleurer aucune roche pyrogène que l'on puisse envisager comme ayant fait naître la cristallisation dans les schistes argileux azoïques.

D'ailleurs, il est incontestable que l'aspect généralement cristallin des formations de ce groupe ne peut être attribué entièrement à l'influence des flots de roches plutoniques qui s'y rencontrent en diverses localités: il ne peut résulter que d'une cause générale, qui a affecté l'ensemble des dépôts, bien que d'une manière inégale. Cette circonstance me paraît fort importante, et vient à l'appui des autres considérations qui me portent à regarder ces formations comme antérieures, pour la plupart du moins, à la période silurienne. Elles doivent correspondre en partie au système cambrien ou cumbrien de M. Sedgwick, et aux terrains de transition inférieurs de MM. Dufrenoy et Élie de Beaumont.

*Diversité dans les relations de contact des schistes semi-cristallins et du gneiss primitif.* — La superposition des schistes semi-cristallins au gneiss primitif est évidente pour le géologue qui explore la ligne de contact des deux groupes de roches, mais nous verrons que le mode de succession n'est pas toujours le même. Dans certaines régions, les schistes azoïques les plus modernes sont superposés d'une manière clairement transgressive, tandis que sur d'autres points la stratification paraît être concordante. Ce fait, anormal en apparence, n'a au fond rien d'extraordinaire, car il est facile de concevoir qu'à l'époque où le schiste argileux azoïque s'est formé, le gneiss primitif se trouvât redressé sur des surfaces plus ou moins étendues, mais fût resté horizontal en certaines parties. Une disposition stratigraphique de ce genre nous est offerte actuellement par les couches siluriennes de la Scandinavie: elles sont en effet restées horizontales sur les rives du lac Wenern, tandis qu'à peu de distance, soit à l'est, sur le bord oriental du Wetteren, soit à l'ouest, aux environs de Christiania, les mêmes couches ont été relevées et ont pris même, en certaines parties, une position presque verticale. Or, suivant que les sédiments qui ont produit le groupe des schistes semi-cristallins se sont déposés sur des feuilletés de gneiss inclinés, ou sur des lits horizontaux, il y aura eu discordance ou concordance de stratification.

Les schistes semi-cristallins ne se montrent en contact avec les couches siluriennes que dans une seule région, dans celle qui environne la partie septentrionale du lac Miösen; or là elles sont, en général, faiblement inclinées, et il est difficile d'y apercevoir une discordance de stratification; mais il ne me semble pas moins nécessaire de distinguer ces deux groupes de terrains, qui diffèrent si manifestement par leurs caractères essentiels, et dont l'un contient une grande abondance de débris organiques, tandis que l'autre en est dépourvu.

*Disposition géographique des terrains semi-cristallins.* — Les terrains semi-cristallins, de même que les terrains paléozoïques, ne forment pas en Scandinavie une zone continue, mais des dépôts distincts, ou bien des lambeaux séparés les uns des autres par des roches du système granito-gneissique, lequel, dans le nord de l'Europe, sert de support général aux formations plus récentes : les dépôts postérieurs au gneiss ne se montrent point superposés dans un même bassin, mais ils ont rempli les dépressions circonscrites que présentait, à diverses époques géologiques, la surface du gneiss et du granite.

En jetant un coup d'œil sur la carte géologique jointe à mon mémoire, on y verra dans la partie centrale de la Scandinavie une vaste zone de schistes argilo-feuilletés, accompagnés de quartzite, de roches calcaires et arénacées, d'une origine évidemment sédimentaire. Ce dépôt s'étend sur une grande portion de la province de Drontheim et du Hedemark, sur le Guldbrandsdal, le Valdars, et la région située au sud-ouest; il forme une grande bande allongée du N. N. E. au S. S. O. Un peu plus au midi se trouve une autre zone, appartenant au même groupe de formations azoïques, probablement un peu plus ancienne que la précédente, mais beaucoup moins vaste; elle est allongée dans le même sens, et offre la forme d'un triangle obtus. Elle consiste principalement en quartzite accompagné de schistes plus ou moins cristallins : on la voit s'étendre sur une partie du Nummedal et du haut Tellemark. Sur la côte située au nord et au sud de Bergen, on observe une foule de lambeaux d'un terrain consistant en schistes feuilletés, argilo-micacés ou chloriteux, qui recouvrent le gneiss, et paraissent appartenir au même système que les schistes azoïques, semi-cristallins, de la Scandinavie centrale. Entre le golfe de Drontheim et le Sognefjord, sur plusieurs îles, et sur divers points du littoral, on observe des dépôts de grès et de conglomérat, superposés ou associés à des schistes feuilletés qui recouvrent le gneiss. Ils appartiennent sans doute au même ensemble de terrains. Dans le Finmarck, à l'extrémité septentrionale du continent européen, et dans le nord de la Laponie, il y a encore des dépôts très étendus de schistes argilo-micacés, de calcaire, de grès ou quartzite, et de conglomérat. A l'ouest et au sud-ouest, se trouvent des schistes cristallins, gneiss et micaschiste, accompagnés de calcaires grenus ou lamelleux; la séparation des deux sortes de terrains présente des circonstances remarquables.

Nous allons décrire dans l'ordre suivant ces différentes zones de terrains azoïques semi-cristallins :

- 1° La formation quartzeuse du Nummedal et du Haut-Tellemark ;
- 2° La formation quartzo-schisteuse de la Scandinavie centrale ;
- 3° Les lambeaux de schistes semi-cristallins qui recouvrent le gneiss, en beaucoup de points de la portion sud-ouest de la côte norvégienne ;
- 4° Les dépôts de grès et de conglomérat situés sur le littoral entre le golfe de Drontheim et le Sognefiord ;
- 5° Les formations calcaréo-quartzo-schisteuses et poudingifères du Finmarck ;
- 6° Les petits dépôts quartzeux et calcaréo-schisteux situés aux environs de Torneå, au fond du golfe de Botnie.

Formation de quartzite, accompagné de schistes semi-cristallins, du Nummedal  
et du haut Tellemark.

C'est par la formation quartzeuse du Nummedal et du Haut Tellemark, que je commencerai la description des terrains semi-cristallins. Elle occupe une étendue beaucoup moins vaste que la formation quartzo-schisteuse du centre de la Scandinavie ; mais, par l'ensemble de ses caractères stratigraphiques et pétrographiques, elle se lie d'une manière plus intime avec le gneiss, et, dans la série des dépôts azoïques superposés aux schistes primitifs de la Scandinavie, il n'en est pas qui paraisse remonter à une plus haute antiquité. Cette formation quartzeuse s'étend du N. N. E. au S. S. O., sur la partie occidentale du Nummedal et du Tellemark (1), depuis Næs, dans la vallée de Hallingdal, jusqu'aux environs de Valle et Moland, dans les vallées de l'Otra Elv et du Nid Elv.

*Composition pétrographique.*—Dans cette zone, qui est comprise entre 59 degrés et 60 1/2 degrés de latitude, et dont le point culminant est le Goustafeld (2), la plus haute montagne qu'il y ait en Norwège, au sud du 60° 1/2 degré de latitude, la roche dominante consiste en un quartzite translucide, à éclat vitreux, dont la couleur varie du gris clair au gris verdâtre et bleuâtre ; quelquefois il a une teinte rouge ou rosée, due à un peu d'oxyde de fer. Ce quartzite est tantôt grenu, tantôt compacte, fendillé dans la cassure. Il est généralement schisteux, ou il présente un système de plans de division parallèles, qui permettent de le fendre en plaques régulières. Cette tendance à la fissilité est surtout favorisée par la présence

(1) J'ai conservé sur ma carte le contour que M. Keilhau a donné à cette formation ; en la décrivant, j'ai profité aussi des observations intéressantes que M. Nauman et le savant géologue de Christiania ont publiées dans les ouvrages déjà cités. *Beitræge*, t. I, p. 62, et *Gæa*, p. 425.

(2) Le Goustafeld est formé de quartzite en couches peu inclinées et coupées abruptement : il y en a deux variétés, dont l'une est dure et résistante, tandis que l'autre renferme des parties feldspathiques et se décompose facilement, de manière à produire des entailles ou sillons, qui donnent à cette montagne son aspect crénelé et qui la font apercevoir de loin, par l'éclat de la neige entassée dans les dentelures de sa crête.

fréquente de feuillets de mica, de chlorite ou de talc : on y voit souvent aussi de petits grains feldspathiques ; et quand, par suite de leur altération, la roche commence à se désagréger, elle offre l'aspect d'un grès ordinaire. On rencontre aussi certaines variétés qui ressemblent à un schiste siliceux jaspé.

Cependant le quartzite n'est pas la seule roche de cette région ; lorsque les feuillets de mica, de chlorite ou de talc deviennent très abondants, et sont rassemblés par lits, la roche se change en un schiste micacé, chloriteux ou talqueux, parfois amphibolique. Ces schistes acquièrent souvent une épaisseur un peu considérable ; il s'y trouve quelquefois aussi du schiste argileux (*urthonschiefer*), mais la pierre calcaire y est très rare.

Il faut encore mentionner une sorte de roche subcristalline, qui est assez développée en certains points, et qui se trouve principalement dans la partie périphérique de la formation quartzeuse ; elle renferme les trois éléments du gneiss et semble s'identifier avec lui par la composition, mais elle est formée de grains beaucoup plus fins et moins nets qu'ils ne le sont dans le gneiss ordinaire. Ils ont aussi un aspect un peu moins cristallin, et il y a d'ailleurs de grandes variations dans les proportions des parties quartzuses et feldspathiques. Parfois la présence de cristaux ou de noyaux de feldspath un peu plus gros que les autres éléments communique à la masse un aspect porphyrique.

Souvent, dans le micaschiste et autres schistes de cette formation, les éléments deviennent d'une ténuité extrême, et finissent par être indistincts ; ces roches passent alors à une sorte de hornstein ou d'aphanite siliceuse, très dure. Quelquefois ces masses compactes prennent un aspect amygdaloïde ; on voit s'y développer de petites amandes blanches et vertes, formées de quartz et d'actinote.

Enfin aux types que nous venons de faire connaître se joignent des roches d'une apparence poudingiforme et bréchiforme, qui, près de Hjerdal, se montrent subordonnées au quartzite. Ces roches, qu'a déjà décrites M. Keilhau (*Gaea*, p. 430), sont de nature quartzeuse, argileuse, chloriteuse, ou amphibolique ; et formées par la réunion d'une multitude de fragments, tantôt anguleux, tantôt arrondis. Souvent ce sont des roches schisteuses, qui semblent avoir été brisées et reconsolidées sur place, de même que cela paraît avoir eu lieu pour beaucoup de pierres calcaires bréchiformes, qui font partie de divers terrains. D'autres fois les fragments ou noyaux diffèrent par leur nature de la masse où ils sont enchâssés, comme dans une pâte ; souvent ce sont des nodules feldspathiques ou quartzeux, que M. Keilhau a qualifiés de concrétions. Ils se présentent en saillie, lorsque le ciment argilo-talqueux ou chloriteux qui les enveloppe a été entraîné par l'eau, à cause de son inconsistance.

Comme roches massives, faisant partie de la formation quartzeuse du Nummedal et du haut Tellemark, on peut citer des bancs de porphyre interposés dans le hornstein, des amphibolites ou diorites, qui se montrent sous forme de filons, et de bancs parallèles à la stratification des schistes adjacents. Ces amphibolites

constituent en certains points des masses rocheuses un peu considérables : ainsi M. Keilhau en cite une (*Gæa*, p. 433) qui atteint à une hauteur de 2,500 pieds à l'O. du lac Bandag, sur le chemin de l'église de Mo. Quant au granite, il est rare, et ne se montre guère en masses un peu étendues que dans le sud de cette zone.

La majeure partie des roches composant cette formation offre un aspect plus cristallin que celui des autres dépôts azoïques qui seront décrits plus loin ; ainsi le schiste argileux y est peu développé ; les schistes qui accompagnent le quartzite sont le plus souvent des schistes micacés, chloriteux, talqueux ou amphiboliques, et souvent même des schistes semblables au gneiss par leur composition. Aussi cette analogie avec les terrains primitifs rend difficile à tracer la limite entre le système gneissique et la formation quartzo-schisteuse, d'autant plus que nulle part on n'observe de discordance de stratification.

*Caractères stratigraphiques.* — Néanmoins le quartzite, et les schistes qui l'accompagnent, se montrent partout superposés au gneiss, mais sans qu'il paraisse y avoir d'interruption dans la succession des couches. Aux environs de Rolloug, dans le Nummedal, et de Sillejord, dans le Tellemark, les couches situées au contact des deux terrains, sur le bord oriental de la formation quartziteuse, ont en général une médiocre inclinaison. Sur le bord opposé, aux environs de Mo et de Vinje, il y a des roches de granite et de gneiss qui n'ont pas de caractères bien définis, et semblent établir un passage entre les deux terrains.

En général, la pente des couches appartenant à l'une ou à l'autre des deux formations a lieu vers l'ouest, du côté oriental, et vers l'est, du côté occidental. D'ailleurs, les parties latérales offrent, en général, une inclinaison moins forte que la zone médiane ; ainsi le quartzite, et les schistes semi-cristallins qui l'accompagnent, présentent une disposition en éventail, et sont évidemment superposés au gneiss. Mais en quelques parties, ainsi à l'E. du lac Tin, et aux environs du lac Bandag, la limite des deux terrains suit une ligne oblique relativement à la direction des couches du terrain de gneiss et de la formation quartziteuse : il semble que les mêmes couches soient dans une partie de leur longueur à l'état de gneiss, et qu'en se prolongeant à une certaine distance, elles se changent en quartzite. De là M. Keilhau conclut qu'on ne peut considérer le dépôt quartzo-schisteux du Tellemark comme ayant été formé par le remplissage d'un bassin. Mais cette apparence n'est qu'un accident local, et la différence évidente qui a lieu entre la composition chimique des couches de gneiss et des couches de quartzite paraît difficile à expliquer, si l'on refuse de l'attribuer à un changement dans la nature du dépôt. Au reste, la superposition de la roche quartziteuse au gneiss est incontestable, et ses caractères généraux tendent à la faire considérer comme un système particulier, qui se trouve placé à la partie supérieure du terrain gneissique. Les directions que l'on y observe le plus fréquemment sont concentrées dans le voisinage de la ligne N. S. ; c'est dans la partie N. E. que cette orientation est le plus nettement marquée.

*Gîtes métallifères contenus dans la formation quartzreuse du Nummedal et du Tellemark.* — La formation quartzreuse du Nummedal et du Tellemark présente une multitude d'indices de gîtes métallifères. Il y en a quelques-uns de fer oligiste ou oxydulé; mais la plupart renferment du minerai de cuivre: en une foule d'endroits, le terrain se montre imprégné de sulfures ferro-cuprifères. Néanmoins ces gîtes paraissent être en général peu riches, ou avoir peu de continuité, car beaucoup d'entre eux, après avoir été l'objet d'exploitations plus ou moins importantes, ont fini par être abandonnés.

J'ai déjà parlé de ces mines dans mon mémoire sur les gîtes métallifères de la Scandinavie (1); je vais exposer succinctement leurs caractères essentiels, en empruntant quelques détails donnés sur le même sujet par M. Keilhau (*Gæa*, p. 441). On distingue quatre principaux groupes de mines de cuivre, qui sont, en allant du nord au sud: 1° Le groupe de la vallée du Lauven, situé au N. E. de Rolloug, dans le Nummedal, et comprenant les mines de Friedrichsminde et Stockenbroksminde, dans la paroisse de Nore, et des gîtes de pyrite cuivreuse situés dans la paroisse de Veglid et sur le versant septentrional du Blefield; 2° le groupe d'Hovynbigden, situé dans la paroisse de Tin, près du lac de ce nom, et comprenant les mines de Rodsøe, Daarudberg et Vastved; 3° les mines de Guldness, situées près du lac Sundbarm, dans la vallée de Sillejord; 4° le groupe d'Omdal, situé dans la paroisse de Moland, sur les montagnes qui bordent plusieurs affluents du Nid-Elv; il renferme les mines de Mosnap, Moberg et Grusen.

La plupart de ces gîtes sont disposés en manière de fahlbandes, de même que le sont en général les gîtes cuprifères de la Norwège: ce sont des couches quartzreuses et micacées, imprégnées de cuivre pyriteux et panaché. Outre ces minerais, dans les gîtes de la paroisse de Nore (vallée de Lauven), il y a un peu d'or natif, disséminé dans du quartz; et, dans la région d'Omdal, se trouve un peu de galène. M. Keilhau cite aussi dans le Nummedal, près du village de Rüstigen, une couche de quartz, qui contient un peu de pyrite cuivreuse, avec du molybdène sulfuré, du fer oxydulé, du grenat almandin et du disthène.

A la mine de Daarudberg (paroisse de Tin), c'est du cuivre sulfuré qui est répandu dans des couches quartzreuses.

Le gîte de Vastved, situé dans la même paroisse, offre un banc de quartzite dirigé N. S., dans lequel se trouve du cuivre panaché; la couche cuprifère est intercalée entre des bancs mélangés de fer oxydulé, en cristaux octaédriques.

On peut citer comme un des gîtes les plus importants de cette région, celui de Guldness, dans le Sillejord: les minerais de cuivre pyriteux et panaché y sont argentifères, et le cuivre qu'ils fournissent renferme environ un centième d'argent. Les sulfures sont disséminés, sur une largeur de 35 à 40 mètres, dans une

(1) *Annales des mines*, 3<sup>e</sup> série, t. XV, p. 189 et 290.

masse de quartz feldspathique et talcifère, associée à des couches quartzeuses et argilo-schisteuses. Il y a des concentrations par places sous forme de nids ; d'ailleurs on observe aussi, mais en quantité moindre, des pyrites cuivreuses dans des veines de quartz et des filons de diorite qui traversent le gîte. Cette dissémination du minerai de cuivre dans des roches différentes par leur nature, par leur disposition et leur origine, est un fait dont on trouve de nombreux exemples en Scandinavie, et que j'ai déjà signalé dans mon mémoire sur les mines du nord de l'Europe ; il est très manifeste à Falun.

Le groupe d'Omdal se trouve vers l'extrémité méridionale de la formation quartzeuse du Tellemark, près de l'endroit où elle se termine au milieu du gneiss. Les masses quartzeuses qui contiennent principalement le minerai de cuivre (pyriteux et panaché) sont accompagnées de diverses roches cristallines, de micaschistes, de gneiss et de roches granitiques. M. Keilhau a fait observer (*Gæa*, p. 444) qu'à la mine de Mosnap, où, avec le cuivre pyriteux et panaché, il y a un peu de molybdène sulfuré, le gîte présente une étendue au moins trois fois plus grande dans le sens de la pente que dans celui de la direction, de façon qu'il a la forme d'un cylindre aplati dont l'axe longitudinal serait incliné. J'ai signalé précédemment (*Mémoire sur les mines*, déjà cité, p. 281) beaucoup d'exemples d'une telle manière d'être, ainsi dans les mines de Tunaberg, dans celles des environs de Røraas, etc. Les gîtes où l'on remarque ce caractère ne peuvent pas être considérés comme de véritables couches ; leur disposition est intermédiaire entre celle des amas et des couches métallifères.

Le gîte de Moberg, qui fait partie du groupe d'Omdal, ne consiste pas en une fahlbande, mais en un filon épais de 1 à 4 mètres, qui coupe verticalement des couches de schiste amphibolique faiblement incliné. D'après M. Keilhau, un des côtés du filon est formé de granite, la partie médiane consiste en quartz pur, et l'autre côté en un mélange de quartz et de mica, qui contient le cuivre pyriteux et panaché, ainsi que du bismuth telluré-sélénifère.

Suivant le même géologue, il y a aussi dans la vallée de Tudal, près de Raundal, une roche de quartz micacé, que traverse un système de fissures colorées en vert par de l'oxyde de chrome ; cela forme comme une bande chromifère, que l'on peut suivre sur une étendue de plus de 1000 mètres.

La formation quartzeuse du Tellemark est remarquable, non-seulement par ses minerais métalliques, mais encore par la présence de substances intéressantes, telles que la cyprine, ou idocrase bleue, qui est associée à de la sodalite dans une couche quartzeuse, subordonnée à du schiste amphibolique ; auprès est un autre banc de quartz contenant du cuivre panaché. On a aussi trouvé de l'idocrase verte avec du talc, de la chlorite et de la dolomie, dans du quartz, près de Raundal.

## Formations quartzoschisteuses de la Scandinavie centrale.

*Disposition géographique.* — Ces formations occupent dans la partie centrale de la Scandinavie une longue zone de terrain, dirigée du S. S. O. au N. N. E., et se prolongeant du 60° au 66° degré de latitude. On ne voit pas cette bande sur la côte même de l'Océan Atlantique, mais elle s'étend d'une manière continue, depuis le fond des principaux fiords jusqu'à 1 degré environ de longitude à l'est de la frontière Suédo-Norvégienne, dont elle suit à peu près la direction, de manière à constituer la partie occidentale de la province Suédoise du Jemtland.

Du lac Unea situé sous le 66° degré de latitude, au bord de la frontière norvégienne, la limite occidentale du terrain quartzo-schisteux se dirige vers le fiord de Drontheim, en suivant la vallée du Nams Elv, et présentant une disposition parallèle à celle du littoral. Un peu au midi du fiord de Drontheim, elle s'éloigne davantage de la côte, et se porte vers le sud jusqu'au massif du Sneehättan; après avoir décrit à l'entour un arc de cercle, elle se dirige vers le groupe de pics de l'Iötunfield, le long duquel on la voit former comme une lanière. Plus au sud, la limite du terrain quartzo-schisteux se dessine d'une manière beaucoup moins nette que dans la province de Drontheim; elle présente des inflexions un peu irrégulières, qui sont généralement en rapport avec la forme des diverses branches du Sognefiord et des vallées qui y aboutissent. Les schistes semi-cristallins occupent généralement la partie supérieure des hautes plates-formes qui bordent ce golfe remarquable, tandis que les flancs et le pied sont composés de gneiss et de ces roches amphibolico-diallagiques et grenatifères, que nous avons décrites précédemment (p. 54).

La même relation a lieu encore plus au sud; le gneiss primitif affleure au fond des vallées, tandis que la crête des plateaux est habituellement formée de schistes argilo-feuilletés plus modernes. Cependant ces schistes se prolongent à l'ouest dans la vallée de Voss et de Vinje, entre les golfes de Sogne et de Hardanger; on observe aussi, au sud-est du Hardangerfiord, une petite région schisteuse, qui paraît appartenir au même terrain; elle s'étend vers le sud jusqu'auprès du 59° 1/2 degré de latitude, et offre comme point culminant la montagne de Haarteig.

Si nous remontons vers le nord-est, nous voyons le terrain quartzo-schisteux former le massif des Hallingskarven, où prennent naissance les principales branches du Hallingdal. Dans plusieurs de ces vallées, et au fond de celles qui divergent du Fillefield, on voit affleurer en divers endroits du gneiss primitif, ou les schistes cristallins qui en dérivent, et sur lesquels s'appuient transgressivement les roches quartzo-schisteuses du groupe semi-cristallin. Du côté sud-est, ce groupe est limité par le terrain silurien du lac Miösen, qui s'étend de la vallée de l'Etna Elv jusqu'à celle du Klar Elv. Un peu plus au nord-est, il est borné par la formation de grès rougeâtre de la Dalécarlie occidentale, formation que M. Murchi-

son considère comme représentant le vieux grès rouge. La limite orientale de la zone semi-cristalline que je décris s'élève de là vers le nord, en traversant l'ouest du Herjedal et du Jemtland, dans un sens à peu près parallèle à la frontière Suédo-Norvégienne ; elle passe immédiatement à l'ouest de la montagne d'Åreskutan, se recourbe un peu autour de ce massif, et se porte ensuite vers le N. N. E., jusqu'un peu au delà du 66° degré de latitude ; c'est là que paraît se terminer le terrain quartzo-schisteux, à peu de distance du Nasafeld.

*Configuration orographique.* — Dans une grande partie de son étendue, la zone semi-cristalline, dont je viens de tracer les limites, se distingue nettement par sa configuration orographique de la région de gneiss située à l'ouest : le contraste est surtout très marqué entre le 63° et le 62° degré de latitude. Le gneiss du Dovrefield occidental, du Romsdal, et du nord de la province de Bergen, présente des formes bien plus hardies et un aspect plus imposant que les schistes feuilletés qui composent le Dovrefield oriental et les environs de Røraas. Les plateaux formés de terrain primitifs s'élèvent assez, dans quelques parties, pour être couverts de neige permanente, et l'on y voit surgir des pics dont la hauteur surpasse 2,000 mètres, et atteint 2,295 mètres au Sneehättan. Mais, dans la région de schistes semi-cristallins située entre 62 et 63°, on voit à peine quelques cimes isolées, dont la crête soit blanchie par la neige ; les plates-formes environnantes ne s'élèvent au-dessus de la limite de la végétation arborescente (ici à 900 mètres au-dessus de la mer), que dans leurs parties les plus hautes ; aussi l'on y voit de vastes surfaces garnies de pins et de bouleaux. D'ailleurs, si l'on monte sur un des sommets situés à la séparation des deux zones, gneissique et semi-cristalline, on reconnaît une différence frappante dans la forme des montagnes que l'on voit s'élever à l'est et à l'ouest : celles qui se trouvent du côté oriental ont des formes beaucoup plus douces, si l'on excepte quelques cimes isolées ; les flancs de ces protubérances sont arrondis, et en partie couverts de végétation : à l'entour sont de larges vallées, à pentes faibles, ou de vastes dépressions. Mais dans la région gneissique on voit se dresser un grand nombre de pics élancés, de cimes bordées d'escarpements qu'il est impossible de gravir. Les vallées ne sont, pour la plupart, que de profondes crevasses, encaissées entre des murs de rochers décharnés, à la crête desquels semblent suspendues des masses de glace et de neige. La nature revêt une physionomie plus sauvage, un caractère à la fois plus sévère et plus grandiose.

On se demande si la cause de ce contraste ne tient pas à l'inégale résistance qu'opposent aux agents atmosphériques les roches siliceuses du terrain gneissique et les couches friables, en partie argileuses, des schistes semi-cristallins. Cette circonstance a évidemment contribué à produire les effets que nous venons de signaler : il est incontestable que les roches argilo-schisteuses ont subi une dénudation beaucoup plus profonde, qui a dû adoucir l'âpreté de leurs formes. Cependant l'inégalité de consistance des roches me paraît être insuffisante

pour expliquer un contraste aussi marqué : au midi du 63° degré de latitude, c'est dans la zone médiane et occidentale de la Norwége que les causes de soulèvement et de dislocation ont agi avec le plus d'intensité. Entre le 63° et le 62° degré, les principaux centres d'action de ces forces ont été placés dans la zone gneissique, à peu de distance de sa lisière orientale; aussi les schistes semi-cristallins ont été relevés sur les flancs des montagnes de gneiss. Plus à l'est, ces schistes ont éprouvé des soulèvements remarquables en ce qu'ils semblent avoir eu lieu sur des points isolés, comme des soulèvements d'origine volcanique. Mais il n'y a point eu de déchirures rectilignes, longues et profondes, comme dans le terrain primitif; et les montagnes de la contrée de Røraas n'offrent point ce caractère de crevassement qui semble particulier à la zone littorale.

Au midi du 62° degré de latitude, le contraste que je viens de faire connaître est moins marqué: alors les roches du groupe azoïque supérieur sont plus siliceuses; elles ont été moins fortement dénudées par les agents atmosphériques. D'ailleurs, en s'avancant vers le sud-est, le terrain semi-cristallin s'étend en partie sur la zone qui a été le plus fortement affectée par les causes de dislocation; et même la syénite qui constitue l'Iötunfield, c'est-à-dire le massif culminant de la Scandinavie, se trouve placée à peu près à la séparation des deux groupes, et est elle-même bordée par une ceinture de schistes feuilletés, semi-cristallins.

*Constitution géologique du Jemtland.* — Décrivons maintenant les caractères géologiques du terrain quartzo-schisteux de la Scandinavie centrale, en commençant par la portion orientale, par celle qui affleure dans l'ouest du Jemtland. Cette province suédoise offre beaucoup d'intérêt au géologue, d'abord à cause de ses mines de cuivre, et puis parce que l'on y trouve trois sortes de formations, appartenant aux trois principaux groupes de terrains anciens, au terrain primitif (gneiss et autres schistes cristallins), au terrain semi-cristallin (schistes argilo-feuilletés azoïques), et au terrain silurien.

Lorsqu'on s'avance d'Östersund vers l'ouest, après avoir dépassé l'extrémité occidentale du Storsjön (ou lac d'Östersund), on longe le lac Liten, qui occupe le prolongement de la même dépression; là continuent à affleurer des roches de schiste argileux, de grauwacke et de calcaire à Orthocères, qui représentent l'étage inférieur du terrain silurien. Ces couches se prolongent jusqu'au point où l'on atteint le lac Kallu, si l'on s'avance vers le nord-ouest, et jusqu'au village de Stammgårde, si l'on suit la route de Drontheim, qui longe le bord du fleuve Åre, en se déviant un peu vers le sud-ouest, parallèlement au contour du massif primitif d'Åreskutan. Ce massif renferme la cime culminante du Jemtland et de la portion adjacente de la Norwége; il domine les montagnes de la zone limitrophe, dont il est nettement séparé par la dépression où gît le lac Tengsjön. Il s'en distingue d'ailleurs par sa composition: sur ses pentes viennent s'appuyer, du côté oriental, le terrain silurien, et du côté occidental, le terrain de schistes argilo-feuilletés azoïques. La partie médiane et la plus élevée du massif est composée de

schistes cristallins, qui dépendent du terrain primitif et qui ont tantôt les caractères du gneiss, tantôt ceux d'un micaschiste passant fréquemment à du quartz schisteux et micacé. On y trouve aussi des bancs de schiste amphibolique ou d'amphibolite schisteux et de calcaire lamelleux; dans ces roches sont quelquefois intercalées des veines granitiques d'une petite épaisseur. Les couches quartzzeuses et micacées sont imprégnées en beaucoup de points de pyrite cuivreuse; à Bielke et à Gustafsberg, sur le versant septentrional d'Åreskutan, ce minerai de cuivre donne lieu à d'importantes exploitations.

Dans la partie méridionale du massif d'Åreskutan, les schistes cristallins suivent des directions comprises entre le N. O. et l'O. N. O., directions à peu près parallèles à l'axe longitudinal de cette montagne, qui est disposée en dos d'âne; mais, sur les bords, les directions tendent à se rapprocher du méridien, surtout du côté oriental. Ainsi aux environs d'Hjerpen, à l'extrémité S. E. du lac Kalln, les couches de schiste quartzeux, micacé et amphibolique, s'ondulent des deux côtés de la ligne N. S. Aux environs de Stångårde, elles courent moyennement du N. N. E. au S. S. O., avec pente de 45° au N. O. Les couches siluriennes voisines de ce village sont un peu ondulées; néanmoins leur stratification diffère de celle des schistes cristallins, car leur direction varie du N. à l'O. N. O., et leur pendage est faible; il paraît y avoir discordance, à la fois sous le rapport de la direction, et sous celui de l'inclinaison. Près de Hjerpen, la relation de contact des deux terrains est moins évidente, car les couches siluriennes, de même que les schistes primitifs, sont très ondulées; les unes et les autres ont une forte inclinaison.

*Terrain semi-cristallin entre la région d'Åreskutan et le golfe de Drontheim.*  
— A 20 et quelques kilomètres à l'O. N. O. de la limite du terrain silurien, près de l'extrémité occidentale de la montagne d'Åreskutan, on voit succéder au gneiss des couches de schistes feuilletés, qui par ici sont rarement quartzeux, et qui offrent beaucoup d'analogie avec les schistes luisants et feuilletés provenant de la transformation éprouvée par les schistes paléozoïques, à l'approche des grandes masses de granite dans l'ouest de la France et dans les Pyrénées. La couleur des schistes du Jemtland varie du gris blanc au gris foncé, gris bleuâtre et verdâtre. Ils ont tantôt l'aspect micacé, tantôt l'aspect chloriteux. Souvent il y a des feuilletés de mica ou de chlorite, répandus au milieu d'une pâte grise, qui paraît amorphe ou argileuse au premier coup d'œil; mais, en l'examinant à la loupe, on y reconnaît une multitude de grains cristallins. Néanmoins nous donnerons à cette roche le nom de *schiste argilo-feuilleté*, *argilo-micacé* ou *argilo-chloriteux*, suivant que les feuilletés qui y brillent se rapprochent davantage du mica ou de la chlorite. Ces divers états du schiste se succèdent les uns aux autres d'une manière graduelle, et tout à l'heure nous allons voir ces roches passer à un véritable schiste argileux et à de la grauwacke, accompagnés de couches offrant les caractères incontestables d'un dépôt de sédiment.

Mais d'abord indiquons les rapports de position du terrain primitif et du terrain semi-cristallin. Quand on suit la route de Sundswall à Drontheim, c'est près de Forssa que l'on voit disparaître les roches primitives; à l'est de ce village affleure un ensemble de couches de gneiss, de micaschiste et de schiste amphibolique, contenant quelques bancs de calcaire lamelleux, micacé; on y voit aussi interposées quelques veines feldspathiques. Dans le village même, et à l'ouest, affleurent des schistes gris, luisants, feuilletés, analogues à du schiste argileux modifié, et courant à peu près du nord au sud. Ici et plus loin ils plongent constamment vers l'ouest; ainsi il est clair qu'ils recouvrent le terrain gneissique, mais le contact immédiat n'est pas visible, et les ondulations des schistes cristallins primitifs ne permettent pas de constater si la stratification est ou n'est pas concordante: néanmoins elle m'a paru être plutôt concordante.

C'est à environ 5 myriamètres après avoir dépassé la ligne de contact du gneiss et du terrain semi-cristallin, que le voyageur marchant vers l'ouest arrive à la frontière norvégienne, qui coïncide avec la ligne de partage des eaux entre le golfe de Bothnie et l'Atlantique. Là est une plate-forme élevée d'environ 650 mètres au-dessus de la mer, en partie couverte de bouleaux, et présentant de petites dépressions occupées par des lacs. A la surface s'élèvent quelques cimes dont l'altitude est notablement inférieure à celle d'Åreskutan. On arrive insensiblement à cette zone limitrophe; et, si l'on n'est pas encore familiarisé avec la disposition en plateaux des montagnes de la Scandinavie, on cherche vainement de l'œil la crête que l'on croit avoir à franchir pour entrer en Norvège. Après avoir marché pendant quelque temps sur cette plate-forme, on descend dans la vallée de Suul, appelée aussi vallée d'Indal, par des pentes un peu rapides, et qui contrastent avec l'inclinaison à peine sensible du plan incliné que l'on a suivi pour arriver à la frontière de Norvège. On continue d'ailleurs à voir affleurer le terrain de schistes feuilletés, présentant les caractères exposés précédemment: on y observe quelquefois des variétés remarquables; ainsi je ne puis passer sous silence le beau type de schiste qui affleure un peu à l'est de la maison de poste de Stallstjernstuga; c'est un schiste blanc, feuilleté, micacé, dont les lits sont traversés par de grandes aiguilles d'amphibole verdâtre, qui s'y entrecroisent, et affectent la même manière d'être que les cristaux de staurotide et de disthène dans le schiste talqueux du Saint-Gothard.

Dans certaines parties de la vallée de Suul, les schistes se montrent peu cristallins et semblables à du schiste argileux proprement dit; quelquefois ils sont noirs et imprégnés d'ampélite, comme on le voit un peu à l'est du relai de Suul. Leur stratification générale n'offre pas de variation bien considérable; ils continuent à plonger vers l'O. N. O., et leur direction moyenne est voisine du N. N. E., c'est-à-dire à peu près parallèle à la ligne médiane de la zone montagneuse qui s'étend d'ici vers le Nordland et la Laponie.

Entre les hameaux de Suul et de Garnøes on observe des couches de schistes

feuilletés, micacés, entremêlés de veines d'une espèce de granite à gros grains, qui a peut-être contribué à faire naître cet aspect un peu plus cristallin que dans les parties adjacentes. Un peu avant d'arriver à Garnœs, on voit affleurer du quartzite schisteux, gris bleuâtre, et une grauwacke schisteuse, grise, chargée de particules siliceuses. Le pendage qui, depuis le commencement de la formation semi-cristalline, était vers l'O. N. O., a lieu maintenant vers le S. E. Un peu après Garnœs, le schiste feuilleté renferme des couches de calcaire gris, compacte, n'ayant aucune apparence de cristallinité, et ne paraissant pas différer des calcaires paléozoïques autrement que par l'absence de fossiles. La cassure en est inégale, un peu schisteuse; la couleur est grise et d'un gris bleuâtre: des schistes argileux un peu luisants et des schistes feuilletés l'accompagnent. La direction des couches, qui précédemment variait du N. N. E. à l'E. N. E., tend à passer ici à l'O. N. O. et à l'O., mais sans qu'il y ait discordance de stratification, car on voit le calcaire compacte courir dans une partie au N. E., et tout auprès s'infléchir pour prendre la direction O. N. O.

On arrive ensuite dans la plaine de Verdalsören, remarquable par ses belles et nombreuses terrasses, que les eaux de la mer ont façonnées régulièrement à une époque récente. J'ai exploré les coteaux qui bordent cette ancienne baie: du côté septentrional, aux environs de Syckestad, j'ai vu les roches schisteuses offrir un aspect cristallin tout à fait inattendu; on y distingue des lamelles feldspathiques, mélangées de grains de quartz et de paillettes micacées. Le schiste feuilleté passe alors au gneiss et est accompagné de schiste amphibolique verdâtre: je n'ai pu reconnaître aucune cause qui ait déterminé cette modification; peut-être tient-elle à quelque roche massive de granite ou de syénite, qui n'est pas visible à la surface, ou qui se trouve à quelque distance de là.

Au midi de Verdalsören, entre ce petit port et le village de Tunœs, affleurent des schistes feuilletés, gris et d'un gris noirâtre, tendant à devenir micacés; ils renferment des bancs de calcaire gris, compacte, semblable à celui déjà observé à l'ouest de Garnœs, et c'est probablement la prolongation du même groupe de strates; la direction n'est pas ici très différente; les couches courent à l'est quelques degrés nord, et plongent de 30 à 40 au sud.

Plus loin, en suivant la route de Drontheim, qui passe par Levanger et Hove, on voit se continuer les schistes feuilletés, gris et noirâtres; leur direction repasse de l'E. à l'E. N. E. et au N. E. Près de Hove, ils offrent accidentellement un aspect cristallin; ils renferment beaucoup de feuilletés de mica noir, associés à des grains de quartz: on y voit même quelques grains feldspathiques, dont la présence détermine un passage vers le gneiss. Mais un peu plus loin, vers Hammer, la roche reprend les caractères d'une masse feuilletée, chloriteuse, grise et verdâtre, dont les directions un peu ondulées sont généralement comprises entre le N. N. E. et l'E. 35 N.; la pente qui, depuis Garnœs dans la vallée de Suul, était au S. E., repasse au N. O.

Au delà, sur la route de Levanger à Drontheim, les schistes feuilletés offrent de temps en temps l'apparence d'un schiste argileux, un peu luisant, faiblement modifié, se continuant jusqu'à la petite baie de Storfiord, où vient se jeter une rivière un peu considérable, et là se trouve le bourg de Verneoes, appelé aussi Stordal, du nom de la vallée environnante. Avant d'y arriver, on remarque en plusieurs endroits, principalement entre Vordal et Forbord, une roche amphibolique verte, lamelleuse, interposée au milieu des schistes; et, à 1 kilomètre au sud du village de Forbord, on voit affleurer des couches d'un calcaire gris, un peu schisteux, à texture compacte ou sublamelleuse; il est accompagné de schiste argileux, gris et gris bleuâtre, dépourvu d'aspect cristallin.

*Poudingue de Heel.* — Sur le bord gauche de la rivière de Stordal, près du village de Heel, affleure un poudingue ou conglomérat, renfermant une multitude de gros cailloux roulés, qui ont jusqu'à 50 centimètres de longueur. Ils sont en général bien arrondis; quelques-uns cependant sont simplement émoussés sur les angles: j'en ai observé aussi qui ont une de leurs extrémités un peu aiguë, et parfois il y en a d'une apparence réniforme; néanmoins il est impossible de douter que ce soient des fragments détachés de roches plus anciennes. Beaucoup sont formés d'une espèce de leptinite à grains fins, gris blanchâtre, très quartzeux, et d'un granite à petits grains; d'autres consistent en schiste micacé et en schiste feuilleté verdâtre. Ces cailloux sont entassés irrégulièrement, et cimentés par une pâte de schiste argileux d'un gris foncé. On voit de nombreuses veines blanches et translucides de gypse grenu, de chaux carbonatée lamelleuse, et de quartz, serpenter entre les cailloux de ce poudingue, et les couper quelquefois. La masse n'est pas très clairement stratifiée; cependant elle paraît courir à l'O. N. O. Elle est bordée de couches de schiste argileux gris bleuâtre, un peu luisant, qui est très ondulé et varie en direction du nord à l'est. Un peu plus loin au sud-est, ce schiste est accompagné de quartzite grenu, d'un gris bleuâtre; puis on voit réparaître le poudingue bien caractérisé, contenant ici, avec le granite, des galets de quartzite et de calcaire gris, faiblement cristallin; la pâte qui les enveloppe est argileuse. Ce conglomérat est accompagné de schiste argileux, et ne diffère pas notablement de certains poudingues, à pâte de grauwacke, que l'on trouve dans les terrains de transition de la France occidentale: les galets sont entassés dans certaines couches; dans d'autres, ils sont parsemés au milieu de schistes argileux, et la roche forme alors un schiste poudingiforme, comme il y en a beaucoup en Bretagne. Un peu plus loin vers l'est, on voit affleurer du schiste gris verdâtre et gris bleuâtre, avec de la pierre calcaire grise, subcompacte, et à petites lames, dont la direction varie du N. N. O. au N. E.; les couches sont ondulées, et leur inclinaison est généralement forte. On a donc ici un ensemble de roches évidemment sédimentaires, poudingue, schiste, grès et calcaire compacte.

*Bande poudingifère.* — Ce poudingue ne paraît pas former une petite masse isolée, mais une bande dirigée du N. E. au S. O., car je l'ai encore vu affleurer à 5 myriamètres au S. O., en masses considérables, dans la vallée de Guul, entre les bourgs de Melhuus et de Stören, principalement aux alentours du village de Voiland. Ici les galets de quartz blanc abondent, et sont mélangés de galets de granite à grains moyens et de pétro-silex gris. Tantôt ils sont entassés confusément, tantôt ils sont couchés dans le sens de la stratification; la pâte qui les entoure est grenue et subschisteuse, offrant un mélange de détritits argileux, quartzeux et feldspathiques; c'est comme un ciment de grauwacke à petits grains. La direction moyenne des couches est le N. 40° E.; elles plongent fortement au S. E.; si l'on suppose que ce poudingue se prolonge vers le N. O., suivant la même direction, il ira passer à l'embouchure de la rivière de Stordal, à l'endroit même où se trouve le conglomérat de Heel, que nous avons décrit tout à l'heure. Cette roche forme donc une bande qui doit traverser la vallée du Nid-Elv, près de l'extrémité occidentale du lac Sælbo. Elle est accompagnée, dans la vallée de Guul, de grauwacke schisteuse, grise, parsemée de points brillants, de schiste argileux, de schiste ampéliteux, noirâtre, et de calcaire gris, subcompacte, offrant aussi quelques lamelles. En diverses parties, les schistes sont assez fissiles pour être exploités comme pierre à ardoise. Cet ensemble de couches est redressé verticalement et régulièrement stratifié; cependant on y remarque un eurite contenant de petites lames d'un feldspath qui a l'apparence de l'albite, et de petits cristaux de quartz disséminés au milieu d'une pâte grise, pétro-siliceuse.

Les couches de poudingue, de calcaire compacte, de schiste argileux, de grauwacke et de grès que je viens de décrire, sont interstratifiées, d'une manière concordante, au milieu de la zone de schistes feuilletés que nous avons vue commencer à affleurer immédiatement à l'ouest du massif d'Åreskutan. Cependant je ferai observer que, dans cette bande de schiste argileux, de calcaire compacte et de conglomérat, les couches de la partie orientale plongent au N. O., et celles de la partie occidentale inclinent généralement au S. E. Leur ensemble forme donc une sorte de fond de bateau, ou de bassin, dont les parois sont redressées et s'appuient sur le vaste dépôt schisteux qui recouvre le gneiss primitif. Néanmoins il n'y a pas de séparation bien marquée entre les couches de la bande poudingifère et les schistes feuilletés situés au-dessous; on observe même entre ces deux séries des passages pétrographiques insensibles. Dans le système supérieur il y a des schistes micacés et chloriteux, et l'on y rencontre même, comme dans le système inférieur, du schiste amphibolique et des couches qui rappellent le gneiss par la présence de grains feldspathiques; on y trouve aussi quelquefois des bancs d'une roche euritique, schisteuse et gneissiforme.

Néanmoins cette assise supérieure du terrain argilo-feuilleté se distingue par son aspect généralement moins cristallin que celui des schistes sous-jacents, et

par la présence de roches dont l'origine sédimentaire est incontestable. Elle se prolonge vers le N. E. jusqu'au 65° 1/2 degré de latitude, en suivant une disposition parallèle à la limite occidentale du terrain semi-cristallin. Sur les rives du lac Snaasen, un peu au nord du 64° degré de latitude, on voit affleurer une série très étendue de couches calcaires à grains fins, accompagnées de schistes argilo-feuilletés. On observe encore au N. E. de ce lac du schiste argileux, noir, ampéliteux et alunifère; il y a aussi du quartzite dans la même région.

Plus au N., dans le Susendal, une des branches de la vallée de Vefsen, située près du 65° 1/2 degré de latitude, M. Keilhau a observé (*Gæa*, p. 412) un conglomérat contenant des galets de quartz entourés d'une masse sableuse. Ce poudingue, qui est associé à des couches calcaires et schisteuses, se trouve sur la direction de la bande calcaréo-poudingifère des environs de Drontheim; aussi j'ai prolongé cette bande jusque là; peut-être s'étend-elle encore plus loin vers le N. N. E., au delà du 66° degré de latitude, jusqu'au point où se termine la zone des schistes semi-cristallins; mais je n'ai pas de données suffisantes pour motiver une pareille extension.

Au bord oriental de cette zone poudingifère, sur la montagne de Portfield, et aux alentours (sous 64° 1/2 de latitude), se trouvent des roches feuilletées, des schistes micacés et amphiboliques, dont une variété décrite par Tilas et par M. Keilhau (*Gæa*, p. 400) présente l'aspect d'un pseudo-conglomérat. On y voit au milieu du micaschiste des sortes de concrétions quartzieuses, dont quelques-unes ressemblent à des cailloux roulés; mais plusieurs sont recourbées et allongées suivant la schistosité de la roche: elles prennent même la forme de plaques lenticulaires, épaisses de quelques centimètres, sur 4 à 5 décimètres de longueur.

Du côté méridional, la bande calcaréo-poudingifère doit s'étendre jusqu'à Opdal, car on trouve près de ce bourg des blocs d'un poudingue analogue à celui de Voiland; ils ont sans doute été détachés de rochers peu éloignés, et ils appartiennent au même groupe de couches que le conglomérat de Heel et de la vallée de Guul. Mais, plus au midi, je n'ai point observé de roches semblables; la bande que nous venons de décrire paraît donc se terminer près d'Opdal; ou du moins, si elle se prolonge plus au sud, elle perd les caractères pétrographiques qui servent à la différencier des schistes sous-jacents.

Ainsi que M. Keilhau l'a indiqué sur sa carte géologique, le fiord de Drontheim forme, dans une partie de son étendue, la séparation entre le terrain argilomicacé et le terrain gneissique situé à l'ouest: quant à l'assise calcaréo-poudingifère, sa limite occidentale passe à l'est de Drontheim; les schistes gris verdâtres, feuilletés, qui affleurent aux alentours de cette ville, sont un peu cristallins; ils ont l'aspect de schistes chloriteux. En beaucoup d'endroits, aux alentours de cette ville, j'ai vu interposée dans ces schistes une roche amphibolique, verdâtre, offrant un mélange de lames d'hornblende verdâtre et de grains feldspathiques, gris blancs: elle présente souvent une légère indication de schistosité. Des veines de

chlorite la traversent en divers sens, présentant les mêmes ondulations et entrecroisements que les *skölar* de la Suède. Un peu à l'ouest de Drontheim, on observe aussi une roche granitique à grains moyens, avec des feuilletés de mica noir et verdâtre, disposés de façon à en rendre la texture veinée. J'y ai remarqué des lames de feldspath, qui m'ont paru être de l'oligoclase.

Les roches qui affleurent à quelques myriamètres à l'est et au sud-est de Drontheim, et qui supportent du côté oriental la série calcaréo-poudingifère, consistent en une masse de schistes feuilletés, argilo-micacés ou chloriteux, analogues à ceux que nous avons observés sur la zone limitrophe de la Norwège et du Jemtland, en allant d'Åreskutan à Verdalsören. Ils en forment sans doute le prolongement, car ils courent entre le N. et le N. N. E.; leur pendage habituel est à l'O. N. O. Ces schistes contiennent souvent des grenats, et l'on y trouve aussi des bancs amphiboliques; le quartzite schisteux ne s'y trouve qu'en lits minces, tandis que nous le verrons former des masses considérables dans le Guldbrandsdal, au midi du Dovrefield.

*Région de Røraas.* Les couches qui renferment les gîtes cuivreux des environs de Røraas (Storvartz, Kongens, Mygg, etc.) offrent des passages du schiste argileux au schiste chloriteux et micacé: on y voit de larges feuilletés de chlorite verdâtre, courbes et ondulés, mélangés çà et là de feuilletés blancs, talqueux, qui donnent à la roche un reflet argenté. Quelquefois la chlorite ou le talc s'y montrent en cristaux tabulaires, hexagonaux, disposés obliquement par rapport au plan de stratification. Les roches qui affleurent aux alentours des mines ressemblent, tantôt au schiste micacé, tantôt au schiste chloriteux, mais c'est dans ce dernier que la pyrite cuivreuse paraît déposée de préférence: dans le gîte principal, celui de Storvartz, elle est disséminée au milieu de la masse schisteuse; mais, aux mines de Kongens et de Foldal, elle est associée en petite quantité à la pyrite de fer jaune, qui forme des bancs intercalés dans les couches chloriteuses.

Les schistes des environs de Røraas sont faiblement inclinés, et dirigés en divers sens: les montagnes qu'ils forment n'ont pas une très grande élévation; la plupart ne dépassent pas le niveau de 1000 mètres au-dessus de la mer: elles présentent des pentes très douces et des surfaces plates à leur sommet. On ne voit aucune cime aiguë, ce qui paraît tenir, d'abord à ce que le sol a été ridé de manière à prendre une forme ondulée, sans offrir de profondes déchirures, et ensuite à ce que les couches sont peu inclinées et d'une facile désagrégation. Entre les plates-formes à bords arrondis, se trouvent de larges dépressions, occupées par de très grands lacs, tels que le Fœmund et l'Öresund, d'où sort la Glommen; c'est seulement un peu au-dessous de Røraas que ce fleuve entre dans une vallée nettement dessinée, bordée par des parois régulières et continues.

Les plateaux ondulés des environs de Røraas présentent un caractère de désolation et de solitude qui m'a rappelé la physionomie des landes de la Bretagne, malgré certaines différences tenant principalement à la plus grande élévation des

montagnes. Dans les parties basses, le climat n'est pas encore assez rigoureux pour empêcher la végétation de se développer ; néanmoins à Røraas, à 657 mètres (1) au-dessus de la mer, les céréales ne peuvent pas arriver à une complète maturité : les alentours de la ville sont presque dépourvus de verdure ; on y voit çà et là des bouleaux chétifs ou des pins rabougris, dont la croissance est arrêtée par la violence des vents. La surface nue du terrain montre d'immenses dépôts de transport, de sable et de gravier, mélangés de cailloux et de blocs erratiques : on n'aperçoit même pas de rochers pittoresques ; de tous côtés, le pays offre un aspect triste et monotone.

La région de Røraas est remarquable par ses mines : outre ses gîtes de minerais de cuivre, qui sont les plus importants de la Norvège, on y exploite de nombreux amas de fer chromé, dont l'existence a été signalée pour la première fois par le professeur Esmarck : le chrome et le cuivre ne se trouvent pas associés dans les mêmes mines, mais leurs gîtes se trouvent dans la même zone, et sont quelquefois très rapprochés. Les principales mines sont situées à l'est de Røraas, à Røhammer, sur la rive occidentale du lac Ferager, et dans la vallée de la Glommen, à la montagne de Faastenén près de Tønset. Les mines de Røhammer et de Ferager paraissent faire partie d'une même zone chromifère, dirigée de l'O. N. O. à l'E. S. E. et longue de plus d'un myriamètre. La direction générale des couches encaissant les gîtes de chrome est de l'E. à l'O., ou de l'E. S. E. à l'O. N. O. ; et c'est dans le même sens que les gîtes sont allongés. Habituellement le fer chromé ne se trouve pas en contact immédiat avec les schistes ; il est enchâssé dans de la serpentine verte ou d'un vert jaunâtre, souvent translucide, affectant parfois un aspect fibreux, et passant à l'asbeste.

Sur les cimes de Røhammer et Ferager, qui contiennent les principales mines de chrome, on observe une roche lamelleuse, diallagique, qui est analogue à la norite d'Esmarck ; elle offre des couleurs variées, d'un vert clair ou d'un vert foncé, et d'un jaune brunâtre dans les parties superficielles, qui sont altérées, et qui présentent comme une écorce épaisse de quelques millimètres. Cette roche est pénétrée de serpentine, et constitue des buttes arrondies, qui ont été polies et striées par les agents erratiques : l'empreinte des sulcatures s'est conservée, malgré l'altération de la roche, sur de vastes surfaces, qui sont nues et privées de végétation. Vu la disposition ramifiée de la serpentine, on peut considérer la roche diallagique, où elle est contenue, comme s'étant étoilée, fendue en divers sens ; et alors un mélange de serpentine et de fer chromé s'est introduit entre les fissures de la roche, qui pouvait se trouver encore dans un état pâteux.

*Région limitrophe à l'est de Røraas.* — Pendant mon séjour à Røraas, j'ai fait une excursion sur les montagnes qui s'élèvent à l'est des lacs d'Öresund (ou Aur-

(1) La hauteur que j'attribue à la ville de Røraas est le résultat moyen de quatorze observations barométriques.

sund) et de Ferager, sur la zone limitrophe de la Suède, afin de me former une idée exacte de la configuration orographique de cette région, où beaucoup de géographes supposent qu'a lieu la jonction des montagnes du nord et du sud de la Norwège. Mais, si l'on monte sur l'une des principales cimes qui se trouvent aux environs de Røraas, on reconnaît que cette contrée, loin de former un nœud de jonction entre deux chaînes de montagnes, consiste en une véritable dépression, séparant les hautes plates-formes du Dovrefield de la série de sommités limitrophes qui commence à l'est du lac Fœmund, et s'étend vers le N. N. E. jusqu'au cap Nord. L'Hummelfield, le Tronenfield et le Sölenfield, qui s'élèvent à des hauteurs de 1800 à 1500 mètres, entre le Dovrefield et la frontière suédoise, sont des sommités isolées, n'ayant aucune connexion entre elles. Le Svukufield, le Vigelnfield, le Rutefield, etc., qui se trouvent sur la frontière suédo-norwégienne, sont aussi des sommités détachées les unes des autres; mais elles forment un groupe à peu près rectiligne, qui est ici dirigé dans le sens du méridien. Sur cette zone limitrophe, le terrain schisteux, semi-cristallin, est entrecoupé par du granite, de la syénite et du porphyre quartzifère; telles sont les roches que j'ai observées sur le massif du Vigelnfield, et sur les montagnes voisines. Sur leurs flancs affleurent des schistes gris blanchâtres, quartzeux et pétro-siliceux; au pied s'étend, du côté de la Suède, la même formation de schistes feuilletés, argilo-micacés et chloriteux, qui constitue les environs de Røraas. Le granite du Vigelnfield est à grains moyens, renfermant des cristaux un peu gros de feldspath rose et du mica verdâtre; il passe à un porphyre quartzifère, dont la pâte grise et pétro-siliceuse contient quelques lames feldspathiques et des cristaux de quartz hyalin. C'est ce porphyre qui forme le sommet principal du Vigelnfield; sur la montagne aplatie qui se trouve immédiatement au N. N. O., et qui fait partie du même massif, affleure de la syénite à petits grains, offrant un mélange de lames verdâtres d'amphibole, de petits cristaux gris blanchâtres d'orthose et d'albite, ou d'oligoclase, avec un peu de quartz. Cette roche est en contact avec le granite, sans que l'on puisse voir de démarcation; un peu plus loin, sur le Dovrefield, nous verrons aussi des passages du granite à la syénite; aussi j'ai cru devoir représenter ces deux roches par la même teinte conventionnelle.

Sur les bords du lac de Malmagen, situé au pied de ces montagnes, du côté oriental, dans le Herjedal, affleurent des schistes feuilletés, chloriteux, gris verdâtres, analogues à ceux de Røraas; mais entre l'extrémité occidentale de ce lac et le village de Voidalen, près de la frontière des deux pays, qui est ici très basse, j'ai observé une variété de schiste singulière: les feuilletés chloriteux y sont contournés autour de noyaux d'une forme généralement arrondie, ayant de 4 à 12 centimètres de largeur, et consistant en un granite à grains moyens, avec orthose rouge clair et mica verdâtre. Quelques-uns de ces noyaux sont un peu anguleux; il en est qui sont composés de quartz blanc. Nous verrons une roche analogue, et d'une origine également problématique, dans la partie septentrionale du Gulbrandsdal.

MM. Hisinger, Hausmann, Esmarck et Keilhau ont cité, sur la rive orientale du lac Fœmund, et au sud de ce lac, des roches bréchiformes et poudingiformes, qui présentent quelquefois un aspect étrange : il y a une sorte de conglomérat, qui, au milieu d'une masse grenue, quartzo-feldspathique, contient des noyaux arrondis de quartz et des fragments d'un schiste rougeâtre. Il y a aussi, principalement au sud du lac Fœmund, une roche bréchiforme, qu'Esmarck a nommée *sparamigte* : elle est talco ou chlorito-schisteuse, d'un gris rougeâtre et gris jaunâtre, translucide sur les angles ; elle renferme souvent des fragments anguleux d'une roche semblable à elle-même, mais d'une teinte tantôt plus claire et tantôt plus foncée. On y voit souvent des parties feldspathiques, du talc ou de la chlorite. Ces roches me paraissent appartenir plutôt au terrain semi-cristallin qu'à la formation paléozoïque située un peu plus au sud, d'autant plus que l'on voit à peu de distance affleurer des schistes feuilletés, auxquels paraissent se relier les roches bréchiformes ou poudingiformes.

La formation de schistes argilo-micacés et chloriteux s'étend depuis la partie occidentale du Herjedal jusqu'aux environs de Jerkind, à l'origine du Folda-Elv, au pied oriental du Sneehättan, qui forme le point culminant du Dovrefield (2,295 mètres). Sur quelques-unes des montagnes qui avoisinent la vallée de la Glommen, ce terrain schisteux renferme des gîtes de fer chromé, ainsi à Faasten, près de Tønset. Il contient aussi plusieurs dépôts de minerai de cuivre, dont le plus important est exploité sur le flanc septentrional de la vallée de Foldal, au-dessus de l'église de ce nom. Il consiste en une couche de pyrite cuprifère, massive, intercalée dans les schistes chloriteux et micacés, auxquels sont associées ici des roches amphiboliques et grenatifères. A peu de distance de là, entre Lillelvedal et Grimsboe, le schiste offre l'aspect d'un thonschiefer un peu luisant, plutôt fissile que feuilleté, renfermant des bancs calcaires d'un gris foncé, peu cristallin.

*Extension des schistes argilo-feuilletés sur le Dovrefield.* — La formation de schistes argilo-feuilletés vient se terminer au pied de la partie la plus élevée du Dovrefield ; sa limite est donc liée aux traits orographiques du pays (1). Les schistes semi-cristallins s'appuient sur le gneiss du Sneehättan, et alors leur inclinaison devient beaucoup plus considérable qu'elle ne l'est aux environs de Røraas. Les couches semblent se redresser à l'approche de ce cône de soulèvement, autour duquel on les voit décrire un arc de cercle ; ainsi, aux environs de Lie, au pied méridional du Dovrefield, elles courent à l'E. N. E. ; près de Jerkind, à l'origine de la vallée de Foldal, elles sont dirigées au N. E. ; plus au nord, près

(1) Le contour que sur ma carte j'ai assigné au terrain gneissique du Dovrefield diffère notablement de la limite tracée par M. Keilhau. D'après cet observateur, le sneehættan serait formé de schistes appartenant au même groupe que les couches argilo-feuilletées situées plus à l'est ; mais cette manière de voir me paraît peu conforme aux caractères pétrographiques et stratigraphiques des roches, de même qu'à la structure orographique du sol.

de Kongsvold, leur direction passe au N. N. E.; à Drivstuen et plus loin au nord, elles continuent à se recourber vers le N. et le N. N. O. La pente est presque constamment vers l'est, ce qui montre que les couches ont été relevées par les mêmes causes qui ont soulevé le Sneehättan et la partie centrale du Dovrefield; ainsi la superposition des schistes argilo-micacés et chloriteux au gneiss est ici manifestement concordante (1).

*Disposition des roches schisteuses du Dovrefield.* — M. Nauman, qui a étudié avec beaucoup de soin et de talent la composition géologique du Dovrefield, a considéré les roches schisteuses comme relevées en forme de manteau autour de la partie centrale. Ayant observé du côté oriental, de même que du côté occidental, une bande de gneiss porphyroïde, il a pensé que ces deux bandes ne formaient qu'une même assise repliée circulairement sur elle-même, et décrivant une surface conique autour d'un point médian. Je n'adopte pas entièrement à cet égard les conclusions de M. Nauman; la disposition des couches me paraît être moins régulière qu'il ne l'a supposé, et d'ailleurs j'ai constaté positivement que le gneiss porphyroïde ne forme pas une seule, mais plusieurs bandes à l'ouest du Sneehättan. J'ai traversé en plusieurs sens la haute plate-forme qui sert de base à cette cime; ainsi, en allant de l'Aamosdal dans le Repthall, du Repthall dans le Skamsthall, et de là dans le Kalvillathal, j'ai vu, sur la partie occidentale du plateau, les couches de gneiss présenter fréquemment des plis et des ondulations. Il est incontestable que les couches situées à l'est du Sneehättan ont été relevées, de façon à plonger régulièrement vers l'est: quant à celles situées du côté opposé, elles inclinent tantôt à l'est, tantôt à l'ouest; et même celles qui affleurent immédiatement à l'O. et au N. O. du Sneehättan m'ont paru incliner plus généralement à l'est qu'à l'ouest (voir ma coupe, figure 8). D'après cette disposition stratigraphique, il semble qu'il y a eu plusieurs lignes ou centres de relèvement des couches. D'ailleurs, il ne faut pas oublier que les schistes de cette contrée montagneuse ne peuvent offrir, dans leur disposition stratigraphique, la même régularité que si elles avaient subi l'empreinte d'un cataclysme unique, lequel aurait produit d'un seul coup le relèvement des strates et la forme générale des accidents orographiques.

En général, il serait erroné de considérer la disposition stratigraphique de tous les terrains qui composent un système de montagnes comme résultant nécessairement des phénomènes qui ont produit les traits les plus saillants. Une telle

(1) Sur le côté occidental du fiord de Drontheim, qui, dans une partie de son étendue, sépare le terrain de gneiss des schistes semi-cristallins, il y a une pareille harmonie stratigraphique; ainsi M. Keilhau a cité près de Lexviken (*Gåva norvegica*, p. 409) un exemple de concordance et même de passage lithologique; mais un peu plus loin au N. N. E., près de Fiskumsfoss, sous le 64°  $\frac{1}{2}$  degré de latitude, il y a, d'après cet habile géologue, une discordance de stratification, car le gneiss y est incliné de 85 degrés vers le sud, tandis que, un peu plus au midi, affleure du thonschiefer brillant, en couches presque horizontales.

dépendance entre les caractères orographiques et stratigraphiques devrait avoir lieu, si le soulèvement d'une chaîne était le résultat d'un phénomène unique; mais il n'en est presque jamais ainsi. Ce sont en général les premiers soulèvements qui ont dû influencer le plus fortement sur la disposition stratigraphique des terrains sédimentaires, tandis qu'au contraire ce sont les derniers qui ont dû donner aux montagnes les traits les plus marqués de leur configuration.

*Schistes des environs de Jerkind.* — Décrivons maintenant les roches qui, dans la région du Dovrefield, constituent la formation semi-cristalline, argilo-feuilletée, et la partie adjacente du terrain gneissique. Les schistes des environs de Jerkind, sur le plateau du Dovre, sont analogues à ceux de la contrée de Røraas, peut-être un peu plus cristallins; ils sont feuilletés, luisants, gris et verdâtres, ressemblant à des schistes argileux fortement modifiés. A une petite distance au sud de Jerkind, sur la rive droite du Folda Elv, ces schistes sont accompagnés de quartzite schisteux, dans lequel on distingue de petits feuillets de mica; sur le flanc de la montagne qui borde le torrent, on voit en contact avec le schiste une syénite à grains moyens, plutôt petits que gros. L'hornblende s'y montre en lamelles allongées, avec du mica brun verdâtre, et avec beaucoup de grains feldspathiques, dont une partie paraît appartenir à l'orthose, et l'autre à un feldspath du sixième système, caractérisé par l'hémitropie concave; il y a aussi des grains de quartz gris, tendant à prendre la forme de prisme hexagonal, dans certaines parties où la masse environnante offre un aspect porphyrique.

Cette roche s'étend vers le sud-est, jusqu'àuprès de l'extrémité orientale du lac Lessøe; mais, aux environs de Fogstuen, l'amphibole disparaît en grande partie dans la roche; et alors, au lieu d'une syénite, on n'a plus, ainsi que l'a observé M. Nauman, qu'un granite ordinaire, à petits grains, composé de feldspath et de quartz gris blanc, avec du mica noir, qui remplace l'amphibole. Une pareille masse de syénite se voit à l'est de Drivstuen, et au sud-est d'Opdal, entre les vallées de la Driva et de l'Ørkel-Elv; elle tend également à se changer en granite dans sa partie centrale. Ces roches cristallines, de même que celles de l'Hötunfield, prennent souvent une structure schisteuse à leur périphérie.

Si l'on s'avance de Jerkind vers le nord, on marche sur des schistes luisants, feuilletés, jusqu'au haut de la plate-forme qui sépare la vallée de Foldal de celle de la Driva; mais, en descendant vers Kongswold, métairie située dans la vallée de la Driva, on voit alterner avec des schistes chloriteux des bancs ondulés de schiste amphibolique, d'un vert noirâtre, et l'on observe aussi des lames d'amphibole répandues çà et là dans certaines couches de schiste chloriteux.

Près de Kongswold affleure du micaschiste gris blanc et gris bleuâtre, formé de feuillets larges et continus, au milieu desquels on voit s'entrecroiser de grandes aiguilles d'amphibole verdâtre. Cette roche, qui ressemble à celle que j'ai citée dans le Jemtland, près de Stallstjernstuga, alterne avec des couches de mica feuilleté; il y en a d'autres, composées d'une masse amphibolique, lamelleuse,

noirâtre : puis viennent des couches micacées, criblées d'une multitude de grenats rouges, de la grosseur d'un petit pois. On voit ainsi alterner une succession de roches schisteuses, remarquables par la variété de leurs cristallisations et par la beauté de leur aspect. Dans le défilé étroit de la Driva, que M. de Buch a comparé à celui de Schöllenen, sur le versant septentrional du Saint-Gothard, les schistes sont très tourmentés et présentent des contournements nombreux : en certains points les couches sont presque horizontales, tandis que tout auprès on les voit se dresser verticalement (1).

*Micaschiste poudingiforme des environs de Drivstuen.* A l'issue du défilé, un peu avant la métairie de Drivstuen, le schiste micacé devient plus quartzeux qu'auparavant ; il montre une alternance de lits siliceux et de lits micacés ; puis on y remarque, près de Drivstuen, des couches d'un aspect poudingiforme, contenant des cristaux blancs et ovoïdes d'orthose, parsemés çà et là, ainsi que des noyaux de granite ou de pegmatite, ayant une forme généralement arrondie, mais se terminant quelquefois en pointe : il y a aussi des noyaux de quartz d'un gris rougeâtre. Les lits siliceux qui accompagnent les couches d'apparence poudingiforme sont discontinus, plus ou moins ondulés ; ce sont comme des lentilles très aplaties, qui, sur leurs bords, semblent se fondre dans la masse environnante.

A 3 kilomètres environ au N. N. O. de Drivstuen, près du village de Vammer, situé sur la rive gauche de la Driva, proche le confluent du torrent de l'Aamosdal, la même roche est très développée, et j'en ai dessiné la disposition, qui est représentée par la figure ci-contre. Ici, dans une masse de feuillettes larges et brillantes de mica gris-foncé et verdâtre, sont enchâssés des noyaux de pegmatite, ou d'une matière feldspathique et un peu quartzeuse, d'un gris blanc, et d'un rouge clair, à lames moyennes et un peu grandes. Le diamètre de ces noyaux varie de 3 à 15 centimètres. Quelques-uns sont un peu anguleux ; mais la plupart ont une forme arrondie, et sont assez nettement séparés de la masse micacée qui les environne, et dont les feuillettes se contournent à l'entour. Plusieurs de ces noyaux sont recourbés, et semblent avoir été dans un état pâteux ; il en est même qui sont comme agglutinés ou soudés ensemble : ils sont, en général, couchés dans le sens de la schistosité, qui présente beaucoup d'ondulations ; mais quelques-uns occupent une position oblique. Nous verrons plus loin une roche d'un genre analogue affleurer, en masse considérable, sur les pentes du Rustenberg, dans le haut de la vallée de Gulbrandsdal. Les couches poudingiformes (2) de Vammer sont associées à du



Vue  
du micaschiste poudingiforme  
de Vammer.

(1) J'ai remarqué en deux endroits, entre Kongsvold et Opdal, un contraste de position entre les couches formant les deux flancs de la vallée de la Driva ; elles sont presque horizontales sur l'un des côtés (le flanc droit), et verticales sur l'autre.

(2) M. Nauman a nommé *gneiss porphyrique* ce micaschiste d'apparence poudingiforme ; mais cette qualification me paraît peu exacte, abstraction faite de toute considération théorique ; il est vrai

schiste micacé, généralement très quartzeux, offrant une alternance de lits chargés de mica, et de lits de quartz schisteux.

Si l'on remonte le vallon de l'Aamosdal, qui conduit à une partie du plateau du Dovre atteignant presque à la limite des neiges permanentes, on marche pendant quelque temps sur du quartz schisteux et micacé, contenant quelques couches poudingiformes; puis, à 5 kilomètres environ de Vammer, presque à égale distance entre ce village et les chalets de l'Aamosdal, on voit affleurer du gneiss très bien caractérisé, à petits grains, renfermant un mélange de feldspath et de quartz gris, avec des paillettes micacées verdâtres; il offre la même stratification que les schistes quartzo-micacés situés à l'est, et auxquels il sert de support: sa direction varie généralement du N. N. E. au N. E., et sa pente est constamment au S. E.

En continuant à s'avancer vers le S. O., on voit encore reparaître dans le terrain gneissique des couches très quartzieuses; un peu avant d'atteindre le haut du plateau, j'ai remarqué dans le gneiss, au milieu du quartz gris et du mica vert, de larges lames d'orthose d'un rouge clair, qui lui donnent un aspect porphyroïde. Au delà, sur la plate-forme qui supporte, du côté nord, le massif du Sneehättan, et que l'on franchit pour aller dans le Repthal, le gneiss contient des bancs de schiste micacé et amphibolique.

Depuis la vallée de la Driva jusqu'ici, les couches plongent constamment au sud-est; mais ici elles s'ondulent en inclinaison, comme en direction: leur pendage est tantôt à l'ouest et tantôt à l'est.

Le terrain de gneiss s'étend partout à l'entour de ce groupe remarquable de vallées rayonnantes, qu'on nomme Linthal, Skiradal, Gruvedal, Repthal et Svisdal; ce sont des déchirures profondes, produites par des dislocations dans la partie nord-ouest du Dovrefield; elles convergent presque au même endroit, et envoient leurs eaux réunies à la Driva, qui coule un peu au nord.

*Vallées du Gruvedal et du Skamsthal.* — J'ai remonté la vallée du Gruvedal, ainsi nommée à cause de ses mines de cuivre et de chrome: la pyrite cuivreuse y imprègne des couches quartzieuses, micacées, amphiboliques et grenatifères, subordonnées au gneiss; elles sont redressées verticalement, et dirigées à peu près parallèlement à cette vallée, du N. N. E. au S. S. O. Non loin de ces mines, un peu au nord, on trouve dans certaines couches de gneiss et de micaschiste des noyaux lenticulaires, quartzo-feldspathiques, et alors la roche rappelle, jusqu'à un certain point, le micaschiste poudingiforme de la vallée de la Driva; mais il y a des différences notables qui distinguent ces roches: dans les schistes cristallins du Gruvedal, les noyaux sont plus petits, et ils ont moins l'apparence de

que, tout à l'heure, nous allons citer sur le Dovrefield du gneiss porphyrique bien caractérisé; mais il me paraît être distinct pétrographiquement et chronologiquement des roches que je viens de décrire, et que je considère comme situées à la base du groupe semi-cristallin.

cailloux roulés; ils sont mieux fondus dans la masse adjacente, et ils offrent davantage l'aspect de cristallisations opérées au sein de la roche.

Entre les cimes de Skrimkolle et le massif du Sneehättan, le plateau du Dovre présente une dépression, où se trouvent plusieurs lacs, dont les eaux donnent naissance au torrent du Skamsthal; ici le gneiss est en général faiblement incliné vers le sud-est: certaines couches renferment encore des noyaux feldspathiques, et forment peut-être le prolongement de celles que nous venons de voir dans la vallée du Gruvedal. A quelque distance au nord-est du lac de Leervand, dans des schistes feuilletés, associés au gneiss, et faiblement inclinés vers le S. E., on exploite des veines de fer chromé, accompagné de serpentine.

Le gneiss qui forme le massif du Sneehättan est, en général, fortement incliné, de 60 à 80 degrés: du côté nord et nord-ouest, de même que du côté oriental, la pente est plutôt vers le S. E. que vers le N. O. Ce gneiss contient une assez forte proportion de quartz, avec du feldspath gris blanc et des paillettes de mica gris et vert; il se divise assez facilement en plaques minces: on y voit des nids de quartz contenant des écailles de fer oligiste. Si du Sneehättan on descend vers Kongsvold ou Jerkind, immédiatement avant d'atteindre la formation argilomicacée et chloriteuse, on voit reparaître l'assise qui en constitue la base, et qui est caractérisée par la présence de noyaux de pegmatite, donnant aux schistes où ils sont enchâssés un aspect poudingiforme.

*Vallée du Guldbrandsdal.* — En s'abaissant du plateau du Dovre vers le Guldbrandsdal, après avoir quitté le granite amphibolique de Fogstuen, on marche sur les schistes feuilletés du groupe semi-cristallin; et, à mesure que l'on s'avance vers le sud-est, on s'éloigne de plus en plus du terrain gneissique. Un peu au delà du bourg de Dovre, on entre dans une gorge étroite, que borde du côté occidental le flanc de la montagne de Rustenberg; ici se montre une roche dont l'aspect poudingiforme est encore plus prononcé que celui des schistes observés précédemment, autour de Drivstuen et de Vammer; c'est un micaschiste, dont les larges feuilletés, gris-verts et gris-blanchâtres, peu mélangés de quartz, se contournent autour d'une foule de gros noyaux, dont la largeur varie de quelques centimètres à 3 décimètres; ils ont des formes très diverses, beaucoup sont arrondis sur leur contour, quelques-uns sont légèrement recourbés. Dans la figure ci-contre, j'ai



Vue  
du micaschiste poudingiforme  
du Rustenberg.

représenté les principales formes de ces noyaux et la disposition des feuilletés micacés qui les enveloppent. Leur composition est variée; il y en a de quartz blanc et de gneiss; mais la plupart sont formés de granite, ou plutôt de pegmatite, contenant un peu de mica et de quartz répandus au milieu d'une masse feldspathique, dont la teinte varie du gris-blanc au rouge-clair, et dans laquelle on distingue un mélange de grandes lames, qui paraissent être de l'orthose et de lames moyennes, offrant l'hémitropie concave, et ressemblant à de l'oligoclase.

Quand on brise les gros noyaux de pegmatite, on trouve quelquefois à l'intérieur de petites druses, formées de grains cristallins de feldspath et de quartz ; c'est probablement à cause de cette circonstance que des géologues ont assimilé ces noyaux à des concrétions (1). Toutefois, si ce sont des débris d'une formation plus ancienne, il semble que plusieurs d'entre eux ont dû éprouver une sorte de cristallisation, depuis qu'ils ont été déposés dans cette masse schisteuse. La singularité des caractères que l'on observe dans la roche du Rustenberg rend son origine un peu obscure ; quand on considère la forme générale et la diversité de composition de ses éléments, on est porté à croire qu'elle a été formée, comme les conglomérats, par la réunion de fragments de diverses roches, en partie roulés, en partie anguleux ; mais ces fragments ont dû éprouver une modification après leur dépôt, de même que la masse schisteuse où ils sont enchâssés. Voici la manière dont M. de Buch a envisagé cette roche (*Voyage en Norwége*, t. I, p. 184) : « Cette roche singulière n'est pas un poudingue ; les parties en sont trop » petites, et la masse principale a trop visiblement les caractères du gneiss ; mais » ce phénomène offre quelque ressemblance avec les poudingues du gneiss de la » Valorsine et du Bas-Valais, que Saussure a fait connaître ; c'est un gneiss ancien, » détruit à l'époque de la formation du nouveau. » Ces derniers mots expriment, sur l'origine du micaschiste poudingiforme du Rustenberg, une idée dont le fond me paraît juste, en ce sens que c'est du gneiss qui a concouru, avec des matières granitiques et quartzzeuses, à fournir les éléments de cette roche conglomérati-forme. Elle constitue, sur environ 7 kilomètres d'étendue, les parois de la gorge où le Lougen-Elv se précipite, de rocher en rocher, jusqu'au village de Lauergaard.

Alors on voit succéder à la roche du Rustenberg du quartzite schisteux, d'un gris clair, et d'un gris blanchâtre, en masse tantôt grenue, tantôt compacte, et fendillée dans la cassure ; il est ordinairement schisteux, ce qui provient en partie du mélange de feuilletés de chlorite verte ; cette substance forme aussi des lits qui alternent avec le quartz schisteux. Les couches courent à l'O. N. O., et plongent de 45 degrés au N. N. E. ; ainsi elles doivent s'enfoncer en dessous des masses poudingiformes du Rustenberg, dont les dernières couches paraissent aussi incliner vers le N. E. ; le quartzite se prolonge un peu vers l'est dans la vallée de l'Otta-Elv ; mais, aux environs de Vaage, le schiste feuilleté paraît être prédominant.

*Succession d'assises de quartzite et de schistes feuilletés dans le Guldbrandsdal.* — Mais continuons à décrire la coupe longitudinale de la vallée du Guldbrandsdal : le quartzite se continue sans interruption, en ne présentant que des lits minces de schistes feuilletés, jusqu'au défilé de Kringelen, où le torrent

(1) M. Hisinger a trouvé de la gadolinite dans les noyaux granitiques de la roche du Rustenberg ; la présence d'un minéral aussi rare tend à faire supposer que ces noyaux proviennent de la dénudation du granite à gros grains, associé au gneiss de la Scandinavie, car c'est le seul granite où l'on trouve de la gadolinite dans le nord de l'Europe.

d'Ulen débouche sur le flanc gauche de la vallée, pour venir se confondre avec le Lougen. Ici le schiste luisant, gris-blanc et gris-bleuâtre, largement feuilleté, et passant au schiste micacé, prend le dessus, et remplace le quartzite ; toutefois il renferme quelques couches quartzueuses, peu épaisses et subordonnées. C'est seulement au sud du village de Solheim que le quartzite redevient prédominant, et probablement il se relie souterrainement avec la masse située plus au nord (voir la coupe, figure 8). D'ailleurs, il offre les mêmes caractères ; il est schisteux, et souvent mélangé de petits feuilletés verts, chloriteux ou micacés. On y voit quelquefois, suivant l'observation de M. de Buch, des druses tapissées de petits cristaux de quartz et d'épidote verte. Souvent les couches de schistes feuilletés qui séparent les bancs de quartzite deviennent compactes, prennent les caractères de la pierre ollaire, et peuvent être employées à la fabrication de poteries, comme la pierre ollaire des Alpes. J'ai aussi observé, à 3 ou 4 kilomètres après le relai de Solheim, des bancs calcaires interposés dans la série des couches quartzo-schisteuses.

Près de Viig, il y a dans le quartzite une assise un peu épaisse de schistes luisants, feuilletés, gris et gris-bleuâtres ; puis le quartzite se continue en grandes masses, jusqu'au delà de Møen : alors il est de nouveau remplacé par des schistes feuilletés, ressemblant tantôt à du schiste chloriteux, tantôt à du micaschiste en feuilletés continus. Près de Frøen, c'est un schiste argileux, fissile, se divisant en plaques minces et larges, qu'on emploie comme ardoises à la confection des toitures. Entre Elstad et Løsness, on voit encore du quartzite, en masses un peu considérables, qui alternent avec des schistes feuilletés.

Ces couches successives, bien que s'ondulant fréquemment, présentent depuis le Dovrefield une assez grande régularité de stratification ; leur direction varie entre le N. N. O. et l'O., quelques degrés N. ; leur pendage est presque constamment au N. A partir de Møen, l'inclinaison devient peu considérable et varie ordinairement de 15 à 30 degrés. C'est immédiatement au sud de Løsness que j'ai placé la limite du terrain semi-cristallin et le commencement de la formation silurienne du Hedemark. Comme les couches azoïques sont un peu ondulées, qu'elles ont une médiocre inclinaison et une faible cristallinité, la séparation des deux terrains n'est pas ici parfaitement tranchée. Néanmoins c'est bien en cet endroit qu'elle paraît avoir lieu ; car, à partir d'ici, commence une série puissante de couches calcaires d'un gris foncé, subcompactes, ressemblant aux calcaires siluriens du midi de la Norwège ; et, dans quelques-unes de ces couches, j'ai remarqué des corps à surface courbe, qui m'ont paru être des débris organiques. D'ailleurs, il est à noter que, depuis le pied du Dovrefield jusqu'ici, la pierre calcaire est rare dans le terrain azoïque semi-cristallin, qu'elle s'y trouve seulement en couches peu épaisses, tandis qu'ici il y en a une masse considérable, dont les couches paraissent être ondulées autour de l'horizon et s'appuyer sur les schistes feuilletés et le quartz-schiste situés plus au nord. On peut remarquer aussi que

les couches situées au midi de Lösness, jusque sur les bords du Miösen, où elles sont liées à des calcaires fossilifères, présentent un aspect beaucoup moins cristallin que celles situées plus au nord; ce sont, outre la pierre calcaire, des grauwackes et des schistes argileux, qui ont tout à fait le facies des roches siluriennes.

Par la coupe que je viens d'exposer (regardez la figure 8), on voit que de Lösness à Solheim, sur une étendue rectiligne de plus de 5 myriamètres, les couches plongent constamment dans le même sens, c'est-à-dire vers le nord. Leur inclinaison moyenne est certainement au-dessus de 20 degrés; si donc, sur cet espace, les couches ne sont pas repliées sur elles-mêmes, leur puissance totale doit s'élever à plus de 45,000 mètres. L'énormité de ce nombre peut jeter du doute sur l'évaluation à laquelle on est conduit; néanmoins, il est certain que la formation quartzo-schisteuse du Guldbrandsdal a une épaisseur très considérable. Nous avons observé, d'ailleurs, que la série des schistes semi-cristallins qui constitue la zone limitrophe, dans l'O. du Jemtland et dans le haut de la vallée de Verdal, a également une très grande puissance (1).

Nous venons de voir que le quartz-schiste est très développé dans le Guldbrandsdal; il l'est beaucoup moins dans la partie du terrain semi-cristallin qui s'étend vers l'ouest: ainsi, dans des explorations que j'ai faites sur le plateau nu et désert qui sépare la vallée du Lougen du massif de l'Ötunfield, j'ai observé des schistes luisants, feuilletés, argilo-micacés et chloriteux, semblables à ceux décrits tout à l'heure, et accompagnés de bancs quartzeux ou quartzo-schisteux, peu épais; les grandes masses de quartzite que l'on voit affleurer sur les rives du Lougen s'amincissent peu à peu vers l'ouest, et se réduisent à de simples couches subordonnées à la grande formation de schistes feuilletés.

*Roches semi-cristallines sur le Fillefeld.* — Sur le plateau du Fillefeld, comme dans la région ondulée qui se trouve à l'est de l'Ötunfield, le terrain semi-cristallin offre à peu près la même composition et le même aspect que nous avons déjà fait connaître en décrivant la contrée située à l'est du Dovrefield et aux environs de Røraas. Il se compose principalement de schistes argileux, plus ou moins feuilletés, qui passent au schiste micacé, ou au schiste chloriteux, quand ils sont un peu doux au toucher. En quelques endroits, ainsi sur les rives du lac Lillemiös ou Vangmiös, entre Quamme et Thune, ils sont fissiles et subardoisiers, de même qu'on le voit aux environs de Frøen dans le Guldbrandsdal. Ces schistes sont accompagnés de couches de quartzite, de schistes siliceux et de schistes argilo-quartzeux, quelquefois peu différents de certaines grauwackes à petits grains et quartzo-schisteuses, qu'on trouve dans le terrain silurien. Ces roches pré-

(1) Dans cette région limitrophe, l'inclinaison des schistes semi-cristallins offre, sur une étendue de plus de 30 kilomètres, une constance remarquable; elle est toujours vers l'O. N. O., et reste comprise entre 20 et 45 degrés. La direction est aussi uniforme, du S. S. O. au N. N. E., de telle sorte que l'épaisseur de cette formation schisteuse ne doit pas s'élever à moins de 7 ou 8,000 mètres.

sentent souvent une épaisseur un peu grande, sur les montagnes qui séparent le Valders ou la vallée du Beina-Elv de celle d'Hallingdal.

*Fréquentes masses de syénite.* — Dans ces régions se trouvent fréquemment des masses de syénite, semblables à celles que nous avons déjà vues sur le Dovrefield et l'Iötunfield ; toutes me paraissent être contemporaines. Entre les lacs de Vinstera et de Heimdal, et plus loin au nord, jusqu'à Sjöadal, le plateau est composé presque entièrement de syénite passant au granite ; cette roche, qui se montre non-seulement sur les hauteurs, mais aussi dans les parties basses, paraît être le prolongement de celle qui forme le massif de l'Iötunfield. C'est un granite amphibolique, à grains moyens et un peu petits, contenant un mélange d'hornblende verdâtre et de mica noir ; il y a aussi des grains quartzeux, répandus au milieu de lames de feldspath gris-blanc et d'un rouge clair, dont quelques-unes présentent l'hémitropie concave, propre aux espèces feldspathiques du sixième système cristallin. On y voit aussi des parties compactes, pétro-siliceuses, et la structure de la roche est quelquefois schistoïde ou veinée. Un peu plus à l'ouest, dans la vallée d'Espedal, une des branches du Gulbrandsdal, se trouve une roche syénitique, formée principalement de labrador et d'orthose, contenant aussi de l'hornblende, du fer titané et un silicate magnésifère, qui est du diallage bronzite ou peut-être de l'hypersthène. Il y a encore dans la même vallée de l'amphibolite, de la pyrite cuivreuse et une pyrite magnétique brune, remarquable, parce qu'elle contient, d'après M. Scheerer, 22 pour 100 de nickel.

Une syénite analogue à celle que nous avons signalée tout à l'heure, entre le lac de Vinstera et le Sjöadal, se montre en beaucoup de points sur le Fillefield ; on la trouve sur les principales cimes de cette région, sur le Bitihorn, sur le Suletind, le Skogshorn, etc. Elle affleure aussi sur les rochers qui séparent les deux lacs Miös et Strand, dans le Valders, et en divers points au bord même de ces lacs. Elle paraît donc avoir joué un rôle important dans les phénomènes qui ont produit cette région montagneuse. Dans cette syénite, l'hornblende est presque toujours accompagnée de mica noir : lorsque ce minéral devient abondant, et remplace l'amphibole, ce qui arrive souvent, la roche passe au granite ; elle prend quelquefois aussi l'aspect d'un eurite, ou d'un porphyre présentant des lames feldspathiques et des grains cristallins de quartz, comme je l'ai observé sur la montagne située au nord de la métairie de Nystuen, et près du lac Miös. La texture schisteuse est fréquente dans certaines parties de cette syénite, et il en résulte un passage au schiste ou au gneiss amphibolique.

*Superposition de roches massives à des schistes semi-cristallins.* — Le sommet de plusieurs montagnes est formé de syénite et des roches schisteuses-cristallines qui lui sont associées, tandis que, sur le penchant, on voit affleurer des schistes argilo-feuilletés et des schistes siliceux, qui paraissent alors être recouverts par un chapeau de roche massive. C'est ce que l'on voit sur le Suletind qui est la cime culminante du Fillefield, et qui s'élève au-dessus d'un plateau composé en ma-

jeune partie de schistes luisants, plus ou moins feuilletés, argilo-micacés. Au-dessus de ce dépôt, on observe des schistes siliceux, des schistes micacés et amphiboliques; on y voit, en outre, des couches contenant du feldspath, et ressemblant au gneiss. Ces schistes, dont l'inclinaison moyenne est d'une trentaine de degrés, sont recouverts par une roche feldspathique à gros grains, qui paraît être une variété de syénite, et qui se divise en bancs parallèles aux schistes sous-jacents.

M. Keilhau a cité (*Gæa*, p. 391) un exemple non moins remarquable de superposition d'une roche massive aux schistes du groupe semi-cristallin; il l'a observé sur le massif des Hallingskarven, qui atteint une élévation de près de 2,000 mètres, et qui s'étend sur plus de 2 myriamètres de longueur, entre la vallée de Hallingdal et le fiord de Hardanger. On y voit une masse granitique, schisteuse en quelques parties, s'élever, sur une hauteur de 3 à 400 mètres, au-dessus d'une série de schistes tendres, dont elle semble former l'assise supérieure; mais il faut observer que les schistes qui affleurent au-dessous de ce granite sont inclinés d'environ 60 degrés.

Les couches de gneiss et de schiste amphibolique, qui se montrent parfois ainsi au-dessus des schistes semi-cristallins, et en connexion avec de la syénite, résultent probablement d'une action métamorphique produite sous l'influence de cette roche; ils n'appartiennent point au terrain de gneiss primitif. D'ailleurs on voit quelquefois, au voisinage de ces masses cristallines, les couches de schistes argilo-feuilletés se charger de silice, et former ainsi une sorte de hornstein, comme l'a déjà observé M. Keilhau.

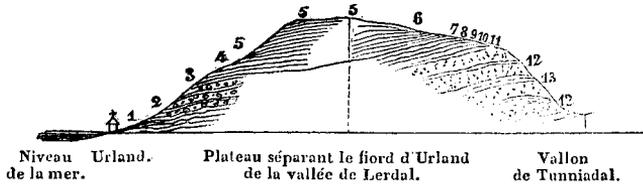
Sur les plateaux situés à l'entour du massif syénitique de l'Iötunfield, les schistes azoïques, semi-cristallins, présentent une stratification un peu ondulée en divers sens; mais les directions les plus fréquentes se trouvent entre le N. N. E. et l'E.; la pente est plutôt vers le S. E. que vers le N. O.; elle est aussi plus ordinairement en dessous qu'en dessus de 45 degrés, et fréquemment les couches sont voisines de l'horizontalité.

Nous avons vu que, sur le Dovrefield, le terrain de schistes semi-cristallins s'appuie, à stratification concordante, sur le gneiss du Sneehättan. Dans la région située au S. O. du massif de l'Iötunfield, et sur le côté méridional du Sognefiord, il y a beaucoup d'endroits où l'on peut observer une pareille concordance, tandis que, sur d'autres points situés plus au midi ou plus à l'est, la superposition est transgressive: citons des exemples de ces deux cas. Aux environs de Vossevangen, au midi du Sognefiord, le terrain gneissique et les schistes semi-cristallins, siliceux et argilo-micacés, présentent la même disposition stratigraphique.

*Exemple de superposition concordante des schistes semi-cristallins au gneiss.*

— J'ai encore observé une concordance analogue sur les montagnes qui séparent le fiord d'Urland, une des branches du Sognefiord, de la vallée de Lerdal; les circonstances que l'on y observe sont assez remarquables pour mériter d'être exposées ici: les deux terrains sont faiblement inclinés; et, dans les couches de

schistes feuilletés, argilo-micacés, qui recouvrent le gneiss, on observe, à l'endroit où a lieu la superposition, une alternance de couches qui, par leurs caractères minéralogiques, peuvent se rattacher à l'un ou à l'autre des deux terrains, comme le montre la coupe ci-jointe.



1° Gneiss mélangé de granite à gros grains, très feldspathique, contenant des lames d'oligoclase; il est d'abord ondulé autour de l'horizon. Un peu plus haut, il court entre l'E. et le N. E., plongeant de 15 à 20 degrés au N. et au N. O.

2° Gneiss porphyroïde, renfermant des nodules allongés, larges de 3 à 6 et 7 centimètres, autour desquels on voit se contourner les feuilletés de mica : ils sont formés d'un mélange de quartz et de feldspath, à petits grains; on y distingue de petits cristaux d'oligoclase. Ce gneiss est analogue à la variété de schiste cristallin, porphyroïde, que j'ai observé à l'entour du Sneehättan; mais, dans le gneiss d'Urland, les noyaux quartzo-feldspathiques m'ont paru être un peu moins distincts de la masse environnante : ils se fondent au milieu d'elle, et ils sont accompagnés de veinules d'une composition analogue. Ce gneiss court à l'E. 35 à 40 N., et plonge de 20 à 25 degrés au N. O.

3° Gneiss ondulé et mélangé de granite, peu écarté de l'horizontalité.

4° Schiste micacé gris bleuâtre, largement feuilleté, succédant au gneiss, à stratification concordante; il est ondulé autour de l'horizon.

5° Schiste feuilleté, intermédiaire entre le schiste micacé et le schiste argileux modifié; la direction varie de l'E. N. E. au N. E.; il plonge de 20 à 30 au S. E. et au N. O. Ce schiste s'étend depuis le niveau de 5 à 600 mètres, du côté de l'Urlandfiord, jusque sur le haut du plateau, à 13 ou 1400 mètres au-dessus de la mer.

6° Schiste micacé passant au gneiss : il y a une succession de bancs feuilletés, composés presque entièrement de larges feuilletés de mica, de bancs quartzeux et de bancs quartzo-feldspathiques; on observe une transition pétrographique d'une roche à l'autre, en même temps qu'il y a une similitude stratigraphique; les couches sont un peu ondulées, mais leur direction générale est au N. E., avec pente de 20 à 35 degrés au N. O.

7° Schiste micacé largement feuilleté, courant au N. 35 à 40° E., avec pente de 25 degrés au N. O.

8° Alternance de gneiss et de schistes feuilletés, ondulés, plongeant à l'O.

9° Gneiss mélangé de granite, courant à l'E. 20 à 30 N., et plongeant de 20 à 30 degrés au S. E.

10° Gneiss contenant des bancs amphiboliques, et souvent mêlé de granite; il court entre le N. E. et l'E. N. E., avec pente au S. E.

11° Gneiss ordinaire, courant entre le N. 30 et 60 E., avec pente de 25 à 40 degrés au S. E.

12° Granite porphyroïde, offrant en certaines parties des indices de schistosité, qui le rapprochent du gneiss; il contient de grandes lames d'orthose et d'oligoclase gris blanc, tirant sur le vert, et d'un rouge clair; elles sont entourées d'une masse à plus petits grains, où brillent des feuilletés de mica noir ou verdâtre. On voit, en outre, dans ce granite une matière compacte, pétro-siliceuse, d'un gris vert clair, répandue çà et là. Ce granite passe, en certaines parties, à la syénite, par la substitution de l'hornblende verdâtre à une partie du mica (1).

13° Lambeaux de gneiss interposés dans le granite porphyroïde; leur direction est généralement comprise entre le N. N. O. et l'O. N. O.; leur pente est au S. O. et au N. E.

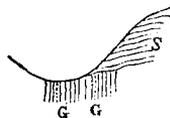
*Exemples de superposition transgressive.*— Citons maintenant des exemples de discordance de stratification entre les schistes semi-cristallins et le gneiss: j'en ai observé dans la vallée du Beina-Elv, entre le lac Vangsmiös (2) et celui de Strand ou de Slidre; les roches argilo-quartzzeuses qui constituent les flancs de cette vallée s'appuient transgressivement, comme on va le voir, sur les schistes cristallins du terrain gneissique. Les coteaux verdoyants qui s'élèvent en pente douce sur la rive méridionale du lac Vangsmiös sont formés d'une alternance de couches de schistesiliceux, ou quartzschisteux, d'un gris bleuâtre, et de schistes argilo-feuilletés, gris et gris bleuâtres, un peu luisants, fissiles en certaines parties, et se rapprochant du schiste ardoisier. Ces couches courent entre le N. et le N. E, plongeant de 30 ou 40 degrés au S. E.

A sa sortie du lac Vangsmiös, le fleuve Beina se précipite, en mugissant, dans une gorge étroite et pittoresque, où l'on voit affleurer des roches cristallines. D'abord c'est du granite oligoclasique, passant à un porphyre parsemé de noyaux cristallins de quartz; ensuite ces roches contiennent de l'amphibole, et prennent alors les caractères de la syénite. Un peu plus à l'est, dans l'intervalle qui sépare le lac Vangsmiös de celui de Strand, on voit, avec cette syénite, des couches (G) de gneiss ordinaire, de gneiss amphibolique et de micaschiste. Ces schistes cristallins courent à l'O. et à l'O. N. O.; leur inclinaison est très forte ou même

(1) J'ai vu aussi, sur le plateau qui sépare le fiord d'Urland du vallon de Tunniadal, des blocs d'amphibolite contenant du fer oxydulé.

(2) Il y a, en Norwége, plusieurs lacs portant le nom de Miös ou Miösen. Outre le grand lac du Hedemark, qui est le Miösen proprement dit, il y a celui de Vangs-Miös (ou Miös de Vang), aussi appelé Lillemiös (petit Miös), qui est situé dans la vallée du Beina-Elv, à l'est du Fillefield; il y a encore un autre lac Miös, situé à l'ouest du Goustafeld, dans la grande vallée du *Maan-Elv*, qui aboutit au fiord de Langesund.

presque verticale. A peu de distance, à l'O. du lac Strand, reposent sur le gneiss (voir la coupe ci-contre) des schistes argilo-feuilletés et des schistes siliceux (S), présentant une disposition ondulée et presque horizontale. D'ailleurs, en explorant la montagne qui borde du côté septentrional la vallée du Beina-Elv et la partie occidentale du lac Strand, j'ai reconnu qu'elle est formée de schistes feuilletés, qui courent entre le N. 20 E. et le N. E., avec une inclinaison de 0 à 30 degrés au S. E. Ces couches s'appuient donc d'une manière transgressive sur le terrain gneissique : il y a discordance évidente de stratification, à la fois en direction et en inclinaison. D'ailleurs, je ferai observer que les schistes semi-cristallins présentent ici une direction et une inclinaison très peu différentes de celles qu'elles offrent à une certaine distance, à l'ouest, sur le bord méridional du lac Vangmiös.



Entre Maristuen et Nystuen, j'ai observé un autre exemple de stratification discordante, qui est remarquable par la position relative des couches ; il est représenté par la figure 2. Le système inférieur se compose de couches de mica-schiste feuilleté et pailleté, dérivant probablement du gneiss, et accompagné de quartz-schiste. Le système supérieur consiste en une série de couches de schiste argileux luisant, d'un gris foncé, et de couches noires, ampéliteuses et pyriteuses, qui, par suite de décomposition, se recouvrent d'un dépôt jaunâtre de sous-sulfate de fer et d'alumine. Quelques-unes des couches sont un peu plus feuilletées que les autres, et passent au schiste chloriteux ; il s'y trouve aussi quelques lits siliceux : leur direction moyenne est du N. 35 O. au S. 35 E., avec pente de 35 à 40° au N. E. Les couches du système inférieur courent entre l'E. N. E. et le N. E., avec pente de 25 à 30° au N. O. Au premier abord, il paraît singulier qu'elles aient une inclinaison moins forte que les couches du système supérieur ; mais ce fait n'est point inexplicable ; car, pour s'en rendre compte, il suffit de concevoir qu'après le dépôt des couches supérieures, il y ait eu un soulèvement produit par des forces agissant obliquement, de bas en haut, du S. E. vers le N. O. ; alors les couches du système inférieur, qui déjà avaient été relevées précédemment, auront pris une inclinaison inférieure à celle qu'elles avaient avant ce nouveau cataclysme, et qui devait être d'environ 65 degrés.

De son côté, M. Keilhau a observé dans les montagnes de la Norwège (voir *Gæa*, p. 391) de nombreux exemples de discordance de stratification entre le terrain gneissique et les couches du terrain azoïque, quartzo-schisteux. Il en cite dans la vallée de l'Etna-Elv et du Beina-Elv ; il donne aussi une coupe que je vais reproduire, parce qu'elle montre bien le mode de superposition qui a lieu sur le massif montagneux du Hardangerfield, situé à l'est du fiord de Hardanger et au sud des Hallingskarwen. « Là, dit M. Keilhau, les deux terrains sont nettement séparés l'un de l'autre, tant par la composition des roches que par la stratification ; les couches de la formation la plus récente reposent, avec une inclinaison

médiocre, sur les feuillets verticaux du gneiss, et il est à noter qu'elles présentent l'aspect le moins cristallin près du contact. »

Ainsi, quoique dans certaines parties de la Norvège les schistes azoïques, argilo-feuilletés, s'appuient d'une manière concordante sur les couches du gneiss primitif, on voit qu'ils forment un, ou peut-être plusieurs systèmes indépendants ; car les schistes qui sont superposés transgressivement au gneiss peuvent bien ne pas être rigoureusement contemporains de ceux qui succèdent au terrain primitif, sans discordance de stratification. Mais le rapport chronologique des formations est difficile à déterminer, quand on est privé du secours des débris organiques, et que l'on est réduit à la considération de différences pétrographiques, souvent peu marquées, ou pouvant dépendre du voisinage de roches plutoniques.

*Schistes semi-cristallins adjacents au golfe de Hardanger.* — Je regarderai comme un appendice à la formation quartzo-schisteuse de la Scandinavie centrale les schistes semi-cristallins qui s'étendent au-dessus du terrain gneissique, depuis les montagnes bordant l'extrémité la plus profonde du golfe de Hardanger, jusqu'à une petite distance à l'est du fiord de Stavanger, entre le 60° 1/2 et le 59° 1/2 degré de latitude. En effet, les roches schisteuses de cette région, dont la montagne de Haarteig, haute de 1696 mètres, est le point culminant, offrent une grande analogie pétrographique avec celles de la vaste formation située un peu plus au nord-est, et l'on ne peut douter qu'elles aient été déposées dans un même bassin, quoiqu'elles soient aujourd'hui séparées par une étroite lanière de terrain granito-gneissique.

Les roches qui constituent les environs de Haarteig sont des schistes argileux, plus ou moins modifiés, passant au schiste micacé, ou à d'autres schistes cristallins, et accompagnés de quartzite, parfois de bancs calcaires. Ils sont, en général, faiblement inclinés, et souvent ils ne paraissent former qu'une couverture peu épaisse au-dessus du gneiss. Il y a des endroits où l'on voit clairement que la superposition est transgressive : ainsi M. Keilhau a figuré (*Gæa*, p. 447) une coupe prise près de Haarteig, et dans laquelle on voit les feuillets verticaux du gneiss recouverts presque horizontalement par les couches quartzo-schisteuses de la formation semi-cristalline.

Schistes semi-cristallins formant des lambeaux dans la partie S. O. du littoral norvégien.

Sur la portion de la côte occidentale de la Norvège, qui est comprise entre le 59° et le 62° degré de latitude, depuis le golfe de Stavanger jusqu'au Nordfiord, le terrain de schistes semi-cristallins ne forme pas une zone continue ; mais il a laissé des lambeaux plus ou moins étendus, en une foule d'endroits, soit sur les îles, soit sur les parties littorales de la terre ferme. Tantôt ces lambeaux sont tout à fait séparés les uns des autres par des affleurements de terrain primitif ; tantôt ils constituent le sol de plusieurs îles placées les unes à la suite des autres, et for-

mant comme les divers fragments d'une même masse : c'est ce qui a lieu notamment à l'embouchure du golfe de Stavanger, et aussi le long de la partie occidentale des fiords de Hardanger et de Bømmel.

La composition pétrographique de ces divers lambeaux ressemble tellement à celle de la formation quartzo-schisteuse de la Scandinavie centrale, qu'on doit les considérer comme ayant été formés à la même époque, et dans des conditions semblables. La roche prédominante est du schiste argileux brillant, subfeuilleté, se rapprochant fréquemment du schiste micacé ou chloriteux. On y a exploité, dans la paroisse d'Ölve, deux couches de pyrite cuprifère et un banc de fer oxydulé. Ce terrain renferme aussi, mais plus rarement, du schiste amphibolique ou des schistes cristallins analogues au gneiss. Il y a, en outre, des roches quartzzeuses, vraisemblablement d'origine arénacée, du quartzite, du hornstein, de la pierre ollaire, et certaines variétés qui offrent l'apparence d'un conglomérat (savoir dans les régions littorales de Stavanger et de Hardanger); mais, comme la masse de la roche ne diffère pas beaucoup des parties qui y sont enchâssées, on peut avoir des doutes sur leur véritable nature. Enfin la pierre calcaire se montre quelquefois aussi dans ces dépôts.

Les directions des roches qui les composent sont très variables, de même que les découpures des îles et du littoral où on les observe; d'ailleurs, comme on doit le penser, elles sont fréquemment en rapport avec ces découpures: ainsi dans le Bømmel-fiord, les couches sont, en général, dirigées parallèlement à cette partie du golfe, c'est-à-dire à peu près du N. E. au S. O. Sur la côte située entre le 61° et le 62° degré de latitude, il y a des directions assez fréquentes dans le voisinage de l'O. N. O., et d'autres encore plus nombreuses sont comprises entre l'E. et le N. E.

Dépôts de grès et de conglomérat situés sur le littoral, entre le Sognefiord et le golfe de Drontheim.

*Groupe poudingifère du Sognefiord.*— Ces dépôts se rattachent à deux groupes différents: l'un, que je nommerai groupe poudingifère du Sognefiord, comme formant les îles situées immédiatement au nord de l'entrée de ce golfe; l'autre peut être appelé groupe poudingifère du golfe de Drontheim, car il se montre le plus développé sur la partie du littoral qui forme l'entrée du golfe de Drontheim. Décrivons d'abord le premier de ces deux groupes. Les schistes semi-cristallins, argilo-miacés et chloriteux, qui recouvrent le terrain de gneiss sur la partie du littoral située au nord du Sognefiord (1), servent de support à des roches de grès

(1) Ces schistes renferment en divers points des dépôts métallifères: ainsi on a extrait du minerai de cuivre de fahlbandes pyritifères, enclavées dans des schistes amphiboliques, micacés et chloriteux, entre Vaage et Grimmelie (*Gæa*, p. 419). On a aussi exploité du fer oxydulé formant un banc au sein du schiste chloriteux, à l'embouchure du Dalsfiord; il y en a de même à Monsøe et Grønøe, près la grande île d'Hitteren.

et de conglomérat, qu'on voit leur succéder, sans aucune discordance de stratification ; il y a même, en quelques parties, une sorte de liaison pétrographique. Ces roches arénacées forment, à l'île d'Indre-Sule, des rochers escarpés, dont la hauteur va jusqu'à 500 mètres ; en outre, elles constituent la partie supérieure de montagnes qui s'élèvent à près de 1500 mètres au-dessus du niveau de la mer, savoir la montagne de Hornelen sur l'île de Brémanger, et celle de Quamshest sur la presqu'île qui sépare les fiords de Dale et de Förde. Il y a des grès à éléments de différentes grosseurs ; tantôt ils sont à grains fins, un peu argileux et subschisteux ; tantôt ils sont à gros grains, renfermant des noyaux gros comme un pois, et ils passent ainsi au poudingue. Les cailloux que contient cette roche ont un diamètre qui varie de 2 à 20 et 30 centimètres ; ils sont généralement formés de quartz, de granite ou de gneiss, et la matière qui les entoure consiste en une masse de détritits très ténus, semblables à ceux qui forment la pâte des grauwackes. Les cailloux sont ordinairement arrondis ; mais on trouve aussi à l'île de Brémanger un conglomérat bréchiforme, renfermant des fragments anguleux, composés en grande partie de micaschiste et de schiste argileux.

On doit rapporter à la même formation un dépôt de grès qui se trouve dans la vallée du Van-Ély, à peu de distance au nord-est de l'île de Brémanger, sous le 62° degré de latitude ; il est remarquable, comme renfermant de la serpentine et du diallage. M. Keilhau, à qui est due cette observation, regarde ces deux silicates magnésiens comme résultant d'une épigénie ou d'une action métamorphique.

Le poudingue qui forme la plupart des îles situées à l'entrée du Sognefiord est fortement cimenté, et d'une grande ténacité ; aussi est-il presque impénétrable aux racines des plantes, et par suite sa surface est généralement dépourvue de végétation. L'inclinaison de ces roches de grès et poudingue est généralement peu considérable ; elles sont un peu ondulées, mais leurs directions les plus fréquentes sont comprises entre le N. N. E. et l'E. N. E., de même que cela a lieu pour les schistes semi-cristallins, sur lesquels ils reposent à stratification concordante. Rarement ces roches se montrent en contact avec le gneiss ; cependant M. Keilhau dit (*Gæa*, p. 459) avoir observé un tel cas de contact au pied du plateau de grès de Olfoten, sur le côté méridional du Nordfiord. La superposition paraît y être transgressive ; mais un peu plus à l'ouest, près de Bortne, elle semble être concordante.

*Groupe poudingifère du golfe de Drontheim.* — Si maintenant on s'avance jusqu'au 63° 1/2 degré de latitude, sur le littoral et les îles qui bordent l'entrée du golfe de Drontheim, on observe des dépôts de grès et de conglomérat, qui sont analogues à ceux que nous venons de décrire, mais qui semblent se lier avec le terrain de gneiss, et avec des roches de granite et de syénite, de façon à présenter des relations anormales, dont l'explication n'est pas sans difficulté. N'ayant point visité les lieux, je me bornerai à en faire connaître succinctement la composition, d'après les observations intéressantes qu'a relatées M. Keilhau (*Gæa*, p. 446).

Ici les roches de grès et de conglomérat ne sont pas, comme à l'entrée du Sognefiord, séparées du terrain de gneiss par une série épaisse de schistes semi-cristallins : il y a seulement quelques couches de schistes argileux et de schistes feuilletés, chloriteux, qui parfois sont placées à la séparation des deux terrains, et qui forment, en général, des bancs subordonnés dans la série des roches aréna-cées. Celles-ci présentent, sur le littoral de Drontheim, des grès rougeâtres, fréquemment schisteux et micacés, ainsi que des conglomérats, dont les fragments, ordinairement arrondis, sont formés de roches cristallines, granitiques, gneissiques, amphiboliques, et de parties quartzieuses. Souvent la pâte du conglomérat consiste en une matière compacte, dure, siliceuse, en une espèce de hornstein ; cela se voit principalement dans le voisinage de masses cristallines, de granite ou de syénite. Près de Havna, à l'île d'Hittheren, le conglomérat est bréchiforme, renferme des fragments anguleux de granite et de gneiss, enchâssés dans une masse qui semble être un grünstein compacte. M. Keilhau a cité (*Gæa*, p. 449), sur la côte d'Hittheren, une autre localité, vers Langness et Balsnes, où, dans certaines parties du conglomérat, la pâte qui enchâsse les cailloux est cristalline, formée de grains de feldspath, de mica et d'amphibole, avec du quartz, et présente ainsi la composition de la syénite.

En certains points, il y a des roches ayant la composition et la texture du granite, et qui cependant paraissent être stratifiées : ainsi, près de la pointe nord-est de l'île Frøyen, on a, d'après M. Keilhau, une alternance de bancs granitiques et de lits de hornstein inclinés de 40 vers l'E. ; au-dessus se trouvent des couches de conglomérat à fragments de granite, entourés d'une pâte quartzofeldspathique ; on y voit interposées des masses dont le contour est généralement arrondi, mais un peu irrégulier, et qui sont regardées par M. Keilhau comme consistant en un granite à demi formé. Ces relations qu'il a observées lui paraissent inexplicables, si l'on n'admet que le granite et la syénite de cette contrée ont pris naissance par voie de métamorphisme ou d'épigénie. Il est difficile d'émettre une opinion positive sur une localité qu'on n'a point visitée ; néanmoins plusieurs des faits cités par M. Keilhau, et notamment la disposition stratiforme du granite ou des roches qui en dérivent, me paraissent avoir quelque analogie avec certains faits que l'on observe dans la zone anthraxifère de la basse Loire : la pierre carrée des environs de Chalonnès, qui est, à n'en pas douter, un dépôt de sédiment, puisqu'elle renferme des empreintes de plantes fossiles, offre dans certains bancs l'aspect d'un porphyre, et parfois même d'une sorte de granite. On sait d'ailleurs que certains grès, formés d'éléments granitiques, offrent de la ressemblance avec les roches dont ils proviennent. Je n'insisterai pas davantage sur ces faits, devant y revenir lorsque j'exposerai mes observations sur l'ouest de la France.

Parmi les roches cristallines de la région littorale que nous décrivons maintenant, il faut encore mentionner des roches porphyriques, verdâtres, probable-

ment amphiboliques ; elles se montrent parfois sous forme de filons, qui coupent la syénite et les roches arénacées.

Quoique les grès et conglomérats de la côte de Drontheim ressemblent à des roches paléozoïques, particulièrement au vieux grès rouge, elles paraissent, suivant M. Keilhau (*Gæa*, p. 457), être liées au terrain de gneiss ; il y a, en beaucoup de points, des roches intermédiaires entre les deux formations, et ces passages pétrographiques sont accompagnés d'une concordance de stratification ; même, si l'on fait, dit M. Keilhau, une coupe d'Hitteren à Aunœ, les couches gneissiques semblent être placées au-dessus des grès ou conglomérats ; mais cette circonstance est, je crois, accidentelle.

Formations semi-cristallines, calcaréo-quartzo-schisteuses et poudingifères du Finmark  
(Laponie septentrionale).

*Remarques générales.* — Les formations azoïques, semi-cristallines du Finmark, comme celles du centre et du midi de la Norvége, renferment des roches stratifiées ou schisteuses, très différentes par leurs caractères pétrographiques : les unes ressemblent complètement à des roches paléozoïques, siluriennes ou dévoniennes ; les autres sont cristallines, et analogues à des schistes du terrain primitif. Nous avons vu qu'aux environs de Drontheim, les roches qui, par leur composition minéralogique et leur aspect, se rapprochent le plus des terrains de transition, occupent la partie centrale et supérieure du groupe. Mais, dans le Finmark, il y a une particularité bien singulière, car les couches de la zone orientale, qui recouvrent immédiatement le gneiss, sont les moins cristallines, et présentent des caractères minéralogiques qui les rapprochent du vieux grès rouge ; tandis que les couches situées plus au nord-ouest, et qui s'appuient sur les premières, offrent une texture cristalline beaucoup plus prononcée. En effet, sur les bords du golfe de Varanger, à l'extrémité orientale du Finmark, ce sont des grès et des conglomérats, avec des couches argileuses, qui recouvrent le gneiss. Puis, un peu au nord et au nord-ouest du Varangerfiord, ces roches sont remplacées par des quartzites et des schistes modifiés, feuilletés, passant au mica-schiste ; encore plus à l'O., ceux-ci se changent eux-mêmes en gneiss, comme on le voit à l'île Magerøe, et à l'ouest du golfe de Porsanger. Cependant la stratification reste toujours concordante, et l'inclinaison générale des couches est constamment vers le N. O. Si donc on s'en rapporte aux apparences stratigraphiques, les couches qui se trouvent dans la partie nord-ouest du Finmark, et qui sont les plus cristallines, semblent être les couches supérieures, et par suite les plus modernes.

Dans l'état actuel de la géologie, il y a plusieurs manières de se rendre compte d'une disposition aussi étrange : si, conformément à l'opinion de plusieurs géologues, on suppose que le gneiss et le mica-schiste sont des roches purement ignées, et non des dépôts de sédiment devenus cristallins, dans cette hypothèse,

on attribuera au voisinage du gneiss l'endurcissement et le développement de la structure feuilletée dans les schistes ; mais si , d'après la manière de voir qui tend à prévaloir aujourd'hui , on regarde le gneiss et le micaschiste comme des roches de sédiment modifiées , alors il faudra attribuer le développement de la cristallinité à des causes dont l'action se sera fait sentir principalement sur la côte occidentale du Finmark. Les masses considérables de gneiss et de mica-schiste qui se trouvent à l'ouest de la formation calcaréo et quartzo-schisteuse du golfe d'Alten se rattacheraient peut-être à la cristallisation des roches granitiques dont est formée une grande partie des îles du Nordland (1).

M. Keilhau a divisé les formations du Finmark , d'après leur composition pétrographique , en plusieurs groupes ; mais les couches qui composent ces divisions se succèdent sans qu'il y ait aucune discordance ; et même , les roches situées à la séparation de deux groupes offrent souvent des passages insensibles : il semble donc que ce soient les différents termes d'une même série. Cependant , à l'exemple de l'habile géologue de Christiania , j'ai indiqué , comme formant un étage séparé , la zone de grès , de conglomérat et de schiste argileux du Finmark oriental. C'est sur cet étage que viennent s'appuyer les dépôts situés à l'O. ; il serait donc l'étage inférieur ou le plus ancien , si les caractères de la stratification , dans les limites où ils peuvent être étudiés à la surface , n'étaient susceptibles d'aucune cause d'erreur. Néanmoins , vu l'absence complète de débris organiques , il n'y a aucune donnée paléontologique qui puisse servir de guide , et je ne sais pas de motif important qui empêche de suivre l'ordre stratigraphique , quoique les conclusions auxquelles il conduit ne puissent être considérées comme tout à fait certaines (2). Ainsi je vais commencer la description des dépôts semi-cristallins du nord de la Scandinavie par la partie orientale. Comme je n'ai pas visité moi-même l'est du Finmark , pour ne pas laisser de lacune dans la description qui va suivre , j'ai extrait de l'intéressant ouvrage de M. Keilhau (*Gæa Norwegica*, p. 260) les principaux faits relatifs à la région comprise entre le golfe de Varanger et celui de Porsanger.

Formation de grès , de conglomérat et de schiste argileux du Finmark oriental.

Au-dessus du terrain de gneiss primitif , qui forme le côté méridional du Varangerfiord , on voit affleurer , en stratification discordante , d'abord des couches

(1) La cristallisation du gneiss et du micaschiste de la partie occidentale du Finmark n'a probablement pas eu lieu en même temps que celle du gneiss vraiment primitif de la Scandinavie ; en effet , les schistes cristallins qui forment la rive méridionale du golfe de Varanger , et qui appartiennent , sans aucun doute , au gneiss primordial , sont recouverts transgressivement par la formation poudingifère du Finmark oriental , tandis que le micaschiste et le gneiss du Finmark occidental ne sont point séparés par une discordance stratigraphique de la formation quartzo-schisteuse qui les borde.

(2) Les causes d'erreur inhérentes aux conclusions stratigraphiques peuvent tenir , soit à ce que les faits observés ne sont qu'un accident local ou superficiel , à ce que les observations sont trop peu précises ou trop peu nombreuses , soit à ce que les couches ont subi un renversement.

faiblement inclinées de quartzite, et d'un conglomérat renfermant des cailloux en partie arrondis, en partie anguleux, de quartz, de granite, de gneiss, de mica-schiste et de thonschiefer ; au-dessus de ces couches se montre du schiste argileux. Suivant M. Keilhau, un exemple bien clair de superposition transgressive a lieu près de Karlebotn, au fond du golfe de Varanger. On y voit les couches de grès, inclinées seulement de 10 degrés vers le N., recouvrir les feuillets de gneiss, qui plongent de 45 degrés à l'O. N. O. Dans cette région, les couches de grès sont, comme on le voit, presque horizontales ; mais plus au N. elles prennent une inclinaison plus considérable.

Sur la côte qui s'étend vers le Tanafiord, il y a des schistes plus ou moins durs et siliceux, contenant des bancs de quartzite ; et à l'île Vardøe, on remarque deux couches de conglomérat : au-dessus se trouvent un grès rouge-brunâtre, puis des couches se rapprochant du grès schisteux, du schiste argileux et du jaspe ; elles contiennent des lits minces de pierre calcaire, et sont recouvertes par une assise de thonschiefer noir, à feuillets non contournés. M. Keilhau regarde ces couches comme formant une espèce de bassin, dont le Persfiord occupe à peu près la partie centrale ; elles plongent d'environ 40 degrés vers l'intérieur du bassin, et leur direction décrit une courbe de forme parabolique, dont le sommet est placé du côté de la mer.

M. Keilhau a limité la formation du Finmark oriental par une ligne coupant obliquement le Tanafiord, du N. E. au S. E., passant ensuite par le Langfiord, une des branches intérieures du Tanafiord, puis par le fond du Laxefiord. Le long de cette limite, les couches courent dans un sens généralement parallèle, du N. E. au S. O., avec pente au N. O.

Les masses quartzo-schisteuses qui leur succèdent, et que j'ai coloriées en bleu sur ma carte, plongent aussi au N. O. Dans le Bufford, la seule localité où M. Keilhau ait pu constater la position relative des deux dépôts, il les regarde comme étant stratifiés d'une manière concordante.

#### Formation calcaréo-quartzo-schisteuse du Finmark occidental et de la Laponie centrale.

Ce terrain, qui s'appuie sur la formation poudingifère du Finmark oriental, occupe la partie septentrionale de la presqu'île scandinave, et se prolonge vers le S. O. jusqu'au centre de la Laponie ; il se compose essentiellement de quartzites schisteux ou stratifiés, de schistes argileux et de schistes feuilletés, micacés ; il renferme aussi des masses calcaires, interstratifiées, principalement aux alentours du golfe d'Alten. Dans ces dépôts on observe des passages insensibles entre les diverses variétés de roches quartzzeuses, grenues et compactes ; il y a des transitions analogues entre les schistes argileux et micacés. Néanmoins le schiste argileux se voit principalement à l'est du Laxefiord ; les roches qui affleurent à l'ouest de ce golfe affectent plus habituellement les caractères d'un schiste feuil-

leté, micacé. En général, elles sont dirigées entre le N. E. et le N. N. E. ; leur pendage le plus fréquent est vers l'ouest.

L'île Magerøe, qui forme l'extrémité septentrionale de l'Europe, est remarquable par les variations pétrographiques des roches que l'on y voit affleurer, malgré une constance frappante dans leurs caractères stratigraphiques. Sur le côté occidental de cette île, on trouve du gneiss ; le côté oriental est formé de schiste argileux, sauf une portion occupée par du granite et une roche diallagique. La région centrale de l'île consiste en une bande de schiste micacé, passant au thonschiefer du côté S. E., et présentant en beaucoup de points un aspect argilo-micacé ; elle renferme des bancs interstratifiés de calcaire grenu, gris-blanc : de plus, les couches de ce micaschiste prennent les caractères du gneiss, sur la pointe qui borde du côté occidental l'anse de Kamøe, et il paraît en être ainsi à l'extrémité méridionale de l'île, au bord du détroit de Magerøe.

Les directions de toutes ces roches ne s'écartent pas des lignes N. N. E. et N. E. ; le schiste argileux qui affleure dans la partie orientale, à Kielvig, et aux environs, plonge constamment au N. E., sous un angle qui varie de 60 à 80 degrés ; les couches de schiste micacé et de gneiss situées à l'O. s'appuient dessus, et sont inclinées dans le même sens, sauf dans la partie N. O., près du cap Nord, où il y a quelques exemples de pendage au S. O. Le micaschiste et le gneiss de l'île Magerøe paraissent donc, ainsi que l'a observé M. Keilhau, recouvrir à stratification concordante les schistes argilo-micacés, les schistes argileux, et les roches quartzzeuses situées à l'est. Ils forment l'extrémité septentrionale d'une longue zone de schistes cristallins, qui constitue la côte du Finmark et les îles adjacentes. La lisière orientale de cette zone, celle qui borde la formation quartzo-schisteuse de l'E., consiste en une série de couches micacées, accompagnées d'un peu de gneiss ; le groupe d'îles situées à l'ouest, Qualøe, Sorøe, Seiland, etc., présente une formation gneissique bien caractérisée.

Le gneiss de cette région ne diffère pas essentiellement de celui qui constitue une grande partie du terrain primitif de la Scandinavie ; cependant, en certains points, il est très quartzeux, subcompacte, et tend à passer à un quartz schisteux et micacé, comme on le voit aux îles Havøe et Masøe ; mais ailleurs, il est à gros grains, riche en feldspath, et alors il ressemble tout à fait au gneiss ordinaire : comme lui, il renferme souvent des bancs de schiste amphibolique, ou d'amphibolite schisteux. Les grenats rouges y sont fréquents, et ils abondent en beaucoup d'endroits ; on y trouve rarement des couches de calcaire cristallin. Le gneiss du Finmark m'a paru être moins souvent mélangé de granite, que celui de la Suède ; cependant j'y ai observé des veines et de petites masses de granite, aux environs du port de Hammerfest et à Seiland. De cette île à Magerøe j'ai fait seize observations stratigraphiques ; les directions que j'ai obtenues sont comprises, pour les trois quarts, entre le N. 30° E. et l'E. 30° N. ; la pente est variable, au N. O. et au S. E.

La bande de micaschiste que j'ai tracée sur ma carte, entre le gneiss des îles

du Finmark et le terrain quartzo-schisteux situé à l'E., paraît se relier à la vaste zone de micaschiste du Nordland. A l'ouest et au nord de Talvig, à l'entrée de l'Altenfiord, dans le détroit de Vargsund, qui sépare l'île Seiland de la terre ferme, et plus loin au N., jusqu'à Magerøe, on voit affleurer des roches schisteuses, consistant principalement en micaschiste, accompagné de gneiss, de schiste amphibolique, et de calcaire micacé, à petits grains; mais ce sont les couches micacées qui paraissent être prédominantes.

*Disposition des roches de l'Altenfiord.* — Sur les rochers situés vers le milieu de l'Altenfiord, on voit le micaschiste s'appuyer sur un système de couches quartzo-schisteuses, analogues à celles que l'on observe à l'est de l'île Magerøe; mais la pierre calcaire et l'amphibolitey sont très développées en certaines parties. Elles sont associées à une série épaisse de couches de schiste argileux et de quartzite. La ressemblance générale de ces roches avec celles qui composent les terrains de transition a déterminé M. Russegger à les assimiler aux formations paléozoïques de la Scandinavie méridionale, et à les considérer comme remplissant un bassin au milieu du gneiss et du micaschiste; cependant sa manière de voir n'est pas confirmée par une étude plus approfondie de cette intéressante contrée. Je ferai d'abord observer que, parmi les couches calcaires et schisteuses des environs de Kaafiord, il en est qui offrent un aspect cristallin; on y trouve même des bancs de schiste micacé ou chloriteux, et des schistes analogues au gneiss. De plus, dans cette formation, on n'a pas encore trouvé de restes d'êtres organisés; tandis que, dans tous les bassins paléozoïques de la Suède et de la Norwège, il y a des couches très riches en fossiles, et principalement en orthocères. D'ailleurs, les couches supérieures passent insensiblement au micaschiste; et, loin de remplir un bassin au milieu du gneiss, ce terrain est recouvert par de puissantes assises de micaschiste et de gneiss, qui s'étendent sur de vastes surfaces, par delà Hammerfest jusqu'au cap Nord (1).

Si l'on fait une coupe des terrains qui s'étendent entre Talvig et Kaafiord, on observe, à la partie inférieure, des schistes argileux accompagnés de grauwackes, puis, au-dessus, des schistes gris, alternant avec des bancs calcaires, un peu siliceux, tantôt compactes, tantôt à grains fins, contenant parfois des cristaux de dolomie ou des amandes de quartz calcédoine, et dedans sont interposées des masses dioritiques. On voit ensuite leur succéder une puissante assise de schiste argileux, mélangé de schiste talqueux et de calcaire dolomitique; au-dessus s'étend une masse épaisse de diorite qu'on peut appeler cuprifère, car c'est elle

(1) Mes observations sur Kaafiord et Hammerfest ont été faites en 1839, et consignées, pour la plupart, dans un Mémoire déposé à l'École des mines en mars 1840, antérieurement à la publication de la notice de M. Russegger, et au Mémoire intéressant que M. Keilhau a publié sur le Finmark dans la 2<sup>e</sup> livraison de la *Gaia norwegica*. Je suis heureux de me trouver en harmonie avec l'habile géologue de Christiania sur la manière d'envisager le terrain d'Alten. Mes observations s'accordent aussi avec celles qu'a faites, il y a un demi-siècle, l'illustre M. de Buch dans la même contrée.

qui renferme les principaux filons de minerai de cuivre. Elle se présente sous des aspects assez divers : en certaines parties elle est compacte, à grains fins ou schisteuse, présentant des plans de divisions parallèles aux couches environnantes, et, en outre, un système de fentes transversales; ailleurs elle est cristalline ou lamelleuse, comme les diorites ordinaires. Souvent elle offre un aspect porphyrique, le feldspath y formant des nids avec un peu de quartz et de mica; on y voit aussi çà et là des faisceaux de lames d'amphibole. Cette dernière substance paraît, en général, y être prédominante; quelquefois elle est remplacée par du diallage, et alors le diorite passe à l'euphotide. Aux environs de Kaasfiord, ces roches sont traversées par des veines de granite peu micacé, contenant de larges lames de feldspath rose, avec du quartz gris.

Outre les roches décrites tout à l'heure, il y a une puissante assise de quartzite, qui paraît être placée au-dessus. Elle est très développée dans le fond du golfe d'Alten, et la montagne de Kongshavenfield (près d'Altengaard) en est composée presque entièrement; à la base, on voit le quartzite s'appuyer sur des schistes d'un gris foncé, paraissant correspondre à ceux où est enclavé le diorite cuprifère de Kaasfiord. Les caractères de cette roche quartzreuse sont un peu variables : au Kongshavenfield, c'est du quartz à peu près pur, dépourvu de mica, fendillé, faiblement translucide; ailleurs c'est un grès quartzeux, modifié, comme il y en a dans beaucoup de terrains paléozoïques; ou bien encore c'est un quartz schisteux et micacé.

Sur la côte orientale de l'Altenfiord, cette roche quartzreuse passe à des jaspes rubanés et très diversement colorés en gris, rouge, violet et vert; elle est alors très ondulée, mais, en général, faiblement inclinée. Là, elle est accompagnée de roches dioritiques, et souvent il y a, entre le quartzite et le diorite, une roche intermédiaire, à la fois siliceuse et amphibolique. Sur cette rive de l'Altenfiord, on voit le quartzite et le diorite se prolonger jusqu'auprès d'Altnæs, en face de Talvig; et alors on voit leur succéder des schistes verts, d'un aspect cristallin, qui plongent fortement vers le N., de manière à s'enfoncer au-dessous des schistes micacés situés plus au nord et inclinés dans le même sens. Fort souvent le diorite se montre sous forme de bancs interposés dans les roches stratifiées; mais il constitue aussi des masses irrégulières, dont l'allure diffère tout à fait de celle des roches stratifiées adjacentes, et quelquefois il semble s'être épanché à leur surface.

Le quartzite, qui est si développé au fond et sur le bord oriental du golfe d'Alten, ne paraît plus être représenté aux environs de Talvig que par des lits peu épais, placés à la partie supérieure de la puissante assise de schistes argileux qui encaisse le diorite cuprifère de Kaasfiord. Au-dessus de ces couches minces de quartzite, on trouve une série de roches schisteuses et calcaires, qui affectent des caractères de cristallinité de plus en plus prononcés : ainsi les schistes deviennent feuilletés, passent tantôt au schiste chloriteux ou talqueux, tantôt au schiste micacé; ils renferment des couches de calcaire grenu,

dolomitique, et pénétré de lames de trémolite. Au-dessus s'étend le mica-schiste en masses puissantes, qui forment la montagne d'Akka-Sokki, et un peu plus au N. O. le mica-schiste s'enfonce lui-même sous le gneiss des îles du Finmark occidental.

Les roches stratifiées de l'Altenfiord offrent une disposition régulière ; aux environs de Talvig et d'Altnæs, elles suivent une direction générale de l'E. N. E. à l'O. S. O., et plongent alors au N. O. ; à Talvig et auprès, elles offrent une courbure arrondie, qui est partagée par toutes les couches. De là, vers Kaafiord et Bossecop, elles suivent une direction moyenne peu différente du N. S., en inclinant généralement de 40 à 60 degrés à l'O. La ligne de jonction du mica-schiste et du terrain calcaréo et quartzo-schisteux présente une disposition analogue ; elle passe un peu au sud de l'isthme d'Alteid, qui sépare le Langfiord du Lille-Altenfiord ; puis, en approchant du fiord de Porsanger, elle se recourbe vers le N. N. E., parallèlement à l'axe de ce golfe.

Les principaux gîtes cuivreux que l'on a reconnus sur la rive septentrionale de la petite baie de Kaafiord se trouvent contenus dans la grande masse dioritique, que nous avons qualifiée de cuprifère ; ils se distinguent de la plupart des gîtes sulfurifères de la Scandinavie, en ce qu'ils se rapprochent le plus des filons proprement dits, c'est-à-dire de fentes remplies : ailleurs les sulfures métalliques se trouvent plutôt disséminés dans des roches que concentrés dans des fentes.

*Constitution géologique de l'intérieur de la Laponie.* — Les couches du terrain quartzo-schisteux de l'Altenfiord paraissent se prolonger vers l'intérieur de la Laponie, dans la région que traverse le fleuve Alten, mais en présentant, comme nous allons le voir, des variations dans leurs caractères pétrographiques (1). A environ 2 myriamètres au sud de Bossecop, en gravissant par une pente douce le versant septentrional du plateau de la Laponie, j'ai observé une espèce de gneiss très quartzeux, d'un gris blanchâtre, présentant quelques grains feldspathiques au milieu d'une masse siliceuse, et des paillettes de mica vert et blanc, couchées dans le sens de la stratification. Certains bancs ont l'aspect d'un quartzite schisteux et micacé ; ils alternent avec des couches de schiste amphibolique, dans lequel prédomine l'hornblende noire. Les couches régulièrement stratifiées courent à l'O. 42° N., et plongent de 20 degrés seulement au S. O. Ces roches, qui présentent des passages entre le gneiss, le mica-schiste et le quartz schisteux, se rattachent très probablement aux quartzites de l'Altenfiord, et paraissent constituer, en grande partie, les pentes du plateau vers le N. Plus loin, en allant vers le S., je les ai vues s'étendre sur de vastes surfaces, en continuant à courir entre l'O. 40° et O. 45° N., avec pente au S. O.

(1) Je décris ici d'une manière un peu détaillée les roches que j'ai vues en Laponie : mes observations s'accordent en grande partie avec celles de M. de Buch et de M. Keilhau ; mais elles remplissent une lacune, car ces deux savants n'ont point fait connaître la disposition stratigraphique des terrains qu'ils ont remarqués dans cette contrée.

Près de la petite île d'Houtzeiocken, située à environ 480 mètres au-dessus de la mer, dans le lit de la rivière d'Alten, sur les bords de laquelle nous avons campé, les roches schisteuses prennent les caractères du micaschiste proprement dit; elles offrent des lits alternants de feuillet de mica et de quartz gris. Leur direction est au N. 37° O., avec pente faible au S. O. Plus loin, le micaschiste, dans lequel on trouve souvent des grenats, se continue en suivant la même direction, et en plongeant faiblement à l'ouest, jusque vers la zone culminante du plateau que l'on traverse pour se rendre au golfe de Botnie, zone à laquelle on donne le nom de *Nuppivara*. Alors le micaschiste change de caractères; et, à en juger d'après les gros blocs (1) épars dans la couche de détritiques qui couvre la surface du sol et masque le roc solide, il est remplacé par du schiste argileux brillant, d'un aspect un peu cristallin, et se rapprochant des schistes de l'Altenfiord. Un peu plus loin, sur le sol ondulé qui sépare l'Alten-Elv du lac Zjalmijaure, j'ai vu ce schiste, d'un gris noirâtre, courir au N. 17° O., et plonger de 25 à 30° à l'E. N. E. En contact avec lui, se trouve une roche amphibolique, verdâtre, en partie compacte, en partie lamelleuse. Le schiste argileux et l'amphibolite paraissent être les principales roches qui, au sud de *Nuppivara*, constituent la portion méridionale du plateau de la Laponie, portion qui s'abaisse par une pente douce vers *Kautokeino*. Le schiste offre souvent de petits feuillet de mica, et tend à passer au schiste micacé, de sorte que le nom de schiste argilo-micacé lui convient peut-être mieux que celui de schiste argileux.

Un peu au sud-est du lac de Zjalmijaure, j'ai remarqué de petits rochers, sur lesquels on voit saillir, avec le thonschiefer, des couches de schistes siliceux, qui sont diversement colorés en vert, jaune et rouge, et qui m'ont rappelé les schistes siliceux de la partie orientale de l'Altenfiord: ici les couches courent au N. 8° O.; elles sont beaucoup plus inclinées que précédemment, car elles plongent de 60 degrés à l'est. Plus loin, les schistes se continuent, en se rapprochant quelquefois du schiste micacé, jusqu'au *Siaberdasjock*, qui est l'un des principaux affluents de l'Alten-Elv, et qui s'y réunit près de *Kautokeino*. Les bords de cette rivière sont, en grande partie, couverts d'un dépôt de sable; mais, en quelques points, on y voit affleurer du schiste micacé ou amphibolique, déjà signalé par M. de Buch.

Le plateau septentrional de la Laponie, dont je viens de faire connaître la composition géologique, forme un prolongement latéral des montagnes de la Norwège; il présente une surface légèrement ondulée, nue et déserte, sur laquelle saillit rarement le terrain solide: il est caché par une couverture épaisse de détritiques, de dessous laquelle on voit s'élever, en divers points, la crête des couches de

(1) Parmi les blocs épars à la surface du sol, il y en a de roches cristallines, de granite, de roche amphibolique et diallagique. Ils sont à demi enfoncés dans une couche épaisse de détritiques argilo-sableux, de graviers et de cailloux, qui ont été transportés par les agents erratiques, et qui, chaque année, sont en partie remaniés par les courants provenant de la fonte des neiges.

schiste, mais sans qu'elle forme de véritables rochers. Cette région présente un aspect de solitude et de tristesse encore plus prononcé que les plateaux des environs de Rõraas; elle est d'ailleurs moins fortement accidentée. Quoique le plateau de la Laponie ne s'élève pas à beaucoup plus de 700 mètres au-dessus de la mer, il est, en général, dépourvu de végétation; c'est seulement au fond des dépressions les plus profondes que l'on voit croître quelques bouleaux chétifs.

*Environs de Kautokeino.*—Le hameau de Kautokeino, situé à peu près au centre de la Laponie, et au pied méridional du plateau que nous venons de décrire, est un point orographique important: il se trouve à peu de distance de la zone montagneuse de la Norwège, et, à l'origine de cette région de collines ondulées qui embrasse toute la Finlande et la plus grande partie de la Suède. D'ailleurs, il est placé sur une ligne géologique remarquable, à la séparation du terrain de gneiss primitif et des formations schisteuses de la Scandinavie septentrionale. Le gneiss paraît peu développé autour de Kautokeino: le sol est principalement granitique au sud de ce village. Le granite que l'on voit affleurer est à grains moyens, et à petits grains, offrant assez souvent une texture veinée ou schistoïde, par suite de la disposition des feuillet de mica noir, qui s'entrelacent autour des grains de quartz et de feldspath d'une teinte grise et d'un rouge clair. Un peu plus au midi, ce granite est accompagné de gneiss primitif, bien caractérisé; mais, autour du village, on voit affleurer des schistes cristallins, dont les affinités géologiques sont un peu incertaines. En effet, ce sont des schistes micacés, poudingiformes, contenant une grande quantité de nodules ellipsoïdaux ou de lentilles très allongées, ayant de 4 à 6 centimètres d'épaisseur, sur 15 à 25 de longueur. Leur composition est un peu variée: les unes sont formées de quartz hyalin translucide, les autres d'hornblende verdâtre, lamelleuse; on y voit aussi des parties feldspathiques. La masse dans laquelle ces nodules sont enchâssés consiste en un agrégat de grains quartzeux et de paillettes micacées. Cette roche est probablement la même que celle observée à Kautokeino par un géologue anglais, M. Everest, quoique sa description diffère un peu de la mienne; elle court de l'E. 43° N. à l'O. 43° S., avec pente de 50 degrés au N. O.

En remontant l'Alten-Elv, à environ 1 myriamètre au N. de Kautokeino, j'ai observé une roche talqueuse, passant à la pierre ollaire, verdâtre, onctueuse au toucher; elle est subcompacte, et n'offre pas de stratification bien marquée; elle est traversée par des veines de quartz, et l'on y distingue de petits feuillet de talc blanc; à peu de distance de là se trouve du granite.

Le gneiss primitif, qui affleure un peu au midi de Kautokeino, a été observé par M. Keilhau au sud de Karasjock, de façon que sa limite s'étend le long du pied du plateau septentrional de la Laponie, vers le golfe de Varanger, comme elle est tracée sur ma carte.

Les roches que nous avons vues affleurer sur le plateau de la Laponie, depuis

l'Altenfiord jusqu'à Kautokeino, sont de natures un peu diverses, puisque, dans la partie septentrionale, il y a des schistes cristallins, quartzeux et micacés, passant au gneiss, et que, plus au sud, nous avons observé des schistes argileux et argilo-micacés, avec des roches amphiboliques. Si l'on considère l'orientation générale des couches, que nous avons vues courir entre le N. O. et le N. N. O., dans l'intérieur de la Laponie, comme au fond du golfe d'Alten, on est conduit à conclure que les roches schisteuses de la Laponie se relient avec celles de l'Altenfiord. Ces dernières ont elles-mêmes des caractères pétrographiques assez variables : ainsi, sur le côté oriental et au fond du golfe d'Alten, le quartzite est prédominant, tandis que près de Talvig il est seulement représenté par quelques couches siliceuses ; en divers points, la pierre calcaire est très développée. Les schistes éprouvent eux-mêmes des variations considérables dans leur manière d'être, et présentent une foule d'états intermédiaires entre le schiste argileux ordinaire, le schiste micacé ou talqueux, et le gneiss.

Cette variabilité pétrographique rend très difficile à fixer le contour de la formation dont nous nous occupons actuellement : les limites que je lui ai assignées diffèrent de celles qu'a tracées M. Keilhau sur sa carte de la Norwège septentrionale. D'après les observations que j'ai faites en Laponie, et qui viennent d'être exposées, les roches schisteuses qui affleurent entre le golfe d'Alten et Kautokeino, et qui stratigraphiquement paraissent se relier avec celles de l'Altenfiord, en diffèrent, au point de vue pétrographique, à peu près autant que celles des golfes de Porsanger et de Laxe, auxquelles d'ailleurs elles ressemblent d'une manière notable, car elles consistent principalement en schistes argileux, passant au schiste micacé, et en roches quartzieuses et micacées, se rapprochant quelquefois du gneiss ; aussi j'ai cru devoir considérer ces dépôts comme ne constituant qu'une seule formation. L'espace qui sépare le golfe d'Alten du fond du golfe de Porsanger est en grande partie inconnu ; mais, d'après l'analogie pétrographique et la disposition générale des roches, il est vraisemblable que le terrain quartzo-schisteux qui affleure sur le côté occidental du golfe de Porsanger doit se relier avec celui qui forme le côté oriental du golfe d'Alten.

En exposant les observations géologiques qu'il a faites dans le Finmark, M. Keilhau dit (*Gæa norwegica*, p. 276) avoir observé au fond du Laxefiord, et sur divers points, auprès des lacs de Laune-Javrek et Igja-Javrek, des schistes cristallins tendant à se rapprocher de roches gneissiques, parfois conglomérati-formes. Néanmoins, comme ils sont interposés à stratification concordante dans le terrain semi-cristallin, calcaréo et quartzo-schisteux, je n'ai pas cru devoir les distinguer par une teinte spéciale, d'autant plus qu'ils paraissent avoir peu d'étendue.

Roches cristallino-schisteuses bordant, du côté occidental, le terrain quartzo-schisteux du Finmark.

Le micaschiste qui borde, du côté occidental, le terrain calcaréo et quartzo-schisteux du Finmark, et qui s'appuie dessus, occupe une très vaste étendue. MM. de Buch et Keilhau l'ont observé sur une grande partie de la côte du Nordland ; il constitue le Sulitelma (1884 mètres), qui est le massif de montagnes le plus élevé du nord de l'Europe, au delà du 63° degré de latitude. M. Keilhau a limité ce terrain, du côté méridional, par une ligne dirigée du N. O. au S. E., et coupant la côte norvégienne sous le 67° degré de latitude, sur le territoire des paroisses de Bejern et Bodøe. De ce côté, il est bordé par le terrain de gneiss primitif, qui constitue le midi du Nordland et le nord de la province de Drontheim.

Dans cette formation, le micaschiste est la roche dominante ; il présente un aspect cristallin, et passe rarement au schiste argilo-micacé ; il est presque constamment accompagné de couches subordonnées de calcaire cristallin, grenu, qui est plus ou moins dolomitique, et pénétré de lames de trémolite. Le grand développement de la pierre calcaire dans une formation aussi cristalline est digne de remarque ; on y trouve aussi, comme roches accessoires, du gneiss, du schiste amphibolique, du schiste chloriteux et talqueux. D'après les observations de M. Keilhau et les miennes, la direction la plus ordinaire de ce terrain est voisine du N. E. ; aux environs du golfe d'Alten, et plus au nord, le pendage est habituellement au N. O. ; mais, au midi du 70° degré de latitude, il est ordinairement au S. E., et plus souvent au-dessous qu'au-dessus de 45 degrés ; les couches sont fréquemment horizontales.

Les grenats abondent dans les schistes cristallins de cette formation, de même que dans le gneiss du Finmark occidental : M. Keilhau y a trouvé de l'émeraude à Vorhoug, près de Kjeringøe, et de la topaze y a été signalée par M. Everest, près de Bodøe. M. Sommerfeldt y a observé du dysthène et de la staurotide engagée dans du quartz, avec de la trémolite et de l'actinote. Des indices de fer chromé ont été signalés à Rodøe par M. Ström ; et, près de Storhorn, cet ingénieur a remarqué, dans une couche de micaschiste, un peu de cuivre pyriteux et de galène. Les minerais métalliques sont rares dans ce terrain, ainsi que dans les autres formations de la Norvège septentrionale (à l'exception de l'Altenfiord). Cependant, sur la presqu'île située entre l'OEfiord et Sjömen, sous 68 1/2 degrés de latitude, on a exploité, pendant quelque temps, un gîte de cuivre panaché dans du micaschiste ; mais le minerai était trop peu abondant pour que les travaux fussent productifs.

Les îles qui forment comme une petite chaîne sur la côte du Nordland ne sont composées que partiellement de micaschiste ; cette roche en constitue le bord oriental ; mais elle est limitée à l'ouest par un mélange de granite veiné, et de

gneiss passant fréquemment au granite. La portion des îles Loffoden et Tromsen qui est formée de ces roches se distingue de la région du micaschiste par sa hauteur bien plus considérable ; elle présente des groupes de roches s'élevant fréquemment jusqu'à la région des neiges permanentes, et rappelant par leurs formes bizarres et variées les montagnes du Romsdal. Ce sont des masses nues et déchiquetées, hérissées de pics ou d'aiguilles, et bordées d'escarpements. On y voit, en divers lieux, des murs verticaux et étroits, entaillés par des cavernes profondes, qui les traversent quelquefois dans toute leur épaisseur. En allant à Hammerfest, nous avons longé la côte du Nordland, mais sans nous y arrêter ; et, n'ayant point exploré par moi-même cette région pittoresque, je vais indiquer succinctement les caractères du terrain granito-gneissique qui la compose, d'après la description qu'en a donnée M. Keilhau (*Gæa norwegica*, p. 303).

La séparation de ce terrain et du micaschiste se manifeste, en général, par les changements qui se produisent dans la hauteur et la forme des rochers ; ils sont beaucoup plus élevés, plus escarpés et plus aigus dans la zone occidentale : cependant il y a quelquefois des passages pétrographiques d'un terrain à l'autre.

La formation granito-gneissique, qui est colorée en rouge (Y), offre tantôt les caractères du gneiss, tantôt ceux du granite veiné, du granite ordinaire, et quelquefois de la syénite, par suite du mélange de lames d'amphibole avec le mica. D'ailleurs, le gneiss, quand il est à gros grains, et surtout quand il est accompagné de veines feldspathiques, semble passer au granite. Celui-ci présente souvent lui-même une texture veinée ; quelquefois, dans des masses granitiques à grains moyens, on voit des parties à grains beaucoup plus gros qui les traversent sous forme de veines ramifiées (1), ainsi à la montagne de Røken, sur l'île Andøe (*Gæa norwegica*, p. 305) : ici les veines sont horizontales. A l'île Vørøe, des roches, dont la structure est en partie rubanée, en partie granitique, sont traversées aussi par des filons feldspathiques à gros grains. A Bierkøe, il y a dans le granite de gros noyaux de feldspath, qui lui donnent un aspect porphyrique.

Les parties schisteuses qui sont associées au granite présentent souvent tous les caractères du gneiss ordinaire ; elles renferment des couches de schiste micacé, de schiste amphibolique, et quelquefois de calcaire grenu, comme on le voit entre Sund et Reine, à l'île Moskøe. Le graphite est fréquent dans ce terrain ; il y forme quelquefois des couches, et se trouve principalement dans le gneiss, ou dans les autres roches schisteuses qui en dépendent, telles que le schiste micacé et amphibolique. M. Keilhau a observé que, dans le micaschiste de Jernstad, à l'île Andøe, il y a certaines couches, où le mica paraît être remplacé par du graphite. J'ai remarqué le même fait sur le versant méridional des Pyrénées, dans la vallée d'Andorre.

(1) Ces veines granitiques à gros grains me paraissent être l'équivalent des filons de granite à grandes parties, contenant souvent de la gadolinite et de l'orthite, qui traversent le gneiss et le granite ancien de la Suède.

D'après les passages qui ont lieu entre le granite et le gneiss des îles du Nordland, M. Keilhau regarde (*Gæa*, p. 311) ces deux roches comme étant de simples modifications d'un seul et même type; mais il me semble que cette association intime pourrait aussi être expliquée en la considérant comme due au mélange de deux roches, dont l'origine première est différente, mais qui ont été amenées à cristalliser dans des conditions analogues.

#### Roches diallagiques de la Norwége septentrionale.

On observe dans la partie septentrionale de la Norwége des roches diallagiques analogues à celles qu'Esmarck a nommées *Norite*, et que nous avons déjà mentionnées dans la partie méridionale et centrale de cette contrée. Dans le Finmark, comme dans les régions situées plus au sud, elles sont en connexion avec des roches amphiboliques, et souvent le diallage ne paraît s'y trouver qu'accessoirement, comme remplaçant de l'amphibole, ainsi que j'ai déjà eu l'occasion de l'indiquer. Leur texture est souvent schistoïde, principalement sur le pourtour des masses, et il y a des passages vers les roches schisteuses adjacentes. M. de Buch a signalé, il y a longtemps, plusieurs gîtes de ces roches diallagiques; d'autres ont été observés depuis par M. Keilhau et décrits dans son ouvrage (*Gæa norwegica*, p. 302). Ces roches intéressantes ont aussi fixé mon attention, lorsque j'ai visité le Finmark. Je vais indiquer brièvement les caractères des principaux gîtes.

Dans la partie orientale de l'île Magerøe, à l'ouest de Kielvig, affleure une masse verdâtre, présentant des lames de diallage brun (bronzite), avec de la serpentine, et ressemblant, en certaines parties, à une roche dioritique à grains fins; du côté E., elle passe à un granite amphibolique, peu quartzeux, qui, d'après la remarque de M. Keilhau, a quelque ressemblance avec le syénite de l'Ûtunfield: il renferme lui-même des lames diallagiques, ce qui montre l'intime connexion des deux roches. Nous avons déjà vu que le diallage fait souvent partie des diorites ou amphibolites interposés dans le terrain schisteux qui entoure le golfe d'Alten, et s'étend à l'intérieur de la Laponie jusqu'après de Kautokeino.

On trouve des roches analogues, souvent composées d'un mélange de feldspath et de diallage brun, sans amphibole, dans les schistes cristallins micacés, qui bordent à l'ouest la formation calcaréo et quartzo-schisteuse des environs de l'Altenfiord. Ces roches sont très développées un peu au nord-ouest de Talvig, sur l'isthme qui sépare les deux golfes d'Alten et de Quånanger; en certaines parties, elles paraissent s'étendre sur le micaschiste et en être nettement séparées; ailleurs le diallage se montre associé aux schistes cristallins adjacents, et semble en faire partie intégrante. Même, dans une couche de pierre calcaire ou de dolomie, située un peu au nord de l'isthme d'Alteid, M. Keilhau a observé (*Gæa norwegica*, p. 275) des nids de feldspath à très gros grains, avec du quartz, du mica

brun et du diallage vert. Autour des golfes de Quänanger et de Lyngen, M. Keilhau a signalé beaucoup de points, où le diallage se trouve associé à des roches serpentineuses ou dioritiques.

Sur le côté occidental du Lyngenfiord, il y a une bande diallagique un peu étendue, allongée du N. N. E. au S. S. O. : il y en a une autre à l'île Kaagen. Ces roches, qui se lient avec des diorites (1) et de la serpentine, paraissent être assez abondantes en Norwège, et il y en a probablement beaucoup de gîtes qui nous sont inconnus.

Remarques générales sur les formations quartzo-schisteuses et poudingifères du Finmark.

Les terrains stratifiés de schiste argileux et argilo-micacé, de grès, de quartz schisteux, de conglomérat et de pierre calcaire, qui composent la plus grande partie du Finmark, sont incontestablement des dépôts sédimentaires ; la ressemblance de ces roches avec celles des terrains paléozoïques est si évidente, qu'il ne peut y avoir aucun doute à cet égard : seulement, les géologues, qui n'admettent la théorie du métamorphisme que dans une mesure restreinte, considéreront probablement comme des roches plutoniques les schistes micacés et les gneiss de l'ouest du Finmark. Quant à la question de leur âge, les grès et les schistes argileux du Finmark oriental sont certainement postérieurs au terrain de gneiss primitif, puisqu'ils le recouvrent ; et même, dans le golfe de Varanger, M. Keilhau a montré que la superposition est transgressive, comme celle qui a lieu au contact du gneiss et des terrains siluriens du midi de la Norwège et de la Suède. Mais s'ensuit-il que l'on doive considérer les terrains stratifiés du Finmark comme appartenant à l'une des trois périodes silurienne, dévonienne et carbonifère, de même que l'ont fait des géologues, par suite d'une certaine analogie pétrographique ? Je ne puis être de cet avis, au moins en ce qui concerne les roches calcaréo et quartzo-schisteuses situées à l'ouest du Laxefiord : mon opinion est fondée sur plusieurs motifs. D'abord les terrains paléozoïques, bien caractérisés, de la Scandinavie renferment des couches riches en fossiles, tandis que, jusqu'à ce jour, on n'en a trouvé aucune trace dans les formations du Finmark, pas plus que dans les dépôts semi-cristallins de la province de Drontheim. Cependant le terrain silurien du Jemtland, qui est très voisin de ces derniers, et qui est placé au bord de hautes montagnes, renferme des bancs chargés d'Orthocères. L'absence complète de fossiles rend évidemment très incertaine l'assimilation des terrains schisteux du Finmark et de la province de Drontheim, soit au système silurien, soit au système dévonien.

(1) Un très grand nombre de gisements de roches amphiboliques, diallagiques et serpentineuses n'a pu être indiqué d'une manière spéciale sur ma carte géologique, vu la petitesse de l'échelle. D'ailleurs, beaucoup de diorites ou amphibolites ayant une texture schisteuse ne peuvent être séparés du gneiss ou des schistes cristallins qui les accompagnent.

Il faut observer aussi que, nulle part en Scandinavie, même au contact de roches pyrogènes, les dépôts paléozoïques ne présentent de schistes cristallins, micaschistes, gneiss et schistes amphiboliques, tels qu'on en trouve souvent dans les formations argilo-feuilletées que nous avons décrites. Presque toujours, quand les schistes paléozoïques sont modifiés, ils ont été endurcis, sont devenus siliceux, et la cause de ce métamorphisme est due à des roches pyrogènes parfaitement visibles; tandis que les formations du deuxième groupe azoïque ont été soumises, sur de vastes étendues, à des causes de cristallisation, qui bien souvent ne se manifestent par aucune roche massive qu'on puisse observer à la surface.

Un autre argument résulte des considérations orographiques suivantes : les terrains paléozoïques du nord de la Norvège et ceux du Jemtland ne pénètrent point jusqu'au centre de la zone de hautes montagnes; ils s'appuient sur les flancs de cette zone, et contribuent à en former les contre-forts, ce qui prouve qu'ils ont participé aux soulèvements de cette contrée; mais ils n'atteignent qu'à une élévation bien inférieure à celle des cîmes composées de roches azoïques. Or, les dépôts quartzo-schisteux du golfe d'Alten occupent la même position orographique que ceux de la Scandinavie centrale; ils se trouvent dans la partie médiane et la plus élevée de la région montagneuse du Finmark. Ainsi ils constituent la montagne de Noonskarfield (haute de 1083 mètres), qui est une des plus hautes cîmes de cette contrée; il y a donc lieu de penser qu'ils sont antérieurs à l'époque silurienne. Un autre motif, moins concluant à la vérité, est fourni par les roches diallagiques. Jusqu'à présent on n'a jamais trouvé ces roches, en Scandinavie, au milieu de formations paléozoïques bien constatées; or, elles se montrent interposées dans le terrain quartzo-schisteux du golfe d'Alten et de l'île Magerøe, qui paraîtrait alors être antérieur à l'époque silurienne. Mais cette considération n'a, je le reconnais, qu'une valeur secondaire, car il pourrait s'être produit en Scandinavie des roches diallagiques, seulement en un ou deux points, pendant le cours de la période paléozoïque (1).

Néanmoins nous sommes conduit à la même conclusion que nous avons déjà déduite de l'absence des fossiles, des caractères lithologiques et de la situation orographique des formations quartzo-schisteuses des régions centrales et septen-

(1) Il paraît s'être produit en Scandinavie des roches diallagiques à deux époques différentes, car on en trouve dans les terrains semi-cristallins du Finmark et des environs de Røraas; et d'un autre côté, dans le midi de la Norvège, il y en a qui sont enclavées dans le terrain de gneiss primitif et traversées par des filons de granite à grandes parties. Or, ces filons offrent la composition et l'aspect du granite à gros grains associé au gneiss de la Scandinavie; ils renferment plusieurs des minéraux qui en sont caractéristiques, tels que la gadolinite et l'orthite. Ce granite est certainement plus ancien que les terrains paléozoïques où il ne pénètre jamais; il est très probablement aussi antérieur aux formations semi-cristallines de la Norvège, formations dans lesquelles on n'a encore jamais observé de filons de granite à gadolinite. Il paraît donc y avoir des roches diallagiques appartenant à la période gneissique et d'autres se rattachant à la période des schistes semi-cristallins.

trionales de la Norwège. Ainsi, jusqu'à ce que des découvertes paléontologiques, peu vraisemblables d'ailleurs, aient donné une nouvelle face à la question, nous regarderons ces dépôts comme étant, au moins pour la plupart, antérieurs à l'époque silurienne, et comme représentant le terrain de transition inférieur, ou ce groupe de couches qui a reçu le nom de *Système Cambrien* ou *Cumbrien*.

D'ailleurs, il me paraît probable que les roches calcaréo et quartzo-schisteuses du Finmark sont à peu près contemporaines des formations semi-cristallines qui occupent la partie centrale de la Scandinavie : les dépôts de grès et de poulingues qui se trouvent sur la partie du littoral intermédiaire entre les golfes de Sogne et de Drontheim, et qui recouvrent des schistes argilo-feuilletés, sont sans doute plus modernes. L'analogie pétrographique porterait à croire qu'il en est de même des grès et conglomérats du Finmark oriental, si la question n'était compliquée et obscurcie par leur infra-position apparente, relativement aux roches quartzo-schisteuses situées plus à l'ouest.

Néanmoins, si nous faisons abstraction de ces dépôts, dont la position géologique est problématique, et si nous rangeons par ordre d'ancienneté les formations semi-cristallines dont la position peut être appréciée d'une manière probable, nous mettrons à la base la formation quartzeuse du Nummedal et du Tellemark ; au-dessus, nous placerons, comme étant un peu plus modernes, les formations calcaréo et quartzo-schisteuses de la Scandinavie centrale, puis celles du Finmark ; et la série sera terminée par les dépôts de grès et conglomérat situés sur la côte occidentale de la Norwège, dépôts auxquels il faudra peut-être joindre ceux du Finmark oriental.

On peut considérer comme correspondant probablement aux formations semi-cristallines du Finmark et de la Scandinavie centrale des roches quartzueuses et calcaréo-schisteuses qui affleurent aux environs de la petite ville de Torneå, et sur lesquelles il nous reste encore quelques détails à ajouter.

#### Formations quartzueuses et calcaréo-schisteuses des environs de Torneå.

Dans la partie méridionale de la Laponie, près de l'embouchure du fleuve Torneå dans le golfe de Botnie, affleurent des roches de quartz schisteux, de schiste argileux et de pierre calcaire, qui ont déjà attiré l'attention de M. de Buch, lors de son voyage en Laponie. La colline de Nivavara qui s'élève sur la rive gauche du Torneå Elv, en face du village de Korpikyla, présente une composition très différente des collines d'Avasaxa, Luppiovara, Pullinghi, situées plus au nord. Au lieu de consister, comme ces dernières, en un mélange de granite et d'un peu de gneiss, elle est formée de quartz schisteux, mélangé de parties talqueuses ou stéatiteuses, onctueuses au toucher. La couleur de cette roche varie du gris au vert jaunâtre ; on y voit de larges veines de quartz hyalin et des grenats rouges, rassemblés en petites masses granulaires. Les couches sont un peu ondu-

lées ; leur direction et celle de la montagne ne sont pas tout à fait parallèles au cours du fleuve ; elles courent à peu près de l'O. N. O. à l'E. S. E. ; leur pendage est de 80° au N. E.

Au sud-est de la colline de Nivavara, le quartz schisteux est caché par le dépôt de transport diluvien, mais je l'ai vu reparaitre sur le littoral, entre l'embouchure du Torneå et celle du Kemi Elv, à peu de distance à l'ouest du bourg de Kemi : ici le quartz gris blanc est un peu moins schisteux qu'à Nivavara ; il contient de petits feuilletés micacés, des grenats rosés, granulaires, et beaucoup de petites amandes de quartz hyalin. La stratification, qui est bien marquée, n'est pas tout à fait la même qu'à Nivavara ; les couches courent du N. O. au S. E., avec pente de 68° au N. E. Cette direction me paraît plus normale que celle des couches de Nivavara, car elle se rapproche davantage de l'orientation moyenne de la bande quartzreuse, qui paraît s'étendre d'une localité à l'autre ; il est à noter que le pendage est dans le même sens aux deux points extrêmes. M. Albrecht, avec qui j'ai visité la Finlande, m'a dit que, dans la partie centrale de cette contrée, il existe des roches quartzreuses qui paraissent se rattacher au quartz schisteux de Kemi ; et celui-ci formerait alors une bande discontinue, s'étendant des bords du Torneå Elv aux environs de Kuopio, suivant la direction N. O.-S. E.

Le quartz schisteux que nous venons de décrire pourrait, s'il était seul, être considéré comme se rattachant au terrain gneissique ; mais à peu de distance de Nivavara, un peu au sud de Rukkola, on voit affleurer du schiste argileux, et, si l'on en juge par les blocs épars à la surface du sol, cette roche doit s'étendre jusqu'auprès de Nivavara. Elle saillit dans le lit du fleuve Torneå, à la cataracte de Julha, entre Kukkola et Voyakkala. Ce schiste semble parfois passer à la grauwacke schisteuse ; mais, en général, il a un aspect un peu chatoyant, et l'on y distingue de petits feuilletés de mica ; il ressemble aux schistes argilo-miacés, si communs en Laponie et dans la province de Drontheim. Il est accompagné d'un calcaire noir et subcompacte. La direction de ces roches est un peu variable, mais analogue à celle des couches de Nivavara ; elle varie de l'O. à l'O. N. O., avec pente de 40° au N. E., de façon que ce schiste argileux paraît s'enfoncer au-dessous de la bande de quartz schisteux de Nivavara et de Kemi.

Immédiatement au-dessous de la cataracte de Julha, j'ai vu affleurer du granite à grains moyens et un peu petits, dont le feldspath est rouge clair : il est analogue à celui que nous avons cité aux environs de Kautokeino. On le rencontre fréquemment dans la plaine qui environne l'embouchure du Torneå Elv : il y forme de petites bosses aplaties, et à peine saillantes, qui séparent les divers affleurements du terrain calcaré et quartzo-schisteux. Un autre lambeau de terrain argilo-schisteux paraît encore se trouver sur la côte où le Calix Elv se jette dans le golfe de Botnie ; car, sur la presqu'île de Storö, et aux environs, Hermelin a signalé l'existence d'un calcaire compacte et de schiste argileux, d'un gris noirâtre ; auprès il y a de la syénite.

J'ai fait connaître dans ce mémoire les diverses formations de schistes, de quartzite, de conglomérat et de pierre calcaire qui sont plus récentes que le gneiss primitif, et antérieures, au moins pour la plupart, à la période silurienne. Avant d'aborder la description des terrains paléozoïques de la Scandinavie, nous allons d'abord étudier les phénomènes de soulèvement qui ont redressé les terrains non fossilifères, avant que les couches siluriennes aient commencé à se déposer.

Étude des soulèvements qu'ont éprouvés les terrains azoïques du nord de l'Europe.

*Multiplicité des directions des roches schisteuses et des accidents orographiques.* — L'étude des systèmes de soulèvement dont les terrains azoïques de la Scandinavie portent l'empreinte est sujette à de grandes difficultés, à cause de la diversité et de la multiplicité des directions que présentent les roches schisteuses et les accidents de la surface du sol. Quoique la côte norvégienne et la ligne de montagnes adjacentes paraissent dirigées moyennement du N. N. E. au S. S. O., elles sont loin d'offrir à un observateur attentif des caractères de simplicité : il suffit même d'examiner quelques instants une carte de la Scandinavie, pour reconnaître qu'une portion considérable des principaux traits orographiques n'est point subordonnée à cette orientation N. N. E.-S. S. O. D'ailleurs, si l'on pénètre dans l'intérieur du pays, et que l'on étudie la disposition des feuillets ou strates des roches anciennes, on observera de telles variations, qu'il semble difficile, au premier abord, de rapporter à un système bien défini des directions qui paraissent dépourvues d'homogénéité.

Ces difficultés ne m'ont point arrêté, et, en suivant les principes qu'a si habilement établis M. Élie de Beaumont, j'espère être arrivé à des résultats qui ne manquent pas de précision. J'ai tâché de tenir compte, dans une juste mesure, de tous les éléments susceptibles de représenter les effets multiples des forces souterraines qui ont disloqué l'écorce terrestre et en ont modifié le relief. Ainsi, j'ai pris en considération la forme des accidents orographiques, les directions des roches schisteuses ou stratifiées, le mode d'allongement des roches massives, et l'alignement des principaux groupes de gîtes de fer oxydulé ou oligiste, que l'on peut envisager comme des variétés particulières de roches massives. Comme j'ai parcouru la Scandinavie et la Finlande d'une extrémité à l'autre, et en divers sens, les matériaux ne m'ont point fait défaut : d'ailleurs, j'ai pu, dans plusieurs cas, corroborer les conséquences déduites de mes propres observations par celles qui résultent des directions de roches qu'ont recueillies deux géologues fort distingués, MM. Nauman et Keilhau (1).

(1) Ce travail sur les systèmes de soulèvement du nord de l'Europe était rédigé, et un résumé en avait été publié dans le *Bulletin de la Société géologique* (2<sup>e</sup> série, t. VII, p. 683, séance du 17 juin 1850), et dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences* (t. XXX, p. 738), avant qu'eût

A la lecture de ce travail, on sera peut-être étonné de la multiplicité des phénomènes que je vais signaler comme ayant laissé des traces dans le nord de l'Europe : mes conclusions sont basées sur plus de trois mille observations de directions de terrains stratifiés ou schisteux, indépendamment des données fournies par les accidents orographiques et par les alignements de mines de fer. Quelques-uns de ces nouveaux systèmes peuvent n'être que des phénomènes locaux, que des groupes de dislocations propres aux régions scandinaves, mais plusieurs ont une importance évidente, d'autant plus que déjà j'ai pu en reconnaître des traces dans d'autres parties de l'Europe. D'ailleurs la multiplicité des soulèvements qui ont sillonné le nord de l'Europe paraîtra moins étrange, si l'on considère que les formations schisteuses de la Scandinavie doivent être comptées parmi les plus anciens membres de l'écorce terrestre, et que nulle part en Europe les terrains primitifs n'offrent un développement aussi considérable et ne s'étendent sur d'aussi vastes surfaces. La simple inspection d'une carte géographique un peu étendue suffit pour montrer que la Scandinavie a été soumise à des phénomènes de dislocation très multipliés. En aucun autre pays de l'Europe on ne trouverait un littoral aussi découpé, ou, pour mieux dire, aussi haché que la côte norvégienne. Ses longues découpures entrecroisées, et dirigées dans des sens très divers, ne résultent certainement point d'actions érosives : des crevasse aussi profondes et à parois abruptes ne peuvent être que des déchirures produites par différents phénomènes de dislocation.

Du reste, je suis convaincu depuis longtemps que les principaux groupes de montagnes de l'Europe portent l'empreinte de soulèvements ou de dislocations multiples, que l'on parviendra à constater avec précision, dès que l'on possédera un ensemble suffisant d'observations. Déjà j'ai montré dans les Pyrénées (1) l'action successive de systèmes de soulèvements plus multipliés qu'on ne le croyait auparavant. La comparaison des traits orographiques et stratigraphiques m'a fait découvrir en Scandinavie une complexité encore plus grande, et, dans quelque temps, je déduirai des conclusions analogues des nombreuses observations que, depuis plusieurs années, j'ai recueillies dans l'ouest de la France. La manière de voir que j'exprime ici sur la multiplicité des phénomènes qui ont produit chaque groupe de montagnes est d'ailleurs parfaitement en harmonie avec les nouveaux progrès qu'a faits la théorie des soulèvements, par suite des derniers travaux de M. Élie de Beaumont.

paru la 3<sup>e</sup> livraison de la *Gæa Norvegica* de M. Keilhau, livraison où il cite un grand nombre d'observations stratigraphiques relatives aux roches schisteuses de la Norvège. En lisant ces intéressantes observations, j'ai été heureux d'y trouver une pleine confirmation des résultats de mes recherches ; et, après avoir examiné ces documents, je ne vois aucune modification à introduire dans l'expression des faits que j'ai publiés en 1850, comme servant de base à l'établissement des nouveaux systèmes de dislocations.

(1) *Annales des mines*, 4<sup>e</sup> série, t. VI, p. 54 (1844).

L'étude des directions des roches schisteuses ou stratifiées doit être la base fondamentale de la détermination des systèmes de soulèvements ; aussi c'est par l'examen comparatif de ces directions que je procéderai d'abord ; mais, à mesure que j'obtiendrai un résultat, je tâcherai de le vérifier, en comparant les dispositions des roches avec l'orientation des principaux accidents orographiques de la région environnante.

Dans mes recherches sur les soulèvements qu'ont éprouvés les terrains anciens de la Suède, de la Norwège et de la Finlande, un point important du problème consistait à choisir, dans la vaste étendue de pays où ont eu lieu les observations, les zones qui possèdent les caractères les plus prononcés d'homogénéité et de simplicité ; ici il serait difficile de trouver des régions qui n'aient subi qu'un seul soulèvement, mais on peut concevoir des zones plus ou moins circonscrites, dans lesquelles prédomine un système particulier, d'une manière assez évidente pour qu'il puisse être constaté facilement.

Tableau stratigraphique n° 1 : région gneissique d'Arendal.

La première zone par laquelle commencera cette étude est celle qui forme le littoral des environs d'Arendal, et qui constitue la partie basse du Tellemark et du Nedenäs (*Nedre Tellemarken et Nedenäs*) : elle présente une surface ondulée et un peu montueuse, à contours arrondis, entrecoupée de vallées ou de dépressions occupées par des lacs ; elle s'étend depuis le golfe de Langesund et le lac Nordvand ou Nordsoë (au nord-ouest de Skien), jusqu'aux environs de Christiansand. Quand on explore les environs d'Arendal, on voit la direction des couches présenter des changements assez fréquents, mais presque toujours elle varie entre le N. N. E. et l'E. N. E. Je puis rappeler ici des faits précédemment exposés dans mon mémoire sur les gîtes métallifères de la Suède, Norwège et Finlande (1). Les environs d'Arendal renferment les plus importantes mines de fer de la Norwège, et offrent une bande ferrifère presque continue, qui s'étend depuis Öyestad jusqu'à Flakstad (sur l'île Nälsöe), et qui est dirigée à peu près du S. O. au N. E., sur une longueur de 25 kilomètres. Il y a, un peu plus au nord-ouest, une deuxième bande, moins vaste et dirigée de même, s'étendant du bourg de Froland à l'usine de Næs. D'autres mines sont encore exploitées sur le littoral, entre Arendal et Langesund, et leur ensemble forme comme une longue zone disposée parallèlement au littoral, du N. E. au S. O.

Les roches schisteuses des environs d'Arendal, et les gîtes qu'elles encaissent, sont orientés dans le même sens ; mais d'une extrémité à l'autre de la principale bande ferrifère d'Arendal, leur direction passe graduellement du N. N. E. à

(1) *Observations sur les gîtes métallifères de la Suède, de la Norwège et de la Finlande (Annales des mines, t. XV, p. 209).*

l'E. N. E. ; c'est vers l'extrémité méridionale, à Larrestwed, Nödebro ( près Öyes-tad ) que la direction se rapproche le plus du N. Près d'Arendal elle est généralement voisine du N. E., et ne diffère pas notablement de l'orientation moyenne des roches de gneiss dans la contrée dont nous avons tracé plus haut les limites, et qui forme la partie basse du Tellemark et du Nedenäs : c'est ce qui est mis en évidence par le tableau ci-contre, dans lequel j'ai réuni toutes les directions que j'ai observées dans cette région. Ce tableau a été dressé d'après la méthode de M. Élie de Beaumont (1), c'est-à-dire que j'ai considéré la surface d'un demi-cercle comme étant partagée en espaces angulaires de cinq degrés, et à chacune des divisions j'ai rapporté les directions qui s'en rapprochent le plus ; quant aux directions également écartées de deux divisions successives, je les ai partagées en deux moitiés ; mais afin d'éviter la fraction  $\frac{1}{2}$ , tous les nombres ont été doublés.

TABLEAU N° 1. — RÉGION GNEISSIQUE D'ARENDAL.

|            |             |             |                |
|------------|-------------|-------------|----------------|
| O. 7       | N. 45° O. 2 | N. 6        | E. 45° N. 44 } |
| O. 5° N. 3 | N. 40 O. 2  | N. 5° E. 6  | E. 40 N. 42 }  |
| O. 10 N. 5 | N. 35 O. 1  | N. 10 E. 11 | E. 35 N. 31    |
| O. 15 N. 2 | N. 30 O. 3  | N. 15 E. 20 | E. 30 N. 24    |
| O. 20 N. 3 | N. 25 O. 3  | N. 20 E. 25 | E. 25 N. 19    |
| O. 25 N. 4 | N. 20 O. 6  | N. 25 E. 24 | E. 20 N. 18    |
| O. 30 N. 3 | N. 15 O. 5  | N. 30 E. 27 | E. 15 N. 12    |
| O. 35 N. 4 | N. 10 O. 7  | N. 35 E. 31 | E. 10 N. 5     |
| O. 40 N. 2 | N. 5 O. 10  | N. 40 E. 33 | E. 5 N. 6      |

On voit ressortir dans ce tableau un groupe très considérable de directions, compris entre le N. E. et l'E. 40 N., et ayant pour valeur moyenne l'E. 43 N. Il y a, en outre, un assez grand nombre de directions comprises entre le N. 10 E. et l'E. 15 N. : elles se rattachent probablement à divers systèmes ; mais, au lieu de présenter des rassemblements particuliers, elles semblent former comme un cortège autour du groupe actuel. Les observations que M. Keilhau a publiées dans la 3<sup>e</sup> livraison de la *Gaea Norwegica* (p. 374), postérieurement à ma première notice, sont tout à fait d'accord avec les miennes, car il dit que « le long de la côte sud- » est de la Norvège, il y a une large zone de gneiss, qui commence un peu à l'est » de Christiansand, et s'étend jusqu'à la limite du terrain de transition de Chris- » tiania, en présentant des directions comprises très régulièrement entre hora 2 » et 4 (N. 30 E. et E. 30 N.) (2), avec une inclinaison presque aussi constante vers » le S. E. »

(1) *Explication de la carte géologique de la France*, par MM. Dufrénoy et Élie de Beaumont (t. I, p. 464).

(2) Je ferai observer que, si l'on cherche à réunir en tableaux les directions qui sont énumérées dans la *Gaea Norwegica*, fort souvent il est difficile d'y distinguer des groupes bien caractérisés, et appartenant aux systèmes les plus développés ; c'est que M. Keilhau, au lieu de citer dans son ou-

Je dois ajouter que le littoral qui s'étend des environs de Christiansand à Langesund est dirigé presque en ligne droite, du N. E. au S. E., dans un sens parallèle à l'orientation moyenne des couches ; tout concourt donc à démontrer l'existence d'un système de dislocations dirigé moyennement à l'E. 43 N. Mais il faut examiner s'il ne coïncide pas avec l'un de ceux que M. Élie de Beaumont a établis : les deux systèmes qui s'en rapprochent le plus sont : celui de Longmynd, qui, transporté aux environs d'Arendal, court au N. 32 E. (1), et celui de Westmoreland, qui est ici dirigé de l'E. 30  $\frac{1}{2}$  N. à l'O. 30  $\frac{1}{2}$  S. Or, les directions E. 43 N. de la côte d'Arendal font un angle de 15 degrés avec le premier de ces systèmes, et de 12 1/2 degrés avec le second. Ces différences sont certainement trop considérables pour qu'on puisse les attribuer à des causes d'erreur, ou à une déviation locale. Je ne puis donc hésiter à considérer comme formant un nouveau système les redressements et dislocations qu'ont éprouvés les roches schisteuses d'Arendal et la côte environnante, suivant la direction N. E., qui est également propre aux bandes de minerai de fer enclavées dans le gneiss.

Comme Arendal est une localité célèbre parmi les minéralogistes, et importante à la fois par ses mines et par son commerce ; comme c'est l'un des points où mon nouveau système se montre le plus développé, je proposerai de l'appeler *système d'Arendal* : si l'on préférerait lui donner le nom de la contrée plutôt que celui d'une ville, on pourrait le nommer *système du bas Tellemark*. Les hautes parties du Tellemark et du Nedencæs, qui sont plus éloignées de la côte, et où les accidents du sol sont plus élevés, présentent aussi beaucoup de directions du gneiss appartenant au système d'Arendal ; mais elles y sont mélangées de directions qui doivent être rapportées à d'autres systèmes de redressement.

En ce qui concerne son âge, on ne peut douter que le système d'Arendal soit antérieur à l'époque silurienne ; car l'inspection d'une carte géographique du midi de la Norwège montre un contraste évident entre la configuration du littoral situé au nord de Langesund et celle de la côte située au midi : aux environs d'Österrisöer, on voit quelques baies dirigées de l'est à l'ouest ; mais la direction générale de la côte de Krageröe, Tvedestrand et Arendal, ainsi que des îles adjacentes, est du N. E. au S. O., tandis que les sinuosités du littoral de Laurwig sont presque exclusivement dirigées entre le N. et le N. O. La ligne de démarcation, qui est tout à fait tranchée, se trouve précisément au fiord de Langesund, qui

vraie les résultats de chaque observation isolée, rapporte des moyennes ou des groupes de directions, dont chacun a une valeur très inégale, comme représentant un nombre de mesures plus ou moins considérable ; en outre, il cite des directions recueillies par d'autres géologues, et qui expriment probablement les résultats de mesures isolées.

(1) Comme les observations à l'aide desquelles on détermine l'orientation des systèmes de soulèvement ne comportent presque jamais une exactitude de plus d'un degré, je n'ai pas jugé nécessaire de marquer les minutes dans l'expression de l'angle que font ces divers systèmes avec les méridiens.

sépare les formations paléozoïques des schistes cristallins situés au midi. De plus, aux environs de Brevig et de Langesund, on voit les couches siluriennes inférieures reposer, à stratification discordante, sur le gneiss dirigé ici entre l'E. N. E. et le N. N. E., comme aux environs d'Arendal.

La suite de ce travail montrera que le système d'Arendal est l'un des plus importants de la Scandinavie, et qu'il se manifeste dans presque toute l'étendue de la Suède, de la Norvège et de la Finlande, depuis le 58° jusqu'au 71° degré de latitude, et depuis le 3° jusqu'au 29° degré de longitude orientale, jusque sur les rives du lac Ladoga, aux environs de Saint-Pétersbourg (1). On serait porté à le considérer comme ayant coïncidé avec l'apparition des minerais de fer oxydulé; néanmoins, comme ces minerais se montrent aussi alignés suivant d'autres directions, il est possible qu'ils se soient introduits suivant les plans de redressement de roches déjà soulevées.

TABLEAU N° 2. — SCHISTES CRISTALLINS DES ENVIRONS DE KONGSBERG.

|            |             |             |             |
|------------|-------------|-------------|-------------|
| O. 2       | N. 45° O. 2 | N. 31       | E. 45° N. 3 |
| O. 5° N. 2 | N. 40 O. 4  | N. 5° E. 19 | E. 40 N. 2  |
| O. 10 N. » | N. 35 O. 11 | N. 10 E. 16 | E. 35 N. 1  |
| O. 15 N. 4 | N. 30 O. 12 | N. 15 E. 17 | E. 30 N. 1  |
| O. 20 N. 3 | N. 25 O. 15 | N. 20 E. 10 | E. 25 N. »  |
| O. 25 N. 2 | N. 20 O. 28 | N. 25 E. 5  | E. 20 N. »  |
| O. 30 N. 3 | N. 15 O. 35 | N. 30 E. 8  | E. 15 N. 1  |
| O. 35 N. 3 | N. 10 O. 38 | N. 35 E. 6  | E. 10 N. 1  |
| O. 40 N. 1 | N. 5 O. 36  | N. 40 E. 2  | E. 5 N. »   |

Avant de quitter le midi de la Norvège, il me paraît convenable de faire connaître les phénomènes qui ont produit le redressement des terrains schisteux des environs de Kongsberg et de la vallée du Snarum-Elv, terrains si importants par les riches dépôts d'argent et de cobalt que l'on y exploite, et que j'ai décrits dans le mémoire déjà cité. Quand j'ai visité les mines de Kongsberg et des environs de Modum, j'ai exploré la région environnante, et j'y ai fait un grand nombre d'observations stratigraphiques. Les roches de gneiss, de schiste micacé, quartzeux et amphibolique y suivent des directions qui varient généralement du N. au N. N. O. Aux environs de Kongsberg, sur la rive droite du Lauven-Elv, elles courent moyennement du N. 10 O. au S. 10 E., et la régularité de leur disposition a été démontrée par les études minutieuses dont la région argentifère a été l'objet. Dans la vallée du Snarum-Elv, leur direction est plus fréquemment voisine de la ligne N. S. Le tableau ci-dessus (n° 2) offre l'ensemble des observations

(1) Dans le tableau que donne M. Élie de Beaumont (*Explication de la carte géologique de la France*, t. I, p. 466) des directions qu'il a observées sur les montagnes des Maures et de l'Esterel, la direction N. E. est de beaucoup prédominante (sous environ 4 degrés de longitude orientale); or, cette direction est presque exactement parallèle au système d'Arendal.

stratigraphiques recueillies par moi à l'ouest du terrain de transition de Christiania, aux alentours des vallées du Lauven-Elv et du Snarum-Elv.

On ne distingue, d'une manière nette, dans ce tableau qu'un seul système de directions, dont l'axe correspond à la ligne N. 10° O.; or, si par cette région on mène un arc de cercle parallèle au système de la Vendée, il coupera le méridien de Kongsberg sous un angle d'environ 11 1/2 degrés à l'ouest, et il coïncidera, à 1 1/2 degré près, avec l'orientation des roches schisteuses de cette localité. Le système du Forez, transporté ici, offrirait une coïncidence encore plus parfaite; mais comme les directions N. 10° O. ne se prolongent pas dans la partie adjacente du terrain silurien, laquelle s'appuie sur le gneiss à stratification transgressive, et en courant ici à l'E. N. E., on ne peut pas supposer que le système post-silurien du Forez ait imprimé aux schistes métallifères de la vallée de Lauven l'orientation qu'ils présentent; car elle résulte évidemment d'un système de soulèvement antésilurien, et qui paraît être le système de la Vendée, tel que l'a exposé M. Rivière et que l'a admis M. Élie de Beaumont. Je ferai remarquer, d'ailleurs, que la direction N. 10° O. représente l'orientation moyenne des célèbres fahlbandes ou assises pyritifères de Kongsberg, qui s'étendent sur 28 kilomètres de longueur, depuis Liöterud, sur le Dals-Elv, jusqu'à Rustad sur le Lauven.

Quant aux schistes micacés, quartzeux et amphiboliques, qui accompagnent le gneiss dans la vallée du Snarum-Elv, et qui présentent des fahlbandes analogues à celles de Kongsberg, mais imprégnées de sulfarséniures cobaltifères, les portions où l'on exploite les mines de cobalt de Skuterud et celles de Svartefield, près de Snarum, courent sur une assez grande étendue du N. au S., ou du N. quelques degrés O. au S. quelques degrés E., suivant une orientation propre à un système de soulèvement que nous définirons un peu plus loin (S. méridien de la Scandinavie) (1). Néanmoins la bande cobaltifère qui s'étend de Skuterud aux mines de Snarum, sur une étendue de 8 à 9 kilomètres, court à peu près du N. 10° O. au S. 10° E., c'est-à-dire parallèlement aux assises pyritifères de Kongsberg. Ainsi on peut considérer le système de la Vendée comme étant le plus développé parmi ceux qui ont redressé les schistes métallifères des environs de Kongsberg et de la vallée du Snarum-Elv; d'autant plus que le Lauven-Elv, près de Kongsberg, et le Snarum-Elv, avant sa jonction avec le Drams-Elv, de même que plusieurs autres rivières et lacs de cette région, sont disposés dans un sens à peu près parallèle: on pourrait donc à la dénomination de *système de la Vendée* adjoindre celle de *système de Kongsberg*.

(1) D'après M. Keilhau (voyez *Gæa Norwegica*, p. 374), dans la zone des environs de Kongsberg, la direction N. S. serait prédominante; s'il en était ainsi, le système que j'ai nommé *système méridien de la Scandinavie* serait ici le plus développé; cependant, d'après mes observations, il paraît l'être un peu moins, dans cette région, que celui de la Vendée.

TABLEAU N° 3. — TERRAIN GNEISSIQUE DE LA SUÈDE CENTRALE ET ORIENTALE.

|            |             |             |              |
|------------|-------------|-------------|--------------|
| O. 6       | N. 45° O. 3 | N. 19       | E. 45° N. 32 |
| O. 5° N. 8 | N. 40 O. 4  | N. 5° E. 17 | E. 40 N. 37  |
| O. 10 N. 5 | N. 35 O. 2  | N. 10 E. 15 | E. 35 N. 34  |
| O. 15 N. 4 | N. 30 O. 4  | N. 15 E. 14 | E. 30 N. 26  |
| O. 20 N. 4 | N. 25 O. 5  | N. 20 E. 26 | E. 25 N. 18  |
| O. 25 N. 5 | N. 20 O. 9  | N. 25 E. 41 | E. 20 N. 12  |
| O. 30 N. 7 | N. 15 O. 10 | N. 30 E. 30 | E. 15 N. 10  |
| O. 35 N. 6 | N. 10 O. 6  | N. 35 E. 24 | E. 10 N. 5   |
| O. 40 N. 4 | N. 5 O. 12  | N. 40 E. 29 | E. 5 N. 2    |

Maintenant, au lieu de continuer à discuter les observations stratigraphiques relatives à la Norwège, je vais passer à la Suède, parce que nous allons y reconnaître des systèmes de redressement qui ne se manifesteraient pas d'une manière aussi nette dans les montagnes de la Norwège. Nous allons considérer la partie centrale et orientale de la Suède, celle qui est située entre le 59° et le 61° degré de latitude, entre le golfe de Botnie et le 41° degré de longitude orientale ; elle comprend la portion centrale et méridionale de la Dalécarlie et les régions limitrophes, telles que l'Uplande, la Westmanie, le nord de la Néricie et l'est de la Vermlandie. Le tableau n° 3 résume mes observations stratigraphiques relatives à cette zone, qui est limitée, du côté sud-est, par les lacs Mälär et Hjelmär ; on y voit deux systèmes prédominants : l'un situé entre l'E. 35 et E. 45° N., qui correspond au système d'Arendal ; et un autre, compris entre le N. 20 et 30° E., dont la direction se rapproche de celle du système du Rhin (ici N. 28° E.). Le système N. 25° E. est très développé dans la Dalécarlie méridionale, et il se manifeste à la fois par la direction des roches schisteuses, et par les alignements des nombreux gîtes de fer oxydulé et oligiste qui y sont enclavés. Lorsque j'ai visité la Suède, j'ai pris des calques d'un grand nombre de plans de mines, que les ingénieurs suédois m'ont communiqués avec une bienveillance dont j'ai conservé un souvenir reconnaissant.

L'examen de ces plans a servi à fixer mes idées sur certains points de la question actuelle ; j'ai considéré surtout les plans des bandes de minerai de fer qui sillonnent en divers sens le midi de la Dalécarlie et les provinces adjacentes ; ces bandes sont fort nombreuses dans les paroisses de Norberg, Säter, Tuna, Grangjärde, etc. Elles ne sont pas toutes dirigées de la même manière, et souvent elles présentent des déviations. Les variations qui ont lieu dans leur allure peuvent s'expliquer de plusieurs manières, soit en supposant que ces lignes d'amas, et les couches qui les encaissent, aient été infléchies postérieurement en divers sens, soit en concevant que les masses ferreuses se soient injectées suivant différentes directions, ou bien encore qu'elles se soient simplement introduites suivant les plans de schistosité de roches déjà redressées. Quoi qu'il en soit, l'orientation de ces séries d'amas est évidemment un des éléments importants du problème que nous cher-

chons à résoudre. Dans la Dalécarlie méridionale et la région limitrophe, les bandes ferreuses suivent des directions qui sont toujours comprises entre le N. et le N. 80° E., comme on peut le voir en regardant les plans que j'ai annexés à mon *Mémoire sur les gîtes métallifères de la Suède, de la Norwège et de la Finlande* (planche III) : Il semble que la ligne N. 40° E., qui est également écartée des deux limites N. et N. 80° E., devrait représenter l'orientation moyenne des bandes ferreuses, mais il n'en est point ainsi. J'ai relevé avec soin, sur les nombreux plans de mines que je possède, les directions de ces bandes qui m'ont paru être les plus régulières, et je les ai réunies dans le tableau ci-après : pour le former, j'ai dû nécessairement tenir compte de la longueur des séries de gîtes qui présentaient une allure uniforme ; j'ai pris 50 mètres pour unité de longueur conventionnelle, de façon qu'une bande rectiligne, dont l'étendue est de 350 mètres, a pour coefficient 7.

Ce tableau concorde avec celui n° 3, qui comprend toutes les directions de couches que j'ai observées dans cette région ; l'un et l'autre conduisent aux mêmes conclusions : dans le tableau des alignements des gîtes de minerai de fer, on voit ressortir d'une manière encore plus frappante le système N. 25° E., qui paraît prédominer dans la Dalécarlie méridionale, surtout dans la paroisse de Grangjärde. Il y a un certain nombre de masses ferreuses dont l'allongement est dirigé entre le N. 30 et le N. 45° E., et qui, par suite, peuvent être rapportées au système de Longmynd (ici N. 38° E.) ; mais elles sont en nombre moindre. Le système d'Arendal se manifeste dans certaines localités, et notamment dans l'orientation de la longue série de gîtes du Bispberg.

On pourrait être tenté de considérer la cause qui a produit les directions N. 25° E. du sud de la Dalécarlie comme se rattachant au système du Rhin, qui, transporté de Strasbourg ici, devient N. 29° E. : mais une coïncidence d'âge entre ces deux phénomènes me paraît inadmissible ; car les roches schisteuses qui encaissent les amas de minerai de fer de l'intérieur de la Suède sont redressées presque verticalement, tandis que, un peu plus au sud-est, se montrent des couches siluriennes, qui ont conservé leur position horizontale. Je regarde le système du Rhin et celui du nord de l'Angleterre comme deux phénomènes qui ont disloqué les dépôts paléozoïques du midi de la Suède, et les ont réduits en lambeaux ; mais ici, comme dans l'est de la France, le système du Rhin me paraît avoir agi plutôt en produisant des fractures, qu'en redressant les terrains schisteux ou stratifiés. Aussi, pour peu que l'on admette les directions N. 26° E. de l'intérieur de la Suède comme appartenant à un système particulier, il faudra convenir que ce système est antérieur à celui du Rhin, et même à l'époque silurienne. Si l'on mène une ligne qui lui soit parallèle, à la latitude de 64 degrés, et sous le 10° degré de longitude, elle sera dirigée au N. N. E., et coïncidera exactement en direction avec l'axe de la série de montagnes qui existe à la séparation de la Suède et de la Norwège, entre le 64° et le 68° degré de longitude, et qu'on désigne

TABLEAU N° 3 bis : DIRECTIONS DE PLUSIEURS BANDES DE MINÉRAI DE FER DE LA SUÈDE.

| NOMS DES MINES<br>ET<br>DES PAROISSES OU ELLES SONT SITUÉES. | DIRECTIONS<br>moyennes<br>des lignes<br>de gîtes. | LONGUEUR<br>de<br>la partie<br>mesurée<br>(en mètr.) | DIRECTIONS   |         |    |             |    |    |    |    |    |               |          |                   |    |    |    |    |    |
|--|---|--|--------------|---------|----|-------------|----|----|----|----|----|---------------|----------|-------------------|----|----|----|----|----|
|  |   |  | N.           | N. 5 E. | 10 | 15          | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | N. E.         | E. 40 N. | 35                | 30 | 25 | 20 | 15 | 10 |
| <b>Paroisse de Graugjärde.</b>                               |   |  |              |         |    |             |    |    |    |    |    |               |          |                   |    |    |    |    |    |
| Groupe de mines de Bastberg, Tun-<br>karlsberg et Ivik.      |   |  |              |         |    |             |    |    |    |    |    |               |          |                   |    |    |    |    |    |
| Mines de Nyaker . . . . .                                    | N. 30 E.  | 185 <sup>m</sup>                                     |              |         |    |             |    |    |    | 4  |    |               |          |                   |    |    |    |    |    |
| — Badband . . . . .  | N. 41 E.  | 125  |              |         |    |             |    |    |    |    |    |               |          |                   |    |    |    |    | 2  |
| — Stall et Per Anderson . . . . .                            | N. 28 E.  | 420  |              |         |    |             |    |    | 1  | 1  |    |               |          |                   |    |    |    |    |    |
| — Lång et Norra-Grand . . . . .                              | N. 17 E.  | 300  |              |         |    |             | 3  | 3  |    |    |    |               |          |                   |    |    |    |    |    |
| Mines situées un peu plus au S. O.                           | N. 22 $\frac{1}{2}$ E.                            | 490  |              |         |    |             |    | 2  | 2  |    |    |               |          |                   |    |    |    |    |    |
| <b>Groupe de Grängesberget (1).</b>                          |   |  |              |         |    |             |    |    |    |    |    |               |          |                   |    |    |    |    |    |
| Wästra Ormberget . . . . .                                   | N. 24 E.  | 340  |              |         |    |             |    |    |    | 7  |    |               |          |                   |    |    |    |    |    |
| Mines voisines des précédentes . . . . .                     | N. 26 E.  | 260  |              |         |    |             |    |    |    | 5  |    |               |          |                   |    |    |    |    |    |
| Södra Grängesberget . . . . .                                | N. 15 E.  | 240  |              |         |    |             | 5  |    |    |    |    |               |          |                   |    |    |    |    |    |
| Norra Grängesberget . . . . .                                | N. 25 E.  | 300  |              |         |    |             |    |    |    | 6  |    |               |          |                   |    |    |    |    |    |
| Mines voisines des précédentes . . . . .                     | N. 19 E.  | 250  |              |         |    |             |    | 5  |    |    |    |               |          |                   |    |    |    |    |    |
| Mines de Strand . . . . .                                    | N. 27 E.  | 600  |              |         |    |             |    |    |    | 6  | 6  |               |          |                   |    |    |    |    |    |
| Mines situées à l'extré E. de Strand.                        | E. 44 N.  | 450  |              |         |    |             |    |    |    |    |    |               |          |                   |    |    |    | 3  |    |
| Risberget et mines adjacentes . . . . .                      | N. 24 E.  | 700  |              |         |    |             |    |    |    | 14 |    |               |          |                   |    |    |    |    |    |
| Mines situées entre Strand et Ris-<br>berget . . . . .       | N. 26 E.  | 340  |              |         |    |             |    |    |    | 7  |    |               |          |                   |    |    |    |    |    |
| <b>Groupe de Hacksberg.</b>                                  |   |  |              |         |    |             |    |    |    |    |    |               |          |                   |    |    |    |    |    |
| Mines de Kjäll, Lång, Jord, etc.                             | N. 3 E.   | 340  | 3            | 4       |    |             |    |    |    |    |    |               |          |                   |    |    |    |    |    |
| Stora Hacksberg . . . . .                                    | N. 2 $\frac{1}{2}$ E.                             | 90   | 1            | 1       |    |             |    |    |    |    |    |               |          |                   |    |    |    |    |    |
| Lilla Marnäs et Fall . . . . .                               | N. 14 E.  | 180  |              |         |    | 4           |    |    |    |    |    |               |          |                   |    |    |    |    |    |
| Stora Marnäs, Persbo, etc. . . . .                           | N. 7 $\frac{1}{2}$ E.                             | 300  |              |         |    |             | 3  | 3  |    |    |    |               |          |                   |    |    |    |    |    |
| Gran, Small, Våg, etc. . . . .                               | N. 3 E.   | 440  | 4            | 5       |    |             |    |    |    |    |    |               |          |                   |    |    |    |    |    |
| <b>Paroisse de Tuna.</b>                                     |   |  |              |         |    |             |    |    |    |    |    |               |          |                   |    |    |    |    |    |
| Mines de Bank, Kärr, etc. . . . .                            | E. 40 N.  | 350  |              |         |    |             |    |    |    |    |    |               |          |                   |    |    |    |    |    |
| Autres mines situées au S. E. . . . .                        | E. 42 N.  | 300  |              |         |    |             |    |    |    |    |    | 3             | 7        |                   |    |    |    |    |    |
| Tramp . . . . .  | N. 37 $\frac{1}{2}$ E.                            | 400  |              |         |    |             |    |    |    |    | 1  | 1             |          |                   |    |    |    |    |    |
| Ormstoten . . . . .  | E. 32 $\frac{1}{2}$ N.                            | 410  |              |         |    |             |    |    |    |    |    |               |          |                   |    |    | 1  | 1  |    |
| Strimm . . . . .   | E. 40 N.  | 400  |              |         |    |             |    |    |    |    |    |               |          |                   |    |    | 2  |    |    |
| Umålet (partie septentrionale). . . . .                      | N. 32 $\frac{1}{2}$ E.                            | 400  |              |         |    |             |    |    |    |    | 1  | 1             |          |                   |    |    |    |    |    |
| Pump et mines adjacentes . . . . .                           | N. 25 E.  | 450  |              |         |    |             |    |    |    |    | 3  |               |          |                   |    |    |    |    |    |
| Mines situées à l'Est. . . . .                               | E. 32 $\frac{1}{2}$ N.                            | 400  |              |         |    |             |    |    |    |    |    |               |          |                   |    |    | 1  | 1  |    |
| <b>Paroisse de Säter.</b>                                    |   |  |              |         |    |             |    |    |    |    |    |               |          |                   |    |    |    |    |    |
| Longue série des gîtes du Bisberg                            | E. 34 N.  | 1,300  |              |         |    |             |    |    |    |    |    |               |          |                   |    |    |    | 20 | 6  |
| <b>Paroisse de Norrberg.</b>                                 |   |  |              |         |    |             |    |    |    |    |    |               |          |                   |    |    |    |    |    |
| Mines de Tryghet, Bergman, etc.                              | N. 3 E.   | 450  | 4            | 5       |    |             |    |    |    |    |    |               |          |                   |    |    |    |    |    |
| Torstenberg { Tysk, Torsten, etc.                            | N. 17 E.  | 350  |              |         |    | 4           | 3  |    |    |    |    |               |          |                   |    |    |    |    |    |
| { Mor, Nybyg, etc. . . . .                                   | N. 28 E.  | 200  |              |         |    |             |    |    |    | 2  | 2  |               |          |                   |    |    |    |    |    |
| Nyamorberg . . . . .   | N. 40 E.  | 300  |              |         |    |             |    |    |    |    |    |               |          |                   |    |    |    |    |    |
| Kallmorberg . . . . .  | E. 18 N.  | 360  |              |         |    |             |    |    |    |    |    |               |          |                   |    |    |    |    |    |
| Mines voisines . . . . .                                     | E. 17 $\frac{1}{2}$ N.                            | 700  |              |         |    |             |    |    |    |    |    |               |          |                   |    |    |    | 4  | 3  |
| Gamla Morberg { partie S. . . . .                            | N. 31 E.  | 340  |              |         |    |             |    |    |    |    | 7  |               |          |                   |    |    |    | 7  | 7  |
| { partie N. . . . .  | N. 38 E.  | 400  |              |         |    |             |    |    |    |    |    |               |          |                   |    |    |    |    |    |
| Mines voisines . . . . .                                     | N. 39 E.  | 350  |              |         |    |             |    |    |    |    | 4  | 4             |          |                   |    |    |    |    |    |
| Norr-Bergs-Fältet . . . . .                                  | N. 19 E.  | 350  |              |         |    |             |    |    |    |    |    |               |          |                   |    |    |    |    |    |
| <b>Paroisse de Riddarhytta.</b>                              |   |  |              |         |    |             |    |    |    |    |    |               |          |                   |    |    |    |    |    |
| Mines de Hans Urban . . . . .                                | N. 35 E.  | 350  |              |         |    |             |    |    |    |    |    |               |          |                   |    |    |    |    |    |
| Mines de Myrback . . . . .                                   | E. 37 $\frac{1}{2}$ N.                            | 800  |              |         |    |             |    |    |    |    |    |               |          |                   |    |    |    | 8  | 8  |
| <b>Paroisse de Danemora.</b>                                 |   |  |              |         |    |             |    |    |    |    |    |               |          |                   |    |    |    |    |    |
| Danemora. { Mines du centre . . . . .                        | N. 30 E.  | 160  |              |         |    |             |    |    |    |    |    |               |          |                   |    |    |    |    |    |
| { Mines du sud . . . . .                                     | N. 6 E.   | 170  |              |         |    |             |    |    |    |    |    |               |          |                   |    |    |    |    |    |
|  |   |  | 12           | 21      | 7  | 12          | 20 | 53 | 24 | 13 | 20 | 6             | 20       | 30                | 8  | »  | 11 | 10 |    |
|  |   |  | S. méridien. |         |    | S. des Klö. |    |    |    |    |    | S. d'Årendal. |          | S. du Dovrefield. |    |    |    |    |    |

(1) Le groupe de Grängesberget, considéré dans son ensemble, forme une zone allongée du N. 23° E. au S. 25° O.

sous le nom de *Kiøl* ou *Kiölen* (prononcez *Kieulen*); c'est aussi la direction moyenne de la côte norvégienne entre les mêmes parallèles, et nous verrons, en discutant les observations stratigraphiques recueillies près du 64° degré de longitude, en Norwège et dans la région limitrophe de la Suède, que les directions N. N. E. y sont extrêmement fréquentes; par conséquent, le nom qui me paraît convenir à cet ensemble de redressements et de dislocations, est celui de *Système des Kiøl*; telle est la désignation que j'emploierai désormais.

*Origine de la zone montagneuse des Kiøl.* — Je suis conduit à considérer la zone montagneuse des *Kiøl* comme ayant été soulevée dans le sens du N. N. E. au S. S. O. avant la période silurienne, et ainsi je reporte à une époque géologique encore plus reculée, l'origine de ces montagnes que M. Élie de Beaumont avait d'abord considérées comme ayant été soulevées en même temps que les Alpes occidentales, mais que dernièrement il a supposé avoir subi antérieurement l'action du système du Rhin. De même que cet illustre géologue, j'admets que le système des Alpes occidentales et celui du Rhin n'ont probablement pas été sans influence sur l'élévation des montagnes de la Scandinavie, quoique la similitude de direction soit le seul motif de cette présomption : mais il me paraît indubitable que le système N. N. E., qui a redressé les roches métallifères de la Dalécarlie, et y a produit des collines ondulées, a dû soulever également la région montagneuse de la Norwège, dans laquelle on observe aussi des roches schisteuses redressées suivant la même direction. Dès le commencement de mes explorations dans le nord de l'Europe, j'ai été porté à regarder le premier soulèvement de ces montagnes comme datant d'une époque géologique très ancienne, car les couches siluriennes se tiennent toujours sur leurs flancs ou leurs contreforts, sans pénétrer jusque dans leur partie centrale, qui est exclusivement formée de roches azoïques.

Dans le tableau stratigraphique n° 3, et dans celui relatif aux alignements des gîtes de minerai de fer, outre les directions qui appartiennent aux systèmes d'Arendal, de Longmynd et des *Kiøl*, il est un petit groupe, dirigé au N. quelques degrés E., qui me paraît devoir être pris en considération : le système de soulèvement auquel je le rattache a marqué son empreinte dans la partie méridionale des montagnes situées à la séparation de la Suède et de la Norwège, au midi du 63° degré de latitude : il y a là une série de plates-formes qui vont en s'abaissant de plus en plus vers le sud et vers l'est, et qui sont hérissées d'une file de sommités alignées dans le sens du méridien, ou plus exactement, suivant la direction moyenne N. 4° O., qui est aussi celle du grand lac Fæmund, et qui, eu égard à la différence des longitudes, est parallèle aux directions N. 3° E. de l'intérieur de la Suède.

Cette ligne de soulèvements, qui coïncide presque avec le 10° degré de longitude à l'est de Paris, se rapproche à la fois des directions du système du nord de l'Angleterre (ici N. 7° 1/2 E.) et du système du Forez (ici N. 7° 1/2 O.) mais sans

qu'elle puisse être confondue avec elles. Comme la ligne de sommités qui, au sud du 63° degré de latitude, sépare les deux régions Scandinaves, coïncide presque avec la ligne N. S., je donnerai à ce système le nom de *système méridien de la Scandinavie*.

La détermination précise de son âge est sujette à quelques difficultés : le terrain de transition qui forme l'Est de la Dalécarlie s'étend sur une partie des plates-formes limitrophes entre la Norwège et la Suède, à la vérité sur la partie méridionale qui tend à s'abaisser de plus en plus. En outre, la région paléozoïque de Christiania offre, sur le littoral, des découpures dirigées à peu près du N. au S., c'est même là l'orientation moyenne du fiord de Christiania ; cette contrée a donc subi, postérieurement à l'époque silurienne, des actions mécaniques développées dans le sens du méridien : d'un autre côté, le redressement suivant la ligne N. S. d'une partie des roches schisteuses et métallifères de l'intérieur de la Suède paraît être antérieur au dépôt des strates siluriens. On satisfera à ces données du problème en supposant, ce qui d'ailleurs n'a rien d'in vraisemblable, que le sol Scandinave a subi au moins deux fois un soulèvement dans le sens du méridien, une première fois antérieurement à l'époque paléozoïque, et une seconde fois après cette époque. Si l'on considère que le système de la Corse est dirigé du N. au S., sous un méridien rapproché de celui de Christiania, il ne paraît pas impossible qu'il ait joué un rôle dans les phénomènes dont nous nous occupons ; cependant je suis porté à regarder comme étant un peu plus anciennes les dislocations qu'ont éprouvées les roches paléozoïques du Midi de la Norwège, dans le sens du N. au S., et qui ont contribué si puissamment à la configuration générale du golfe de Christiania.

TABLEAU N° 4. — TERRAIN GNEISSIQUE DE LA SUDERMANIE ET DE L'OSTROGOTHIE.

|             |                              |             |                                |  |
|-------------|------------------------------|-------------|--------------------------------|--|
| O. 28       | S. de<br>Tunberg.<br>O. 6 N. | N. 30° O. 5 | N. 30° E. 6                    |  |
| O. 5° N. 34 |                              | N. 25 O. 6  | N. 35 E. 7                     |  |
| O. 10 N. 25 |                              | N. 20 O. 7  | N. 40 E. 6                     |  |
| O. 15 N. 18 |                              | N. 15 O. 10 | N. 45 E. 6                     |  |
| O. 20 N. 7  |                              | N. 10 O. 3  | E. 40 N. 15                    |  |
| O. 25 N. 5  |                              | N. 5 O. 4   | E. 35 N. 18                    |  |
| O. 30 N. 4  | N.                           | 4           | E. 30 N. 16                    |  |
| O. 35 N. 6  | N. 5 E. 5                    | 5           | E. 25 N. 16                    |  |
| O. 40 N. 12 | N. 10 E. 4                   | 4           | E. 20 N. 10                    |  |
| N. 45 O. 14 | N. 15 E. 3                   | 3           | E. 15 N. 15                    |  |
| N. 40 O. 11 | N. 20 E. 4                   | 4           | E. 10 N. 8                     |  |
| N. 35 O. 7  | N. 25 E. 5                   | 5           | E. 5 N. 17                     |  |
|             | S. de<br>Westervik<br>N. O.  |             |                                |  |
|             |                              |             |                                |  |
|             |                              |             |                                |  |
|             |                              |             |                                |  |
|             |                              |             |                                |  |
|             |                              |             |                                |  |
|             |                              |             | S. d'Aven-<br>dal.<br>E. 36 N. |  |

La partie de la Suède située au midi du lac Mälär, et comprenant la Sudermanie et l'Ostrogothie, offre des directions qui se manifestent plus rarement dans la contrée située au nord du Mälär ; aussi j'ai cru devoir former un tableau particulier (n° 4) avec les observations que j'ai recueillies en explorant l'espace compris entre les lacs Mälär, Hjelmär, Roxen et la côte de Nyköping. Dans le midi

de la Dalécarlie, dans la Westmanie et l'Uplande, les directions E. O. sont peu fréquentes; ce sont elles au contraire qui se présentent le plus souvent dans la nouvelle région que nous considérons maintenant: aussi le tableau n° 4 présente, autour de la division O. 5° N., un groupe de directions beaucoup plus considérable que tous les autres. La ligne O. 5° N., représente aussi l'orientation du golfe de Norköping et de la dépression qui joint le golfe de Söderköping au lac Roxen. Cette direction coïncide encore avec celle de la bande de calcaire cristallin qui renferme les mines de cobalt de Tunaberg, et avec celle d'une autre bande calcaire dite de Kålmorden, et encore plus étendue, dans laquelle on exploite plusieurs carrières de marbre, sur la rive septentrionale du golfe de Norrköping. On ne peut donc méconnaître les effets d'un système de redressements et de dislocations que nous retrouverons aussi, d'une manière très prononcée, dans certains massifs de montagnes de la Norwège. Sa direction coïncide presque avec celle du système des Pays-Bas transporté dans la Sudermanie; au premier abord on serait donc tenté d'identifier ces deux systèmes, d'autant plus que les terrains siluriens de la Scandinavie offrent, en quelques points, des directions voisines de l'E. O., et qui peuvent être rapportées au système des Pays-Bas; mais elles y sont beaucoup moins développées que dans les terrains azoïques. D'un autre côté, la portion du littoral norwégien située entre Arendal et Langesund offre, outre les sinuosités disposées parallèlement à la côte, c'est-à-dire du N. E. au S. O., des découpures dirigées à peu près de l'E. à l'O., et qui paraissent avoir été produites avant l'époque silurienne, car on n'en voit pas de semblables dans le terrain paléozoïque situé un peu plus au nord. D'autres faits, que j'aurai l'occasion de citer plus loin, m'ont confirmé dans cette opinion, que les terrains cristallins de la Scandinavie ont subi, antérieurement à l'époque silurienne, l'action d'un système de soulèvement dirigé à l'O. 5° N. dans la Sudermanie, et que je propose de désigner par le nom de *Système de Tunaberg*, vu qu'il est très développé aux environs de Tunaberg, localité bien connue des minéralogistes.

Le tableau n° 4 offre plusieurs groupes de directions moins considérables que celui qui nous a servi à établir le système de Tunaberg. Je mentionnerai, entre autres, le groupe dirigé à l'E. 35° N., lequel dépend du système d'Arendal (ici E. 36°  $\frac{1}{2}$  N.).

Un autre groupe, un peu plus petit, tombe sur la ligne N. 45° O., et me paraît se rattacher aux mêmes causes qui ont produit, sur la côte de Westerwick, une foule de golfes longs et étroits, dirigés du N. O. au S. E., ainsi que les lacs et les rivières dont les eaux viennent y affluer. Elles ont aussi influé sur les découpures du lac Mälär. De même que le système de Tunaberg concorde en direction avec celui des Pays-Bas, ainsi le nouveau système que nous venons d'indiquer, et que je nommerai *Système de Westerwick*, coïncide avec celui du Thuringerwald, lequel, transporté dans cette région, court aussi du N. O. au S. E. La question de savoir si ces deux systèmes sont identiques, sous le rapport de leur âge comme

sous celui de leur orientation, est un peu difficile à décider : au premier abord, il peut sembler étrange de considérer des roches schisteuses, aussi anciennes que le gneiss de la Scandinavie, comme ayant été redressées immédiatement avant l'époque du lias ; cependant je ne verrais pas dans l'âge comparativement peu ancien du système du Thuringerwald, un motif suffisant pour que l'on dût rejeter d'une manière absolue une telle supposition.

D'ailleurs, si le système de Westerwick ne se confond pas avec celui de Thuringerwald, il paraît cependant être postérieur à l'époque silurienne, car le bassin paléozoïque du Jemtland offre, comme nous le montrerons plus loin, des traces de soulèvements et de dislocations qui ont eu lieu dans le même sens. Je ferai observer aussi que les terrains paléozoïques de la France occidentale présentent fréquemment des directions voisines de l'O. 30° N., qui sont à peu près parallèles au système de Westerwick ou du Thuringerwald : ces directions sont bien marquées sur certaines parties des terrains anthraxifères du Maine, et sur la partie méridionale de la bande anthraxifère de la Basse-Loire. Néanmoins je réserve la question relative à l'âge du système de Westerwick, n'ayant point en ce moment assez de données pour en fournir une solution satisfaisante.

Tableau stratigraphique n° 5. — Terrain gneissique de la Laponie méridionale et de la Finlande.

Passons maintenant à la discussion des observations que j'ai faites sur la stratification des schistes cristallins en Finlande, et dans la partie méridionale de la Laponie : lorsque l'on s'avance du cap Nord vers Torneå, en traversant la Laponie du nord au sud, au moment où l'on atteint les rives du Muonio-Elv, un peu au midi de Kautokeino, on voit paraître une formation de gneiss et de granite, qui offre une identité d'aspect et de composition avec celle qui constitue la plus grande partie de la Suède et de la Finlande, ainsi que le sud-est de la Norvège. C'est aussi à partir de Kautokeino que l'on voit s'effacer les hautes montagnes, et leur succéder des collines ondulées, à sommets aplatis et à bords arrondis, semblables à celles que l'on voit partout en Finlande et dans la partie orientale de la Suède. Comme il n'existe aucune séparation physique entre la Laponie méridionale et la Finlande, et comme mes observations stratigraphiques relatives à ces deux contrées ne sont pas fort nombreuses, j'ai cru devoir réunir la plus grande partie de ces observations dans une même série, d'autant plus qu'elles ont été recueillies, pour la plupart, sous une même zone méridienne : le tableau n° 5 qui les résume, se rapporte à un assez vaste espace, compris entre le 68° et le 60° degré de latitude, entre le 20° et le 24° degré de longitude orientale. Pour ne pas donner à cette zone trop d'extension en longitude, ce qui eût rendu plus difficilement comparables les observations faites sous les méridiens extrêmes, je n'ai pas fait entrer dans ce tableau un certain nombre de directions que j'ai mesurées sur les rives du lac Ladoga, particulièrement du côté nord-est ; tout à l'heure j'indiquerai à quel système elles se rapportent principalement.

TABLEAU N° 5. — TERRAIN GNEISSIQUE DE LA LAPONIE MÉRIDIONALE ET DE LA FINLANDE.

|          |   |           |    |          |   |           |    |
|----------|---|-----------|----|----------|---|-----------|----|
| O.       | » | N. 45° O. | 3  | N.       | 2 | N. 45° E. | 1  |
| O. 5° N. | 3 | N. 40 O.  | 2  | N. 5° E. | 1 | E. 40 N.  | 3  |
| O. 10 N. | 5 | N. 35 O.  | 2  | N. 10 E. | 2 | E. 35 N.  | 9  |
| O. 15 N. | 8 | N. 30 O.  | 1  | N. 15 E. | 3 | E. 30 N.  | 12 |
| O. 20 N. | 5 | N. 25 O.  | »  | N. 20 E. | 3 | E. 25 N.  | 12 |
| O. 25 N. | 3 | N. 20 O.  | 4  | N. 25 E. | 2 | E. 20 N.  | 10 |
| O. 30 N. | 7 | N. 15 O.  | 11 | N. 30 E. | 4 | E. 15 N.  | 4  |
| O. 35 N. | 6 | N. 10 O.  | 10 | N. 35 E. | 6 | E. 10 N.  | 2  |
| O. 40 N. | 4 | N. 5 O.   | 3  | N. 40 E. | 3 | E. 5 N.   | 2  |

En Finlande, comme en Suède, les directions du gneiss, des schistes quartzeux, micacés, talqueux et amphiboliques, ainsi que des bancs calcaires qui les accompagnent, sont assez variables, mais le tableau n° 5 montre qu'elles forment plusieurs groupes, dont le plus considérable est placé entre l'E. 20° et 35° N.; il coïncide à peu près avec le système d'Arendal, qui coupe le 22° degré de longitude sous l'angle de 29°  $\frac{1}{2}$  à l'E.

Le groupe de directions qui vient immédiatement après, suivant l'ordre d'importance, est situé entre le N. 10° et 15° O., et il ne me paraît coïncider avec aucun des systèmes anciens qu'a établis M. Élie de Beaumont : les deux qui s'en rapprochent le plus sont ceux du Morbihan et de la Vendée qui, transportés en Finlande, sous le 22° degré de longitude, deviennent N. 28°  $\frac{1}{2}$  O. et N. 2° E. : l'intervalle qui les sépare est divisé en deux parties presque égales par le nouveau système que je signale maintenant, et qui est dirigé ici N. 10° à 15° O. C'est au nord du golfe de Botnie, dans la partie inférieure du cours du fleuve Torneå, un peu au-dessous de sa jonction avec le Mounio, que ce système se manifeste le plus clairement. J'ai reconnu, en effet, que la plupart des collines granitiques qui bordent dans cette partie les rives du Torneå, et sur lesquelles les Académiciens français plantèrent leurs signaux de triangulation, notamment les collines de Pullinghi, de Kynsivara, de Mattarenghi, etc., et qui s'élèvent à 200 et 300 mètres de hauteur, sont dirigées entre le N. et le N. N. O., moyennement au N. 12° O., ainsi que les couches de gneiss qui sont enclavées dans le granite. On peut remarquer, d'ailleurs, que la partie inférieure du fleuve Torneå, et plusieurs des rivières situées à l'E., sont dirigées de la même manière. Le système de soulèvement qui se manifeste dans cette région peut être appelé *système de Torneå*. On peut encore ajouter à sa désignation le nom de système du Ladoga oriental, car il me paraît être non moins développé sur le côté nord-est du lac Ladoga, entre Sordawala et Salmis : en examinant une carte géographique à grande échelle, de cette partie de la Finlande, on y voit le lac Ladoga présenter de nombreuses découpures dirigées à peu près dans le sens du méridien; elles sont produites par des rochers plus ou moins escarpés, dont les eaux du Ladoga baignent le pied, et qui s'élèvent à 100 et même près de

150 mètres de hauteur ; on y remarque une série très épaisse de couches de schiste micacé et amphibolique, accompagné de pierre calcaire, et courant moyennement du N. 8° O, au S. 8° E. ; par suite, leur orientation coïncide avec une ligne parallèle à la direction du système de Torneå. On peut remarquer, en outre, qu'une partie des lacs si nombreux en Finlande, notamment ceux des environs de Kuopio, que plusieurs rivières de la partie méridionale suivent des directions voisines du N. 40° O. ; il me semble donc que le système de dislocations qui a soulevé les collines de granite et de gneiss des rives du Torneå s'est prolongé à travers l'intérieur de la Finlande, et s'est étendu jusque sur les bords du lac Ladoga. Il doit être antérieur à l'époque silurienne, car autrement il serait impossible de comprendre comment les forces qui ont redressé verticalement les roches schisteuses du lac Ladoga auraient laissé dans la position horizontale les couches siluriennes inférieures des environs de Saint-Pétersbourg.

Dans le même tableau relatif à la Finlande et au sud de la Laponie, on observe des directions autour de certaines lignes, qui correspondent peut-être aux systèmes de Tunaberg, des Ballons et des Kiöl ; mais ces rassemblements sont trop peu marqués pour que l'on puisse en tirer des conclusions bien positives.

Tableau stratigraphique n° 6. — Région gneissique du sud-ouest de la Suède et du sud-est de la Norwège.

Avant d'aborder la zone montagneuse de la Scandinavie, je vais d'abord exposer les résultats d'observations stratigraphiques assez nombreuses que j'ai faites sur les roches de gneiss situées au sud-est du lac Mjösen, et dans la zone littorale qui s'étend de Christiania à Helsingborg. Les directions que j'ai mesurées, en parcourant ce pays, sont peut-être encore plus variées que dans les régions considérées précédemment, mais il eût été difficile de partager cette longue zone en portions n'offrant que des directions semblables : d'ailleurs, quand même les changements fréquents qui ont lieu dans l'orientation des couches ne paraissent soumis à aucune règle, au moment où on les observe sur le terrain, cette apparente confusion disparaît lorsque les observations sont coordonnées méthodiquement.

TABLEAU N° 6. — LONGITUDE MOYENNE = 9°  $\frac{1}{2}$ .

|          |    |           |    |          |       |          |    |        |    |                          |
|----------|----|-----------|----|----------|-------|----------|----|--------|----|--------------------------|
| O.       | 7  | N. 45° O. | 19 | N.       | 5° E. | 17       | N. | 45° E. | 11 | } S. d'Åren-<br>E. du N. |
| O. 5° N. | 9  | N. 40 O.  | 20 | N. 40 E. | 9     | E. 40 N. | 18 |        |    |                          |
| O. 10 N. | 7  | N. 35 O.  | 22 | N. 15 E. | 10    | E. 35 N. | 13 |        |    |                          |
| O. 15 N. | 3  | N. 30 O.  | 24 | N. 20 E. | 7     | E. 30 N. | 8  |        |    |                          |
| O. 20 N. | 7  | N. 25 O.  | 26 | N. 25 E. | 11    | E. 25 N. | 5  |        |    |                          |
| O. 25 N. | 12 | N. 20 O.  | 31 | N. 30 E. | 11    | E. 20 N. | 7  |        |    |                          |
| O. 30 N. | 13 | N. 15 O.  | 22 | N. 35 E. | 8     | E. 15 N. | 6  |        |    |                          |
| O. 35 N. | 12 | N. 10 O.  | 20 | N. 40 E. | 11    | E. 10 N. | 4  |        |    |                          |
| O. 40 N. | 9  | N. 5 O.   | 25 |          |       | E. 5 N.  | 5  |        |    |                          |
|          |    | N.        | 29 |          |       |          |    |        |    |                          |

Le tableau n° 6, relatif à la région que nous considérons maintenant, offre, entre le N. 20° et N. 25° O., un rassemblement principal de directions, correspondant au système de Torneå que nous venons de définir tout à l'heure, et qui, transporté ici sous le 9° degré de longitude, court à peu près au N. N. O. On peut remarquer aussi que la partie du littoral située entre Moss et Varberg est dirigée régulièrement du N. 20° O. au S. 20° E.; par conséquent, elle se rapproche beaucoup d'être parallèle au système de Torneå et du Ladoga oriental.

Nous voyons dans le même tableau un assez grand nombre de directions entre le N. 15° O. et le N. 5° E.; elles me paraissent appartenir, en partie peut-être, au système de la Vendée, mais principalement au système méridien, car c'est dans le voisinage de la ligne N. S. (1), qu'elles sont les plus abondantes. Le groupe de directions qui est le plus considérable, après les précédents, est dirigé à l'E. 40° N., et correspond évidemment au système d'Arendal (ici E. 39°  $\frac{1}{2}$  N.). Les autres directions de ce tableau ne forment pas de groupes assez saillants pour qu'il soit nécessaire de s'y arrêter.

Tableau stratigraphique n° 7. — Région gneissique d'Åreskutan.

Je vais passer actuellement à la province du Jemtland située sous le 63° degré de latitude, et renfermant une portion de la série de montagnes qui est limitrophe entre la Suède et la Norwège. Le sol du Jemtland occidental est fortement accidenté, et l'on y remarque des hauteurs un peu considérables, que domine majestueusement la cime isolée d'Åreskutan. Celle-ci forme le point culminant de cette latitude, quoiqu'elle ne se trouve pas sur la frontière Suédo-Norwégienne, et qu'elle soit plus avancée vers l'E. que la plupart des autres sommités.

Nous n'allons pas nous occuper en ce moment des dislocations qu'a éprouvées le terrain silurien de la partie centrale du Jemtland; cette question sera traitée un peu plus loin. Considérons seulement le massif de schistes cristallins et métallifères, sur les pentes duquel viennent s'appuyer les strates paléozoïques contournés en divers sens. La montagne d'Åreskutan, les hauteurs environnantes, les lacs et rivières qui les séparent, ont des directions comprises entre le N. N. O. et l'O. N. O.; il en est de même des couches de gneiss, de schiste micacé, de schiste amphibolique et de calcaire cristallin qui constituent cette région, ainsi qu'on peut le vérifier en examinant le tableau n° 7, qui résume les observations stratigraphiques recueillies sur la montagne d'Åreskutan, et aux alentours, entre le terrain silurien d'Östersund et la formation semi-cristalline de la zone limitrophe entre la Norwège et la Suède.

(1) Les observations de M. Keilhau sont d'accord avec les miennes, car il expose (*Gæa Norwægica*, p. 374) que les couches de gneiss situées à l'E. du terrain de transition de Christiania courent très clairement du N. au S. avec de légères déviations vers le N. N. O.

TABLEAU N° 7. -- LONGITUDE MOYENNE = 10°  $\frac{1}{2}$ .

|             |             |             |             |
|-------------|-------------|-------------|-------------|
| O. 6        | O. 40° N. 9 | N. 10° O. 3 | N. 40° E. 2 |
| O. 5° N. 5  | N. 45 O. 6  | N. 5 O. 2   | N. 45 E. 2  |
| O. 10 N. 3  | N. 40 O. 9  | N. — 2      | E. 40 N. 3  |
| O. 15 N. 3  | N. 35 O. 6  | N. 5 E. 6   | E. 35 N. 2  |
| O. 20 N. 6  | N. 30 O. 5  | N. 10 E. 4  | E. 30 N. »  |
| O. 25 N. 3  | N. 25 O. 7  | N. 15 E. 5  | E. 25 N. 2  |
| O. 35 N. 12 | N. 20 O. 10 | N. 20 E. 6  | E. 20 N. 6  |
|             |             | N. 25 E. 6  | E. 15 N. 3  |
| O. 30 N. 13 | N. 15 O. 5  | N. 30 E. 4  | E. 10 N. »  |
|             |             | N. 35 E. »  | E. 5 N. 4   |

S. de Jemtland, O. 30 N.  
S. de Torneå, N. 20 O.

Dans ce tableau, on distingue deux groupes de directions, dont le moins important correspond au N. 20° O., et paraît appartenir au système de Torneå. L'autre est placé entre l'O. 30° et 35° N. ; il coïncide à peu près avec l'axe de la montagne d'Åreskutan, qui est allongée dans le sens de l'O. 32° N. Ce dernier groupe me paraît appartenir à un système spécial, intermédiaire entre celui des Ballons (ici O. 20° N.) et celui de Westerwick ou du Thuringerwald (O. 38° N.). On remarque dans le Jemtland beaucoup d'accidents orographiques alignés suivant la même direction O. 30° à 35° N. ; en outre, dans la Laponie Suédoise, qui s'étend du 64° au 69° degré de latitude, depuis le Jemtland jusqu'au nord du Torneå Lappmark, il y a un grand nombre de hauteurs, de lacs et de cours d'eau disposés suivant des directions qui varient de l'O. 30° à O. 40° N., et dont l'orientation moyenne est l'O. 34° N., sous le 15° degré de longitude orientale (1) : il y a donc lieu de donner à ce nouveau système la dénomination de *système du Jemtland et de la Laponie Suédoise*. Je le regarde comme postérieur à la période silurienne, du moins à la première moitié de cette période, car le lac Liten, toute la partie septentrionale du Storsjön, ou lac d'Östersund, l'Alsensjön, etc., sont dirigés dans le même sens ; or ce sont des dépressions produites dans l'étage inférieur du terrain silurien par des dislocations postérieures à ces dépôts sédimentaires. Nous observerons aussi dans les couches siluriennes de cette contrée des directions comprises entre l'O. N. O. et le N. O.

Je ferai observer que les roches siluriennes de la France occidentale présentent fréquemment des directions voisines de l'O. 16° à 20° N., et par suite parallèles au système du Jemtland, en tenant compte de la différence des longitudes. On peut citer, comme étant orientée de cette manière, la bande de quartzite qui s'étend de Domfront vers Prezampail (de l'O. 18° N. à l'E. 18° S.), et plusieurs autres bandes de grès de la presqu'île de Bretagne : ainsi on voit que le système du Jemtland n'est pas exclusivement propre au nord de l'Europe.

(1) La montagne de minéral de fer de Gellivara paraît aussi être orientée dans cette direction.

Tableau stratigraphique n° 8. — Région semi-cristalline du Jemtland, du Herjedal, et du territoire norvégien limitrophe.

Lorsque nous avons décrit les dépôts semi-cristallins qui occupent l'ouest du Jemtland et une grande partie de la province de Drontheim, nous y avons signalé une série de couches de schiste argileux, subfeuilleté, de grès quartzeux et de calcaire subcompacte : cette bande, qui par son aspect pétrographique ressemble aux terrains de transition, paraît être placée au-dessus des schistes feuilletés situés à l'E., mais sans offrir une stratification discordante, et simplement comme si elle formait la partie supérieure du groupe. Néanmoins j'ai jugé à propos de réunir dans un tableau stratigraphique particulier les directions observées à l'intérieur de cette zone poudingifère ; mais, avant de l'examiner, discutons le tableau n° 8, qui résume les observations relatives aux schistes feuilletés, argilo-micacés et chloriteux, situés entre la bande calcaréo-poudingifère de Drontheim et la formation gneissique du Jemtland.

Dans la région montagneuse qui forme la zone limitrophe de la Suède et de la Norvège, entre le 62° et le 64° degré de latitude, j'ai mesuré un grand nombre de directions de schistes feuilletés, et j'y ai réuni celles que j'ai observées en explorant la vaste dépression qui sépare les hautes plates-formes du Dovrefield de la province Suédoise du Herjedal, et forme le bassin supérieur de la Glommen et du fleuve Fœmund. Cette dépression est également formée de schistes feuilletés ; on y trouve en outre de nombreux gîtes de pyrite cuivreuse et de fer chromé.

TABLEAU N° 8. — LONGITUDE MOYENNE = 9° ½.

|             |                    |              |             |                                 |
|-------------|--------------------|--------------|-------------|---------------------------------|
| O. 10       | } S. des Pays-Bas. | N. — O. 8    | N. 5° E. 15 | E. 35° N. 18                    |
| O. 5° N. 10 |                    | N. 40° O. 14 | N. 10 E. 19 | E. 30 N. 9                      |
| O. 10 N. 9  |                    | N. 35 O. 13  | N. 15 E. 23 | E. 25 N. 9                      |
| O. 15 N. 10 |                    | N. 30 O. 10  | N. 20 E. 25 | E. 20 N. 17                     |
| O. 20 N. 7  |                    | N. 25 O. 12  | N. 25 E. 31 |                                 |
| O. 25 N. 10 |                    | N. 20 O. 15  | N. 30 E. 18 | } S. du Dovrefield.<br>E. 19 N. |
| O. 30 N. 9  |                    | N. 15 O. 11  | N. 35 E. 22 |                                 |
| O. 35 N. 6  |                    | N. 10 O. 13  | N. 40 E. 20 |                                 |
| O. 40 N. 3  |                    | N. 5 O. 16   | N. — E. 23  | E. 15 N. 10                     |
|             |                    | N. — 15      | N. 40 E. 22 | E. 10 N. 6                      |
|             |                    |              | E. 5 N. 8   |                                 |

Le tableau n° 8, qui résume tout cet ensemble d'observations, offre, entre le N. 20° E. et N. 25° E., un groupe principal de directions qui se rapporte au système des Kiöl ; on ne doit pas être étonné de voir ce système offrir ici un grand développement, car la zone que nous considérons forme l'extrémité méridionale de la série de montagnes qu'on nomme les Kiöl. Les directions N. N. E., que nous y voyons être les plus multipliées, sont parallèles aux directions N. 25° à 26° E., qui sont fréquemment offertes par les schistes cristallins de l'intérieur

de la Suède, et par les gîtes de minerai de fer qu'ils encaissent. C'est cette similitude stratigraphique qui m'a déterminé à rapporter au même système le redressement suivant la ligne N. N. E. du gneiss et des schistes semi-cristallins, formations toutes deux fort anciennes, mais dont la première remonte évidemment à une époque encore plus reculée.

Dans le tableau n° 8, il y a encore, entre le N. 10° et le N. 15° E., des directions fort nombreuses, qui ne forment pas de groupe distinct, mais dont une partie se rapporte probablement à un système qui a relevé, comme nous le verrons plus loin, les couches siluriennes du Jemtland dans le sens du N. 15° E.; il a produit aussi dans la Vestrogothie des dislocations dirigées de même, qui ont donné naissance aux collines de Billingen et environs: aussi je le désignerai sous le nom de *système de Billingen*.

Dans le même tableau, on remarque un autre groupe de directions un peu important, qui semble correspondre au système d'Arendal, mais qui provient peut-être d'un autre système que nous allons exposer tout à l'heure. Il y a encore un petit groupe, dont l'orientation s'accorde avec celle du système méridien de la Scandinavie, et un autre qui tombe sur l'E. 20° N.

Tableau stratigraphique n° 9. — Zone calcaréo-schisteuse et poudingifère de la province de Drontheim.

TABLEAU N° 9. — LONGITUDE MOYENNE = 8°  $\frac{1}{2}$ .

|             |                    |             |             |                                       |              |
|-------------|--------------------|-------------|-------------|---------------------------------------|--------------|
| O. 12       | } S. des Pays-Bas. | N. — O. 2   | N. — 19     | } S. des Kjel Drontheim et Billingen. | E. 40° N. 15 |
| O. 5° N. 9  |                    | N. 40° O. 3 | N. 5° E. 15 |                                       | E. 35 N. 16  |
| O. 10 N. 7  |                    | N. 35 O. 2  | N. 40 E. 24 |                                       | E. 30 N. 9   |
| O. 15 N. 11 |                    | N. 30 O. 3  | N. 15 E. 22 |                                       | E. 25 N. 6   |
| O. 20 N. 8  |                    | N. 25 O. 7  | N. 20 E. 24 |                                       | E. 20 N. 10  |
| O. 25 N. 5  |                    | N. 20 O. 10 | N. 25 E. 20 |                                       | E. 15 N. 11  |
| O. 30 N. 9  |                    | N. 15 O. 5  | N. 30 E. 18 |                                       | E. 10 N. 8   |
| O. 35 N. 6  |                    | N. 10 O. 10 | N. 35 E. 20 |                                       | E. 5 N. 13   |
| O. 40 N. 5  |                    | N. 5 O. 16  | N. 40 E. 26 |                                       |              |
|             |                    |             | N. — E. 19  |                                       |              |

Ce tableau présente les directions que m'ont offertes les roches de la zone calcaréo-schisteuse et poudingifère qui s'étend à l'est du fiord d'Örkel et le long du bord oriental du fiord de Drontheim, depuis Opdal sous le 62°  $\frac{1}{2}$  de latitude, vers le lac de Snaasen, et plus loin vers le N. E., jusqu'au delà du 65° degré de latitude; mais les observations stratigraphiques comprises dans ce tableau ne vont pas au delà du lac Snaasen: nous avons vu, d'ailleurs, dans la description des environs de Drontheim, que cette zone s'étend, sur une largeur de 3 à 4 myriamètres, de Drontheim à l'extrémité occidentale du lac Sælbo. Elle fait un angle très aigu avec l'axe du fiord de Drontheim, et suit, entre le 63° et le 65° degré de latitude, une direction moyenne du S. 40° O. au N. 40° E. Les roches qui la composent

courent généralement au N. 40° E., surtout un peu au midi de Drontheim : telle est d'ailleurs la direction du groupe principal que présente le tableau n° 9.

On doit se demander si ce groupe de directions ne constitue point un système particulier, qui prendrait alors le nom de *système de Drontheim* ; les faits que j'ai observés ne paraissent peut-être pas suffisants pour motiver l'établissement d'un tel système, qui viendrait augmenter le nombre déjà considérable des anciens systèmes compris dans le quart de cercle N. E. On peut observer que, dans sa partie méridionale, la bande calcaréo-schisteuse et poudingifère de Drontheim présente une disposition peu éloignée de l'orientation du système de Longmynd, c'est-à-dire du N. 33°  $\frac{1}{2}$  E. Plus au nord, aux environs de Voërdalsören, elle paraît se courber légèrement, de façon à se rapprocher de l'orientation du système d'Arendal : on peut donc être tenté d'envisager la disposition moyenne de cette bande, qui est intermédiaire entre les deux systèmes de Longmynd et d'Arendal, comme le résultat de leur action successive. Néanmoins le système de Drontheim ressort assez nettement de mes observations stratigraphiques, et je regarde son existence comme d'autant plus probable que le système d'Arendal paraît être antérieur à la formation calcaréo-schisteuse et poudingifère de Drontheim.

Dans le tableau n° 9, nous trouvons, d'ailleurs, à peu près les mêmes rassemblements de directions que dans le tableau précédent, ce qui doit être, car la bande poudingifère est interposée dans les schistes feuilletés à stratification concordante. Le groupe le plus important correspond au N. 20° E., et paraît se rattacher au système des Kiöl.

Tableaux stratigraphiques. { N° 10. Terrain gneissique du Dovrefield et du Romsdal.  
N° 11. Terrain semi-cristallin du Dovrefield oriental.

Sur le massif de montagnes qui constitue le Dovrefield, nous avons vu précédemment qu'il y a deux sortes de roches, que la protubérance centrale et les hauteurs situées à l'O. sont formées de gneiss et autres schistes cristallins, tandis que, sur le pourtour du Dovrefield, du côté oriental, affleurent des schistes feuilletés, chloriteux et micacés, tendant à passer au schiste argileux. J'ai voulu constater si ces deux formations n'auraient pas subi des soulèvements différents ; dans ce but j'ai dressé deux tableaux, n°s 10 et 11 : l'un comprend les directions de roches gneissiques mesurées dans le Dovrefield et le Romsdal ; l'autre présente les observations stratigraphiques beaucoup moins nombreuses, concernant la zone de schistes feuilletés qui forme l'est du Dovrefield. Les principaux groupes de directions sont communs à ces deux tableaux ; en effet, les schistes chloriteux offrent la même courbure que le terrain gneissique situé à l'ouest, et ils s'appuient dessus à stratification concordante.

TABLEAUX N<sup>os</sup> 10 ET 11.

| ORIENTATIONS. | LONGITUDES MOYENNES. |                    | ORIENTATIONS. | LONGITUDES MOYENNES. |                    | ORIENTATIONS. | LONGITUDES MOYENNES. |                    |
|---------------|----------------------|--------------------|---------------|----------------------|--------------------|---------------|----------------------|--------------------|
|               | 6° 1/2<br>(N° 10. J) | 7° 1/2<br>(N° 11.) |               | 6° 1/2<br>(N° 10.)   | 7° 1/2<br>(N° 11.) |               | 6° 1/2<br>(N° 10.)   | 7° 1/2<br>(N° 11.) |
| O.            | 24                   | 12                 | N. 25° O.     | 17                   | 5                  | N. 35° E.     | 27                   | 16                 |
| O. 5° N.      | 19                   | 8                  | N. 20 O.      | 21                   | 6                  | N. 40 E.      | 31                   | 19                 |
| O. 10 N.      | 13                   | 3                  | N. 15 O.      | 9                    | 3                  | N. — E.       | 35                   | 17                 |
| O. 15 N.      | 8                    | 2                  | N. 10 O.      | 11                   | 3                  | E. 40 N.      | 37                   | 13                 |
| O. 20 N.      | 8                    | 4                  | N. 5 O.       | 18                   | 4                  | E. 35 N.      | 24                   | 10                 |
| O. 25 N.      | 15                   | 4                  | N. —          | 17                   | 3                  | E. 30 N.      | 29                   | 15                 |
| O. 30 N.      | 12                   | 3                  | N. 5 E.       | 17                   | 4                  | E. 25 N.      | 32                   | 18                 |
| O. 35 N.      | 10                   | 3                  | N. 10 E.      | 19                   | 6                  | E. 20 N.      | 41                   | 23                 |
| O. 40 N.      | 7                    | 2                  | N. 15 E.      | 31                   | 8                  | E. 15 N.      | 24                   | 13                 |
| N. — O.       | 5                    | 2                  | N. 20 E.      | 29                   | 13                 | E. 10 N.      | 11                   | 9                  |
| N. 40 O.      | 8                    | 4                  | N. 25 E.      | 28                   | 13                 | E. 5 N.       | 13                   | 9                  |
| N. 35 O.      | 10                   | 5                  | N. 30 E.      | 30                   | 10                 |               |                      |                    |
| N. 30 O.      | 14                   | 4                  |               |                      |                    |               |                      |                    |

Chacun des deux tableaux, n° 10 et n° 11, offre le principal groupe de directions en regard de la ligne E. 20° N. (1); il faut remarquer ici que la côte du Romsdal, et celle située au midi de Drontheim, sont découpées par des fiords profonds, qui ne sont autre chose que de grandes crevasses bordées d'escarpements gigantesques : or la direction d'une partie de ces crevasses est voisine de l'E. 20° N. Il paraît donc y avoir eu un système de redressements et de fractures orienté de cette manière, suivant une direction intermédiaire entre celle du système du Finistère (ici E. 11° 1/2 N.) et celle du système du Westmoreland (ici E. 30° 1/2 N.); d'autant plus que, dans la plupart des tableaux stratigraphiques relatifs à la Norvège, on distingue un groupe de directions correspondant à ce système, que j'appellerai *système du Dovrefield et du Romsdal*. Nous verrons plus loin que le terrain silurien de Christiania offre d'assez fréquentes directions, qui sembleraient coïncider avec celles-ci; mais elles ne sont probablement que la reproduction d'inflexions antérieures.

Dans le tableau n° 10, le groupe de directions qui est le plus important, après celui E. 20° N., est dirigé entre le N. E. et l'E. 40° N.; il paraît correspondre au système d'Arendal; d'autres rassemblements de directions plus ou moins considérables autour du N. 30° E., du N. 17° 1/2 E., du N. N. O., de l'O. 30° N. et de l'E. O., paraissent se rattacher aux systèmes de Longmynd, des Kiöl, de Torneå, du Jemtland et de Tunaberg.

(1) Je puis signaler encore ici un accord entre les observations stratigraphiques de M. Keilhau et les miennes; il cite, en effet (*Gæa norvegica*, p. 373), la direction Hora 4 1/2, comme la plus marquée dans la région de gneiss qui s'étend du fiord de Drontheim à la ville de Molde, dans le Romsdal.

Sur le tableau n° 11, on voit entre le N. E. et le N. 40° E. un groupe de directions qui probablement dérive du système de Drontheim, plutôt que de celui d'Arendal; un autre rassemblement, dirigé au N. 20° E., paraît se rattacher au système des Kiöl.

Tableaux stratigraphiques. { N° 12 : Région gneissique du Langfield.  
N° 13 : Région gneissique du Justedal.

| ORIENTATIONS. | LONGITUDES MOYENNES. |             | ORIENTATIONS. | LONGITUDES MOYENNES. |             | ORIENTATIONS. | LONGITUDES MOYENNES. |             |
|---------------|----------------------|-------------|---------------|----------------------|-------------|---------------|----------------------|-------------|
|               | 50 1/2 (N° 12.)      | 50 (N° 15.) |               | 50 1/2 (N° 12.)      | 50 (N° 15.) |               | 50 1/2 (N° 12.)      | 50 (N° 15.) |
| O.            | 25                   | 36          | N. 25° O.     | 6                    | 7           | N. 35° E.     | 10                   | 7           |
| O. 5° N.      | 17                   | 23          | N. 20 O.      | 7                    | 5           | N. 40 E.      | 13                   | 7           |
| O. 10 N.      | 15                   | 18          | N. 15 O.      | 3                    | 3           | N. — E.       | 16                   | 12          |
| O. 15 N.      | 18                   | 17          | N. 10 O.      | 2                    | 2           | E. 40 N.      | 15                   | 12          |
| O. 20 N.      | 11                   | 6           | N. 5 O.       | 4                    | »           | E. 35 N.      | 12                   | 10          |
| O. 25 N.      | 4                    | 7           | N. —          | 3                    | »           | E. 30 N.      | 7                    | 12          |
| O. 30 N.      | 7                    | 7           | N. 5 E.       | 4                    | 3           | E. 25 N.      | 6                    | 17          |
| O. 35 N.      | 9                    | 4           | N. 10 E.      | 5                    | 3           | E. 20 N.      | 6                    | 15          |
| O. 40 N.      | 10                   | 5           | N. 15 E.      | 14                   | 7           | E. 15 N.      | 7                    | 8           |
| N. — O.       | 7                    | 3           | N. 20 E.      | 11                   | 7           | E. 10 N.      | 10                   | 9           |
| N. 40 O.      | 6                    | »           | N. 25 E.      | 8                    | 6           | E. 5 N.       | 14                   | 22          |
| N. 35 O.      | 1                    | 2           | N. 30 E.      | 6                    | 8           |               |                      |             |
| N. 30 O.      | 3                    | 4           |               |                      |             |               |                      |             |

Lors de mon dernier voyage en Norwège, je me suis rendu de la vallée du Romsdal dans celle du Justedal, en explorant les montagnes désignées sous le nom de Langfield, et en visitant les vallées de Raudal, de Brœkke, et celle de l'Otta-Elv. Les directions que j'ai recueillies, en explorant ces montagnes formées principalement de gneiss, ont été réunies dans le tableau n° 12, qui porte pour titre *région du Langfield*. Ici les directions comprises entre l'O. et le N. O. sont un peu plus abondantes que celles situées dans les autres parties de la rose, contrairement à ce que nous avons vu dans la plupart des tableaux précédents.

Le groupe le plus considérable est placé à peu près sur la ligne E. O. (1), et correspond au système de Tunaberg. La vallée de l'Otta-Elv, et plusieurs autres vallées de ce pays, suivent aussi une direction moyenne voisine de l'E. O. Le tableau n° 12 nous montre encore, autour de la ligne O. 15° N., des directions assez nombreuses, qui appartiennent vraisemblablement au système des Ballons. Les deux autres principaux groupes de directions se rapportent au N. 17° E. et à l'E. 12° N. : ils correspondent aux systèmes des Kiöl et d'Arendal.

Les observations que j'ai encore à exposer ne vont pas donner lieu à la création de nouveaux systèmes; néanmoins j'espère qu'elles offriront quelque intérêt, en fournissant la vérification des systèmes déjà établis. Au sud des montagnes du Langfield se trouvent celles du Justedal, qui constituent l'une des plus hautes

(1) M. Keilhau a remarqué, ainsi que moi, la prédominance de la direction E. O. dans la région qui s'étend du Nordfiord à la vallée d'Otta (*Gæa Norwegica*, p. 373).

plates-formes de la Norwège, et qui offrent les plus vastes champs de neige de cette contrée, et même de tout le continent européen. J'ai séjourné pendant quel que temps dans la vallée du Justedal pour en étudier les glaciers, que j'ai décrits dans mon *Mémoire sur les glaciers du nord et du centre de l'Europe* (1); en même temps j'ai recueilli beaucoup d'observations stratigraphiques relatives aux roches de gneïss, qui constituent le fond de la vallée du Justedal et les montagnes environnantes : ces observations sont présentées par le tableau n° 13, qui embrasse toute la région du Justedal, depuis les montagnes du Langfield jusqu'au fiord de Lyster.

Ici, de même que dans le Langfield, les directions voisines de l'O., et appartenant au système de Tunaberg, sont de beaucoup les plus nombreuses : c'est d'autant plus remarquable que la direction générale de la vallée, qui est le résultat de fractures, se rapproche d'être perpendiculaire à la ligne E. O. Aussi je considère les terrains anciens de la Scandinavie comme ayant été soulevés suivant la ligne E. O., à une époque très ancienne, antérieure au système des Pays-Bas, et même probablement au système des Kiöl. Comme le système de Tunaberg est extrêmement développé dans les montagnes du Justedal, surtout dans la partie septentrionale, ainsi que dans les montagnes du Langfield, je proposerai d'en compléter la dénomination, en l'appelant *système de Tunaberg, du Justedal et du Langfield*.

Les directions les plus nombreuses, après celles de la ligne E. O., se trouvent dans le voisinage du N. E. et de l'E. N. E.; par suite, elles appartiennent aux systèmes d'Arendal et du Dovrefield.

#### MONTAGNES ADJACENTES AU SOGNEFIORD.

Tableaux stratigraphiques. { N° 14 : Terrain gneissique,  
N° 15 : Terrain semi-cristallin.

| ORIENTATIONS. | LONGITUDES MOYENNES. |                    | ORIENTATIONS. | LONGITUDES MOYENNES. |                    | ORIENTATIONS. | LONGITUDES MOYENNES. |                    |
|---------------|----------------------|--------------------|---------------|----------------------|--------------------|---------------|----------------------|--------------------|
|               | 5°<br>(N° 13.)       | 5° 1/2<br>(N° 15.) |               | 3°<br>(N° 14.)       | 5° 1/2<br>(N° 15.) |               | 5°<br>(N° 14.)       | 5° 1/2<br>(N° 15.) |
| O. —          | 15                   | 8                  | N. 25° O.     | 26                   | 6                  | N. 30° E.     | 34                   | 7                  |
| O. 5° N.      | 9                    | 4                  | N. 20° O.     | 24                   | 3                  | N. 35° E.     | 33                   | 13                 |
| O. 10° N.     | 7                    | 2                  | N. 15° O.     | 15                   | 5                  | N. 40° E.     | 38                   | 22                 |
| O. 15° N.     | 7                    | 5                  | N. 10° O.     | 11                   | 7                  | N. — E.       | 35                   | 14                 |
| O. 20° N.     | 8                    | 2                  | N. 5° O.      | 13                   | 6                  | E. 40° N.     | 36                   | 11                 |
| O. 25° N.     | 6                    | 1                  | N. —          | 11                   | 7                  | E. 35° N.     | 29                   | 8                  |
| O. 30° N.     | 10                   | 4                  | N. 5° E.      | 11                   | 6                  | E. 30° N.     | 26                   | 10                 |
| O. 35° N.     | 8                    | 6                  | N. 10° E.     | 18                   | 6                  | E. 25° N.     | 17                   | 12                 |
| O. 40° N.     | 10                   | 4                  | N. 15° E.     | 22                   | 6                  | E. 20° N.     | 19                   | 14                 |
| N. — O.       | 9                    | 7                  | N. 20° E.     | 22                   | 11                 | E. 15° N.     | 10                   | 6                  |
| N. 40° O.     | 7                    | 4                  | N. 25° E.     | 23                   | 8                  | E. 10° N.     | 10                   | 5                  |
| N. 35° O.     | 10                   | 6                  |               |                      |                    | E. 5° N.      | 12                   | 5                  |
| N. 30° O.     | 9                    | 3                  |               |                      |                    |               |                      |                    |

Annotations dans le tableau :

- Entre les colonnes 1 et 2 : S. de Tunaberg. E. 10° N.
- Entre les colonnes 3 et 4 : S. de Torneen. N. 25° O.
- Entre les colonnes 7 et 8 : S. d'Arendal, Drontheim et Longmynd.
- Entre les colonnes 8 et 9 : S. des Kiöl. N. 30° E.
- Entre les colonnes 9 et 10 : S. du Dovrefield. E. 23° N.

(1) *Annales des mines*, 4<sup>e</sup> série, t. XII, p. 3.

Après avoir exploré le Justedal, j'ai parcouru dans un bateau de pêcheur les principales branches de cette immense crevasse qui porte le nom de Sognefiord, et qui est si remarquable par son énorme profondeur et sa vaste étendue en longueur. En beaucoup de points, j'ai gravi les ravins et vallons conduisant du bord de la mer sur les plateaux adjacents, qui sont en partie couverts de neige et de glace. Les tableaux n<sup>os</sup> 14 et 15 présentent l'ensemble des directions que j'ai observées dans les régions montagneuses qui environnent le Sognefiord et ses diverses branches, en y comprenant l'Hötunfield, ou le groupe des pics les plus élevés de la Norvège, et le plateau du Fillefield; car ces deux massifs de montagnes se trouvent immédiatement à l'est du Sognefiord. Dans les tableaux stratigraphiques relatifs à ces contrées, les directions les plus fréquentes ne coïncident plus, comme dans les deux précédents, avec la ligne E. O., quoique telle soit à peu près la direction moyenne du Sognefiord; mais cette déchirure est probablement un effet du système des Pays-Bas, qui est parallèle au système de Tunaberg et beaucoup plus récent: il s'est produit à une époque où les couches de gneiss étaient déjà presque partout redressées. Les deux tableaux 14 et 15 nous montrent les directions rassemblées principalement entre le N. 10° E. et l'E. 20° N. Les plus nombreuses sont voisines du N. 40° E., et paraissent appartenir, en grande partie, au système de Drontheim; cependant il faut probablement rapporter au système d'Arendal une portion au moins de celles qui se trouvent dans le tableau 14: il y en a sans doute aussi qui dépendent du système de Longmynd. On distingue, en outre, dans ces tableaux deux groupes moins considérables, qui se rattachent aux systèmes des Kiöl et du Dovrefield. Le n<sup>o</sup> 14 offre encore, suivant le N. N. O., un groupe qui représente le système de Torneå; mais les directions que l'on pourrait y rapporter sont comparativement peu nombreuses dans le n<sup>o</sup> 15.

Tableau stratigraphique n<sup>o</sup> 16. — Région semi-cristalline du Guldbrandsdal.

Après avoir exploré le Fillefield et le Valders, qui est arrosé par le Beina-Elv, je suis remonté vers le N. E. pour explorer les montagnes situées à l'est de l'Hötunfield, et au pied desquelles se trouvent les lacs Vinstera et Heimdal; ensuite j'ai passé dans le Sjøadal, d'où j'ai gagné les rives du lac Otta, et je suis revenu au pied du Dovre, à l'extrémité orientale du lac Lessøe; ensuite j'ai descendu la grande vallée du Guldbrandsdal jusqu'au lac Miösen. Comme les terrains qui constituent ce vaste espace me paraissent appartenir à la même formation quartzo-schisteuse et semi-cristalline, comme leurs caractères stratigraphiques paraissent être semblables, j'ai réuni dans le même tableau (n<sup>o</sup> 16) toutes les directions que j'ai observées dans la grande vallée du Guldbrandsdal et dans ses diverses branches; seulement je n'ai pas inscrit celles que j'ai mesurées à l'extrémité sud-est du Guldbrandsdal, entre Løsness et le lac Miösen, parce que les roches qui affleurent en cette partie-là me paraissent appartenir au terrain silurien.

TABLEAU N° 16. — LONGITUDE MOYENNE = 7°  $\frac{1}{2}$ .

|             |              |              |                                    |
|-------------|--------------|--------------|------------------------------------|
| O. — 23     | N. 25° O. 10 | N. 40° E. 16 | } S. d'Arendal<br>et de Drontheim. |
| O. 5° N. 19 | N. 20 O. 15  | N. — E. 18   |                                    |
| O. 10 N. 14 | N. 15 O. 9   | E. 40 N. 19  |                                    |
| O. 15 N. 18 | N. 10 O. 16  | E. 35 N. 41  |                                    |
| O. 20 N. 15 | N. 5 O. 10   | E. 30 N. 7   |                                    |
| O. 25 N. 16 | N. — 8       | E. 25 N. 11  |                                    |
| O. 30 N. 23 | N. 5 E. 5    | E. 20 N. 15  |                                    |
| O. 35 N. 22 | N. 10 E. 5   | E. 15 N. 16  |                                    |
| O. 40 N. 22 | N. 15 E. 9   | E. 10 N. 13  |                                    |
| N. — O. 23  | N. 20 E. 15  | E. 5 N. 17   |                                    |
| N. 40 O. 21 | N. 25 E. 5   |              |                                    |
| N. 35 O. 20 | N. 30 E. 9   |              |                                    |
| N. 30 O. 13 | N. 35 E. 12  |              |                                    |

Le tableau n° 16 diffère des précédents, en ce que les directions les plus fréquentes, au lieu d'être contenues entre le N. et l'E. N. E., se trouvent entre l'O. et le N. N. O.; on peut remarquer d'ailleurs que, dans cette contrée, beaucoup de vallées occupées par des rivières et des lacs offrent des orientations comprises dans le même espace angulaire.

Les directions du tableau n° 16 sont rassemblées principalement dans l'intervalle qui sépare le N. 35° O. de l'O. 30° N.; elles se rattachent, sans doute, aux systèmes du Morbihan, de Westerwick et du Jemtland; mais il est impossible de séparer celles qui appartiennent spécialement à chacun d'eux. Il y a aussi, autour de la ligne E. O., un groupe assez important, qui appartient au système de Tunaberg ou au système des Pays-Bas; on voit encore, sur la ligne O. 15° N., des directions assez nombreuses, qui dépendent peut-être du système des Ballons. Deux groupes moins importants se distinguent dans le quart de cercle nord-est: l'un, disposé autour du N. E., correspond au système de Drontheim ou à celui d'Arendal; l'autre, dirigé suivant l'E. 20° N., dérive probablement du système du Dovrefield.

Jusqu'à présent, je n'ai point eu occasion de mentionner le système du Finistère en discutant les redressements qu'ont éprouvés les roches anciennes. Si, par le midi de la Scandinavie, on mène un arc de grand cercle parallèle à la chaîne des montagnes d'Arrez, il coupera les méridiens de la Norvège sous des angles de 77° à 82°, et ceux de la Suède, sous des angles de 82° à 86° à l'E. Cette ligne sera intermédiaire entre celles qui représentent le système du Dovre et celui de Tunaberg, faisant un angle d'environ 9° avec la première et de 44°  $\frac{1}{2}$  avec la seconde. Or, dans les tableaux qui représentent mes observations stratigraphiques, l'espace qui sépare les deux systèmes de Tunaberg et du Dovre n'est point dépourvu de directions, mais elles y sont en moins grand nombre que sur les lignes qui correspondent à ces systèmes. Ainsi on ne doit pas conclure, ce me semble, que le système du Finistère n'a exercé aucune action en Scandinavie, mais qu'il y est moins développé que les systèmes qui s'en rapprochent le plus

par leurs directions, et qui ont laissé des traces plus profondes. Si le système du Finistère ne s'était manifesté nulle part d'une manière plus évidente que dans le nord de l'Europe, on n'aurait probablement pas été conduit à l'envisager comme un système indépendant. Néanmoins, outre les directions des roches schisteuses qui peuvent en dépendre, il y a aussi des accidents orographiques qui sont disposés dans un sens parallèle. Déjà M. Élie de Beaumont a cité, d'après l'examen de la carte géologique du midi de la Suède, publiée par M. Hisinger, des dislocations et des lignes stratigraphiques dirigées à l'E. quelques degrés N. dans la région qui s'étend de Göteborg à Upsal. Sur la côte de Norwège, au sud de Drontheim, parmi les fiords profonds qui découpent cette partie du littoral, outre ceux qui coïncident en direction avec les systèmes d'Arendal, du Dovre et de Tunaberg, il en est plusieurs qui sont dirigés entre l'E. 40° et l'E. 45° N., et qui, par suite, peuvent être rapportés au système du Finistère.

Indépendamment des observations stratigraphiques décrites précédemment, j'ai encore recueilli un certain nombre de directions dans les parties de la Scandinavie qui ne sont pas comprises dans les tableaux n° 1 à n° 16; mais ces directions sont trop éparses, et celles relatives à des régions circonscrites par leurs caractères physiques ne sont pas en assez grand nombre pour qu'il y ait lieu de les disposer en tableaux. Néanmoins je ferai une revue rapide des principales régions dont il n'a pas encore été question, et que j'ai eu l'occasion de visiter, ou qui ont été explorées par d'autres géologues; j'indiquerai alors les systèmes de soulèvement qui s'y manifestent, soit par la direction des roches schisteuses ou stratifiées, soit par l'orientation des principaux accidents de la surface du sol.

*Détermination précise des directions des nouveaux systèmes.* — Mais auparavant je vais tâcher de préciser, autant que possible, les directions de mes nouveaux systèmes, d'après l'ensemble des observations précédentes; pour cela, je suivrai la marche qui a été tracée par M. Élie de Beaumont, dans son remarquable Mémoire sur les anciens systèmes de montagnes de l'Europe. J'ai dû transporter en un point central les groupes de directions qui se distinguent le plus nettement dans les tableaux ci-dessus, en ayant égard aux différences de longitude des contrées où ont été faites les observations stratigraphiques. Le centre de réduction qui m'a paru le plus convenable est le point de la Scandinavie situé sur la zone limitrophe de la Suède et de la Norwège, sous le 61° degré de latitude et le 40°  $\frac{1}{2}$  degré de longitude à l'est de Paris. Comme la plupart des régions auxquelles se rapportent mes observations stratigraphiques ne sont pas très éloignées de ce point central, il ne m'a point paru nécessaire de tenir compte des excès sphériques; l'inexactitude qui en résultera est insignifiante, et mérite d'autant moins d'être prise en considération qu'elle est de beaucoup surpassée par les erreurs inévitables dans la détermination des axes de chaque groupe de directions. Le tableau ci-joint a été calculé d'une manière expéditive, en admettant que les axes de grands cercles qui représentent les divers systèmes de dislocation,

ou les parallèles à ces axes, coupent les méridiens séparés les uns des autres par 1° de longitude, sous des angles qui varient régulièrement de 0°,88. Le transfert des directions a pu ainsi être effectué rapidement, et sans donner lieu à des erreurs susceptibles d'affecter notablement les résultats définitifs. D'ailleurs, dans ce transport, au lieu d'exprimer en minutes les fractions de degré, il m'a paru plus commode de les exprimer en décimales.

Les résultats du tableau de réduction ci-contre représentent les directions moyennes des nouveaux systèmes de soulèvement, sous le 10°  $\frac{1}{4}$  degré de longitude, ou à la latitude moyenne de 61°. Ces directions sont : Système de Tunaberg = O. 3°,7 N. ; système du Jemtland = O. 31°,2 N. ; système de Westerwick = O. 42° N. ; système de Torneå = N. 20°,2 O. ; système méridien = N. 0°, 2 E. ; système des Kiöl = N. 24°,2 E. ; système de Drontheim = N. 42°,9 E. ; système d'Arendal = E. 39° N. ; système de Dovrefield = E. 18°,3 N.

Pour faciliter les vérifications et comparaisons stratigraphiques ou géographiques, j'ai jugé à propos de placer ici un second tableau présentant les directions moyennes qu'offrent en Scandinavie les nouveaux systèmes que je viens d'établir, et les systèmes fondés antérieurement par M. Élie de Beaumont, sous les méridiens de 7°, 14° et 22°. Comme les directions ne sont qu'approchées, je les ai exprimées seulement en degrés et demi-degrés ; d'ailleurs, j'y ai joint l'indication des systèmes de soulèvement qui sont postérieurs à l'époque silurienne et antérieurs à la période jurassique.

*Directions approximatives des systèmes de soulèvement qui ont laissé des traces en Scandinavie et en Finlande, sous les 7°, 14° et 22° degrés de longitude à l'est du méridien de Paris.*

| DÉSIGNATION DES SYSTÈMES.                                     | 7°                      | 14°                     | 22°                     |
|---|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| S. de Tunaberg, du Langfield et du Justedal . . . . .         | O. 3° $\frac{7}{10}$ N. | O. 6° $\frac{1}{4}$ N.  | O. 13° $\frac{1}{4}$ N. |
| S. des Pays-Bas. . . . .                                      | E. 1° N.                | O. 5° N.                | O. 12° N.               |
| S. longitudinal de la Bretagne. . . . .                       | O. 40° N.               | O. 46° N.               | O. 23° N.               |
| S. des Ballons. . . . .                                       | O. 17° $\frac{1}{2}$ N. | O. 23° $\frac{1}{2}$ N. | O. 30° $\frac{1}{2}$ N. |
| S. du Jemtland et de la Laponie suédoise . . . . .            | O. 28° N.               | O. 34° N.               | O. 41° N.               |
| S. de Westerwick . . . . .                                    | O. 39° N.               | N. O.                   | N. 38° O.               |
| S. du Thüringerwald. . . . .                                  | O. 38° N.               | O. 44° N.               | N. 39° O.               |
| S. du Morbihan. . . . .                                       | N. 42° O.               | N. 35° O.               | N. 28° O.               |
| S. de Torneå et du Ladoga oriental (et S. de Brévig). . . . . | N. 23° O.               | N. 17° O.               | N. 10° O.               |
| S. de la Vendée. . . . .                                      | N. 12° O.               | N. 6° O.                | N. 4° E.                |
| S. du Forez. . . . .  | N. 10° O.               | N. 4° O.                | N. 3° E.                |
| S. méridien de la Scandinavie. . . . .                        | N. 3° O.                | N. 3° E.                | N. 10° E.               |
| S. du nord de l'Angleterre . . . . .                          | N. 5° E.                | N. 41° E.               | N. 18° E.               |
| S. de Billingen . . . . .                                     | N. 12° E.               | N. 48° E.               | N. 25° E.               |
| S. des Kiöl. . . . .  | N. 21° E.               | N. 27° E.               | N. 34° E.               |
| S. du Rhin . . . . .  | N. 22° E.               | N. 28° E.               | N. 35° E.               |
| S. de Longmynd . . . . .                                      | N. 32° E.               | N. 38° E.               | N. E.                   |
| S. de Drontheim . . . . .                                     | N. 40° E.               | E. 44° N.               | E. 37° N.               |
| S. d'Arendal . . . . .  | E. 42° N.               | E. 36° N.               | E. 29° N.               |
| S. du Westmoreland . . . . .                                  | E. 30° $\frac{1}{2}$ N. | E. 24° $\frac{1}{2}$ N. | E. 17° $\frac{1}{2}$ N. |
| S. du Dovrefield et du Romsdal . . . . .                      | E. 24° N.               | E. 15° N.               | E. 8° N.                |
| S. du Finistère . . . . .                                     | E. 14° N.               | E. 5° N.                | O. 2° N.                |

| N <sup>o</sup> D'ORDRE. | NOMS DES ZONES<br>où ont été<br>OBSERVÉS LES SYSTÈMES.                              | Longitude moy.<br>de<br>chaque zone. | Différ. de longit.<br>relativement<br>au centre de red. | Coefficient<br>de réduction. | S. DE TUNABERG. |               | S. DU JEMTLAND. |               | S. DE WESTERWICK. |               | S. DE TORNEÅ. |               | S. MÉRIDIEN. |               | S. DES KIÖL. |               | S. DE DRONTHIM. |               | S. D'ARENDAL. |               | S. DU DOVREFIELD. |               |            |               |
|-------------------------|---|--------------------------------------|---|------------------------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|-------------------|---------------|------------|---------------|
|                         |   |                                      |   |                              | Directions      |               | Directions      |               | Directions        |               | Directions    |               | Directions   |               | Directions   |               | Directions      |               | Directions    |               | Directions        |               | Directions |               |
|                         |   |                                      |   |                              | observées.      | transportées. | observées.      | transportées. | observées.        | transportées. | observées.    | transportées. | observées.   | transportées. | observées.   | transportées. | observées.      | transportées. | observées.    | transportées. | observées.        | transportées. | observées. | transportées. |
|                         |   | degrés.                              | degrés.   | degrés.                      | degrés.         | degrés.       | degrés.         | degrés.       | degrés.           | degrés.       | degrés.       | degrés.       | degrés.      | degrés.       | degrés.      | degrés.       | degrés.         | degrés.       | degrés.       | degrés.       | degrés.           | degrés.       | degrés.    |               |
| 15                      | Justedal.<br>(Gneiss.)  | 5,0                                  | -5,5  | +4,8                         | O.              | O. 4,8 N.     | "               | "             | "                 | "             | "             | "             | "            | "             | "            | "             | "               | "             | "             | "             | "                 | "             | "          |               |
| 14                      | Env. du Sognefjord.<br>(Gneiss.)  | 5,0                                  | -5,5  | +4,8                         | E. 1,5 N.       | O. 3,3 N.     | "               | "             | "                 | "             | N. 25 O.      | N. 18,2 O.    | "            | "             | "            | "             | "               | "             | "             | "             | "                 | "             | "          |               |
| 15                      | Env. du Sognefjord.<br>(T. semi-cristallin.)  | 5,5                                  | -5,0  | +4,4                         | "               | "             | "               | "             | "                 | "             | "             | "             | "            | "             | "            | "             | "               | "             | "             | "             | "                 | "             | "          |               |
| 12                      | Langfield.<br>(Gneiss.)   | 5,5                                  | -5,0  | +4,4                         | 0               | O. 4,4 N.     | "               | "             | "                 | "             | "             | "             | "            | "             | "            | "             | "               | "             | "             | "             | "                 | "             | "          |               |
| 10                      | Dovrefield et Romsdal<br>(Gneiss.)  | 6,5                                  | -4,0  | +3,5                         | O. 4 N.         | O. 4,5 N.     | O. 27 N.        | O. 30,5 N.    | "                 | "             | N. 22 O.      | N. 18,5 O.    | "            | "             | "            | "             | "               | "             | "             | "             | "                 | "             | "          |               |
| 1                       | Env. d'Arendal.<br>(Gneiss.)  | 7,0                                  | -5,5  | +5,0                         | "               | "             | "               | "             | "                 | "             | "             | "             | "            | "             | "            | "             | "               | "             | "             | "             | "                 | "             | "          |               |
| 11                      | Dovrefield occidental<br>(T. semi-cristallin.)                                      | 7,5                                  | -5,0  | +2,6                         | O.              | O. 2,6 N.     | "               | "             | "                 | "             | "             | "             | "            | "             | "            | "             | "               | "             | "             | "             | "                 | "             | "          |               |
| 9                       | Env. du golfe de Dron-<br>theim, à l'est.<br>(T. semi-cristallin,<br>poudingifère.) | 8,5                                  | -2,0  | +1,7                         | "               | "             | "               | "             | "                 | "             | "             | "             | "            | "             | "            | "             | "               | "             | "             | "             | "                 | "             | "          |               |
| 8                       | Jemtland, Herjedal et<br>Norvège limitr.<br>(T. semi-cristallin.)                   | 9,5                                  | -1,0  | +0,9                         | "               | "             | "               | "             | "                 | "             | "             | "             | "            | "             | "            | "             | "               | "             | "             | "             | "                 | "             | "          |               |
| 6                       | Sud-ouest de la Suède<br>et Norvège limitr.<br>(Gneiss.)                            | 9,5                                  | -1,0  | +0,9                         | "               | "             | "               | "             | "                 | "             | "             | "             | "            | "             | "            | "             | "               | "             | "             | "             | "                 | "             | "          |               |
| 7                       | Åreskutan et env.<br>(Gneiss.)  | 10,5                                 | 0   | 0                            | "               | "             | O. 52 N.        | O. 52 N.      | "                 | "             | N. 21 O.      | N. 21 O.      | "            | "             | "            | "             | "               | "             | "             | "             | "                 | "             | "          |               |
| 5                       | Suède centr. et orient.<br>(Gneiss.)  | 15,0                                 | +2,5  | -2,1                         | "               | "             | "               | "             | "                 | "             | "             | "             | N. 2 E.      | N. 0,1 O.     | N. 26 E.     | N. 25,9 E.    | "               | "             | "             | "             | E. 39 N.          | E. 41,1 N.    | "          | "             |
| 5 bis                   | Suède cent. et orient.<br>(Mines de fer.)   | 15,0                                 | +2,5  | -2,1                         | "               | "             | "               | "             | "                 | "             | "             | "             | N. 3,5 E.    | N. 1,4 E.     | N. 25,5 E.   | N. 25,4 E.    | "               | "             | "             | "             | E. 38,5 N.        | E. 40,6 N.    | "          | "             |
| 4                       | Sudermanie et Ostro-<br>gothie.<br>(Gneiss.)  | 14,0                                 | +3,5  | -3,0                         | O. 4,5 N.       | O. 1,5 N.     | "               | "             | "                 | "             | "             | "             | "            | "             | "            | "             | "               | "             | "             | "             | "                 | "             | "          | "             |
| 5                       | Laponie méridionale<br>et Finlande.<br>(Gneiss.)                                    | 22,0                                 | +11,5   | -10,0                        | O. 15 N.        | O. 5 N.       | "               | "             | N. 45 O.          | O. 42 N.      | N. 15 O.      | N. 25 O.      | "            | "             | "            | "             | "               | "             | "             | "             | "                 | "             | "          | "             |
|                         | Directions moy.<br>sous 10° $\frac{1}{2}$ de long.                                  | ...                                  | ...   | ...                          | "               | O. 3,7 N.     | "               | O. 31,2 N.    | "                 | O. 42 N.      | "             | N. 20,2 O.    | "            | N. 0,2 E.     | "            | N. 24,2 E.    | "               | N. 42,9 E.    | "             | E. 59 N.      | "                 | "             | E. 18,3 N. |               |

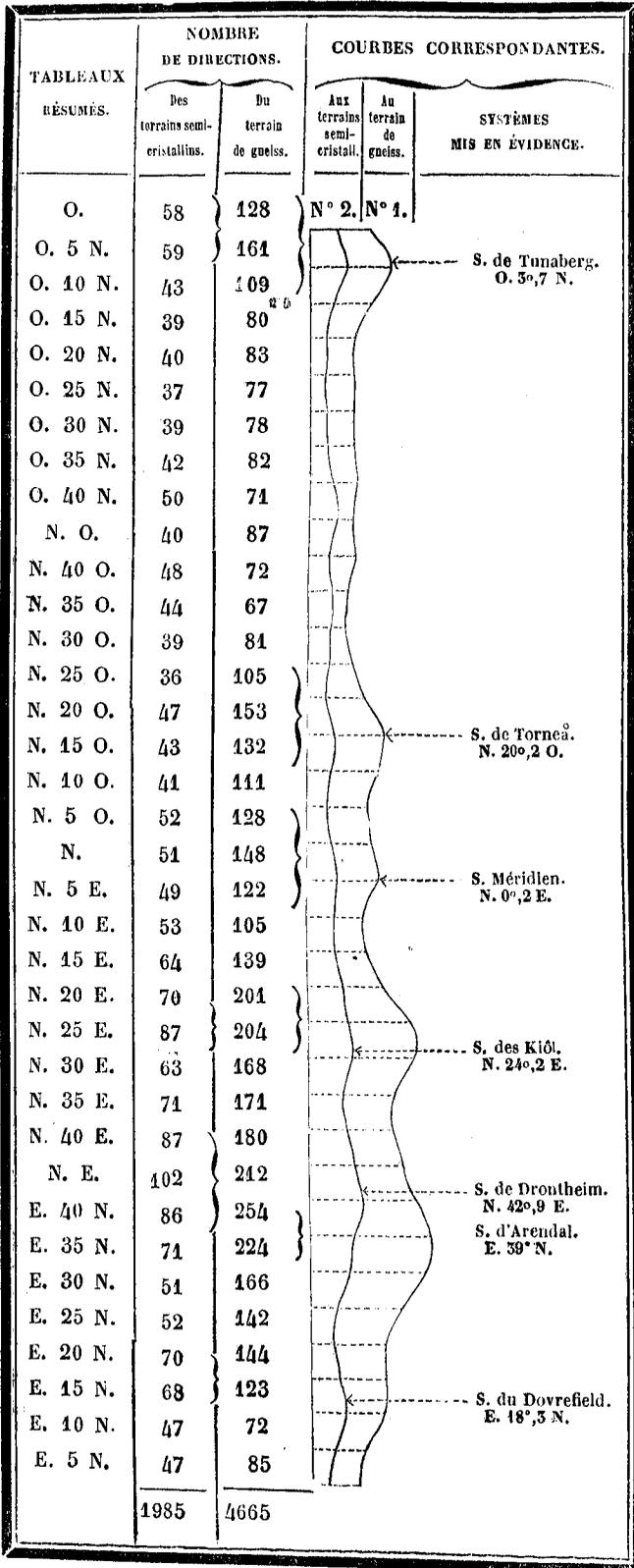
*Recherches du développement relatif des divers systèmes de soulèvement.* — Il m'a paru intéressant de rechercher quel est le développement respectif des divers systèmes de dislocations qui ont marqué leur empreinte sur le sol du nord de l'Europe ; dans ce but j'ai tâché de composer, par la combinaison de mes observations de directions, un tableau qui en offrît le résumé. Les mesures stratigraphiques auxquelles se rapportent les tableaux n<sup>o</sup> 1 à 16 embrassent un espace immense, qui comprend la Norvège, la Suède et la Finlande ; les méridiens extrêmes sont coupés par un même système sous des angles qui diffèrent de plus de 15 degrés, c'est-à-dire d'un intervalle angulaire supérieur à celui qui sépare les directions de deux systèmes adjacents. On arriverait donc à des résultats très défectueux, si l'on ajoutait ensemble les nombres de directions contenus dans les 17 tableaux, comme si elles se rapportaient à un espace d'une petite étendue. Mais on peut former un tableau général, en rapportant les groupes de directions correspondant aux divisions successives de chaque tableau à un même méridien central, à celui que nous avons déjà choisi précédemment comme méridien de réduction, et qui correspond au  $10^{\circ} \frac{1}{2}$  degré de longitude à l'est du méridien de Paris.

Pour opérer cette transformation, j'ai d'abord ajouté aux divisions angulaires de chaque tableau le coefficient de réduction relatif à la zone correspondante, coefficient qui est tantôt positif, tantôt négatif : alors ces divisions ne correspondent plus à des multiples de 5 ; mais j'y ai substitué des divisions multiples de 5, avec des divisions intercalaires, représentant des multiples de 5 augmentés de  $2 \frac{1}{2}$ . Comme la moitié de  $2 \frac{1}{2}$  est  $1 \frac{1}{4}$ , j'ai rapporté à chacune des divisions de ce tableau de réduction tout ce qui ne s'en écarte pas de plus de  $1^{\circ} \frac{1}{4}$  : c'est la limite des erreurs que l'on peut commettre ; mais comme les erreurs auront lieu, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, il doit s'établir des compensations (1). Ensuite, pour ramener le tableau de réduction à ne plus contenir que des divisions multiples de 5, j'ai partagé en deux moitiés les nombres de directions tombant sur les divisions intermédiaires entre les multiples de 5, et j'ai ajouté chacune de ces moitiés au nombre situé au-dessus et au-dessous ; j'ai ainsi formé le tableau ci-contre, qui offre un résumé approximatif de l'ensemble de mes observations stratigraphiques relatives aux formations non fossilifères de la Scandinavie.

(1) J'aurais pu obtenir un résultat beaucoup plus précis, mais il aurait fallu exécuter un nombre fort considérable de multiplications ; d'ailleurs une précision rigoureuse était évidemment superflue pour le but que je me suis proposé, et qui consistait simplement à donner une idée générale du développement relatif des divers systèmes de montagnes en Scandinavie.



*Courbes du développement relatif des divers systèmes.* — Ces tableaux sont représentés graphiquement par les courbes ci-jointes, que j'ai construites en consi-



dérant les divisions angulaires du demi-cercle comme les abscisses, et les nombres de directions comme les ordonnées. Chaque intervalle angulaire de 5 degrés est représenté par une longueur de 5 millimètres, et à chaque dizaine de directions correspond une hauteur de  $\frac{2}{3}$  de millimètre.

Les deux courbes relatives au gneiss et aux terrains semi-cristallins ne présentent pas tout à fait la même forme ; quelques-uns de leurs points d'inflexion se correspondent, mais pas tous. On peut observer que les sommets de la seconde courbe sont beaucoup moins saillants que ceux de la première : parmi ceux-ci, le plus proéminent est celui qui correspond à l'E. 30° N. ou au système d'Arendal, et qui a pour ordonnée 254 ; la courbe n° 1, relative au terrain de gneiss, nous offre quatre autres sommets, qui mettent en évidence :

|   |     |
|---|-----|
| Le système des Kiöl, ayant pour ordonnée. . . . . | 204 |
| Le système de Tunaberg. . . . .                   | 461 |
| Le système de Torneå . . . . .                    | 453 |
| Le système méridien de la Scandinavie. . . . .    | 148 |

Les autres systèmes ne se dessinent pas d'une manière nette sur la courbe n° 1.

La courbe n° 2 n'offre que trois sommets bien caractérisés, correspondant aux systèmes suivants :

|  |     |
|--|-----|
| 1° Le système de Drontheim, ayant pour ordonnée. . . . . | 102 |
| 2° Le système des Kiöl. . . . .                          | 87  |
| 3° Le système du Dovrefield . . . . .                    | 70  |

On pourrait sur la courbe n° 2, de même que sur celle n° 1, reconnaître les traces d'autres systèmes ; mais ils sont faiblement indiqués, car les sommets qui leur correspondent ne s'élèvent pas à une grande hauteur au-dessus de la ligne horizontale qui a pour ordonnée 36, et qui forme la limite inférieure de la courbe n° 2. Parmi les systèmes de dislocations que font ressortir d'une manière évidente les deux courbes ci-dessus, un seul est commun à toutes deux, savoir le système des Kiöl ; cependant le système de Drontheim et celui du Dovrefield ont certainement marqué leur empreinte sur le terrain de gneiss, mais les inflexions qu'ils ont produites sont, comme on le voit, beaucoup moins nombreuses que celles provenant d'autres systèmes.

*Influence des divers systèmes dans la formation des rides du sol scandinave.*

— La courbe n° 1 montre combien le système d'Arendal l'emporte, en Scandinavie, sur tous les autres par la multiplicité des directions qu'il a imprimées aux roches schisteuses ; on doit se demander s'il a joué un rôle aussi important dans le soulèvement des montagnes les plus élevées. Sur tous les massifs un peu considérables j'ai reconnu les traces de plusieurs systèmes, aussi me paraît-il

évident qu'ils ont été soulevés à plusieurs reprises; d'ailleurs, comme beaucoup de ces massifs n'offrent pas d'allongement dans un sens bien déterminé, il est difficile de constater orographiquement quel est le système qui a le plus fortement contribué à leur élévation. Dans la région qui renferme les pics gigantesques de l'Iötunfield, le système d'Arendal est passablement développé, de même que le système des Kiöl, et il paraît en être ainsi du système du Dovrefield, dont l'empreinte se manifeste par l'allongement de la bande syénitique qui constitue l'Iötunfield, et qui est accompagnée de diverses sortes de schistes feuilletés et cristallins. Nous avons vu aussi que le système du Dovrefield a dû jouer un rôle important dans le soulèvement du plateau élevé d'où il tire son nom. De même le système de Tunaberg a dû contribuer puissamment à l'élévation des plateaux du Justedal et du Langfield, plateaux dans lesquels sa direction prédomine.

Le système de Torneå, dont le nom est emprunté à la région qui borne la partie septentrionale du golfe de Botnie, a laissé des traces sur les montagnes adjacentes au Sognefiord, ainsi que sur celles situées au sud et à l'est de Drontheim; d'ailleurs, les roches schisteuses de ces régions ont pu aussi être influencées par le système de Brevig, qui coïncide presque en direction avec celui de Torneå. Le système méridien de la Scandinavie est représenté par un nombre de directions presque aussi considérable que celui de Torneå. Il est beaucoup de régions, telles que celles du Sognefiord, du Guldbrandsdal, du Dovrefield, etc., où l'on trouve bien marqués des systèmes de directions fort différents et souvent rectangulaires. Néanmoins, quand un système a produit des effets très prononcés dans une région, on y trouve habituellement beaucoup de directions qui semblent se rapporter à un ou plusieurs des systèmes qui lui sont adjacents par leur orientation. Ainsi, dans les zones où l'empreinte du système des kiöl est très marquée, on observe aussi des directions propres au système de Drontheim et à celui d'Arendal. Évidemment ce fait tient, en partie, à ce que les effets produits par la cause prédominante embrassent une étendue angulaire un peu considérable; mais il semble aussi que les couches qui ont été relevées dans un certain sens peuvent être facilement infléchies suivant des directions rapprochées.

Les systèmes des ballons et du Jemtland, dont la date est postérieure à l'époque silurienne, sont peu développés dans les zones de la Scandinavie auxquelles se rapportent les tableaux ci-dessus; on conçoit que les schistes anciens, qui avaient été déjà redressés dans des directions diverses, pouvaient difficilement se plier aux inflexions que tendaient à leur faire subir des forces développées plus tard. D'ailleurs, vu l'inclinaison moins considérable des couches paléozoïques, les systèmes post-siluriens paraissent avoir agi avec moins de puissance pour redresser les terrains stratifiés ou schisteux.

Parmi les systèmes antésiluriens déjà établis par M. Élie de Beaumont, on voit que le système du Finistère et celui du Morbihan ont produit en Scandinavie les effets les moins marqués; du moins, les directions qui s'y rapportent

sont les moins nombreuses dans les zones où j'ai recueilli les observations résumées dans mes tableaux stratigraphiques.

Traces, de divers systèmes dans les régions de la Norwège non comprises dans les tableaux précédents.

Les tableaux stratigraphiques n° 4 à n° 16 ne s'étendent pas au delà du 65° degré de latitude, excepté le n° 5, qui embrasse la Finlande et la Laponie méridionale jusqu'au 68° degré. Les directions que j'ai mesurées dans la Norwège septentrionale ne sont point assez nombreuses pour qu'il y ait utilité à les réunir en tableaux. De son côté, M. Keilhau a relaté (*Gea Norwegica*) un nombre assez grand d'observations stratigraphiques; mais l'espace où il les a recueillies est très étendu dans le sens des parallèles, et comprend 19 degrés de longitude; aussi serait-il difficile de les grouper méthodiquement, de manière à en faire ressortir des conséquences précises. Je me bornerai donc à indiquer les divers groupes de directions que M. Keilhau a signalés dans son texte, ou sur sa carte, et celles que j'ai observées dans le Finmark occidental. Je ferai connaître à mesure les systèmes de dislocations dont elles paraissent dériver.

*Finmark.* — Je vais commencer par la portion orientale du Finmark; les directions que je vais citer dans cette région sont toutes extraites du mémoire de M. Keilhau, ou mesurées sur la carte qui l'accompagne. Le golfe de Varanger, qui est situé à l'extrémité nord-est de la Norwège, sous 28° de longitude orientale (1), est dirigé moyennement à l'O. 20° N., de même que les couches de gneiss primitif qui affleurent sur la rive méridionale de ce fiord, près de Buggøe et de Lösklubben. Cette orientation paraît se rattacher au système de Tunaberg (ici O. 18° N.) ou au système des Pays-Bas (O. 16° N.).

La direction moyenne de l'île Vardøe, de la côte adjacente, ainsi que des couches de schiste argileux, de grès et de conglomérat qui composent cette partie du littoral, est N. 10° O.; elle ne coïncide exactement avec aucun système de dislocations; ceux dont l'orientation s'en rapproche le plus sont le système de Torneå, ou bien le système de Brévig, qui est postdévonien, et dirigé de même: une ligne parallèle à ces deux systèmes couperait le méridien de l'île Vardøe, sous un angle d'environ 5° à l'ouest.

Les couches de grès et de schiste de la côte de Havninberg ont une direction E. 30° et quelques degrés N., qui se rapproche beaucoup d'être parallèle au système de Drontheim (ici E. 33° N.). Les couches de quartz grenu de la côte de Makur (long. 28°) courent du N. O. au S. E., parallèlement au système du Jemtland. La direction moyenne des couches de schiste argileux et de quartz schisteux de Kiölnœs et Naalnoës, sous 27° de longitude = E. 26° N.; elle est parallèle, à 1° près, au système d'Arendal (ici E. 25° N.). La direction moyenne du Tana-

(1) Toutes ces longitudes sont comptées à l'E. du méridien de Paris.

fiord, et des couches de quartzite et de schiste qui affleurent sur ses deux rives, près de son embouchure, sous  $26^{\circ} \frac{1}{2}$  de longitude = N.  $37^{\circ} \frac{1}{2}$  E. ; elle coïncide à peu près avec celle du système du Rhin ou des Kiöl (N.  $37^{\circ}$  à  $36^{\circ}$  E.). Suivant M. Keilhau (*Gea*, p. 267), les couches de grès et de schiste qui forment le fond du Tanafiord plongent fréquemment à hora 10, ce qui donne pour leur direction hora 4 ou E.  $30^{\circ}$  N., c'est-à-dire une ligne intermédiaire entre le système d'Arendal (ici E.  $26^{\circ}$  N.) et le système de Drontheim (E.  $35^{\circ}$  N.).

Les couches de quartzite et de schiste micacé qui forment la rive orientale du Laxefiord courent au N.  $30^{\circ}$  E., suivant une ligne peu écartée du système de Billingen (ici N.  $27^{\circ} \frac{1}{2}$  E.). La rive orientale du golfe de Porsanger est dirigée, sous  $23^{\circ} \frac{1}{2}$  de longitude, au N.  $27^{\circ}$  E., parallèlement au système de Billingen (ici N.  $26^{\circ}$  E.); mais la direction moyenne de l'axe médian du fiord est le N.  $20^{\circ}$  E., et peut être rapportée au système du nord de l'Angleterre (ici N.  $19^{\circ}$  E.).

La direction moyenne des couches de schiste argilo-miacé de l'île Magerøe, sous  $23^{\circ} \frac{1}{2}$  de longitude, est le N.  $37^{\circ}$  E. ; elle coïncide à peu près avec la direction du système du Rhin ou des Kiöl. Le gneiss qui forme les îles situées sur la côte de Finmark, entre Magerøe et l'Altenfiord, sur seize directions, m'en a présenté 12 qui sont comprises entre le N.  $30^{\circ}$  E. et l'E.  $30^{\circ}$  N. : les systèmes auxquels on peut les rattacher sont ceux des Kiöl ou du Rhin, de Longmynd, de Drontheim et d'Arendal. La direction moyenne de ces schistes cristallins se rapproche de la ligne N. E., qui représente l'orientation approximative du grand cercle parallèle au système de Longmynd. On peut rattacher au même système la ligne de détroits qui sépare la terre ferme des îles Seiland, Qualøe, etc., et la ligne qui, sur ma carte, forme la séparation entre le micaschiste et le gneiss ; ces lignes font avec le méridien un angle de  $40$  et quelques degrés vers l'est.

Les roches de schiste, de quartzite et de pierre calcaire de l'Altenfiord, sous  $20^{\circ} \frac{1}{2}$  de longitude, offrent une direction recourbée à angle droit ; aux environs de Talvig et au sud d'Altœes, sur la rive orientale de l'Altenfiord, les directions varient entre l'E. N. E. et l'E. quelques degrés N. ; les unes paraissent susceptibles d'être rapportées au système du Dovrefield (ici E.  $9^{\circ}$  N.), les autres au système de Westmoreland (ici E.  $20^{\circ}$  N.). Aux environs de Kaafiord, les couches présentent une orientation presque perpendiculaire, suivant le N. quelques degrés O. J'ai recueilli un assez grand nombre de directions sur le côté occidental de l'Altenfiord, entre Talvig, Kaafiord, Bossecop et les environs de Raipas ; il en est beaucoup qui coïncident à peu près avec le méridien magnétique, c'est-à-dire qui courent au N.  $11$  à  $12^{\circ}$  O., à peu près parallèlement au système de Torneå, ou de Brevig (ici N.  $10^{\circ}$  O.).

*Intérieur de la Laponie.* — Sur le versant septentrional du plateau de la Laponie, on voit, comme je l'ai déjà indiqué p. 104, les couches de quartzite schisteux et micacé courir (sous  $20^{\circ} \frac{1}{2}$  de longitude), à l'O.  $42^{\circ}$  à  $44^{\circ}$  N., direction peu éloignée de celle du système du Jemtland et de la Laponie suédoise (ici O.

39° N.). Proche de la petite île d'Houtzeiocken, la direction des couches passe au N. 37° O., et alors elle est peu écartée de l'orientation des systèmes de Westervick ou du Thuringerwald (N. 40° O.). Plus au sud, la direction des couches schisteuses se rapproche du N. quelques degrés O., et devient alors voisine de celle des systèmes de Torneå et de Brevig.

Les couches de micaschiste, de quartzite et de pierre calcaire qui constituent le fond du golfe de Quånanger (golfe dit N. et S. Ström) se relieut avec les roches de l'Altenfiord et courent au N. 30 et quelques degrés O., à peu près parallèlement à ce golfe, et aussi parallèlement au système du Morbihan (ici N. 31° O.).

*Nordland.* — D'après la carte de M. Keilhau, les schistes cristallins qui affleurent au N. E. de l'île de Vandø et au N. de Fugløe, ainsi qu'à Skiervøe, offrent des directions voisines de l'E. O., qui paraissent se rattacher au système du Finistère (ici à peu près E. 2° N., sous le 18° degré de longitude). La grande bande d'euphotide, qui se trouve à l'est du Lyngenfiord, est dirigée moyennement au N. 22° E., et est à peu près parallèle au système de Billingen (ici N. 21° E., sous 18° degrés de longitude).

La direction moyenne de la ligne que M. Keilhau a tracée, comme formant la limite entre le micaschiste et le granite veiné, de Vandøe à Senjen, est le N. 42° E.; elle coïncide à peu près avec l'orientation du système de Longmynd (ici N. 40° E., sous 16° 1/2 de longitude). C'est dans un sens parallèle qu'est allongé l'Archipel de Tromsen, qui comprend les îles Senjen, Kvaløe, Renøe, etc. Le système de Longmynd paraît donc avoir joué un rôle important dans les phénomènes qui ont produit la configuration de la partie septentrionale de la Norwège.

L'archipel des Loffoden, qui se trouve au S. O. de l'île Senjen, présente deux sortes d'orientations différentes : considérées dans leur ensemble, ces îles forment un groupe allongé dans le sens de l'E. 30 et quelques degrés N. Cette orientation est à peu près celle du système d'Arendal; mais chaque île, considérée isolément, présente des pointes dont la direction varie entre le N. N. E. et le N. 30° E., et qui, par conséquent, paraissent avoir été produites par le système des Kiöl (ici N. 26° E.).

Les directions des roches de micaschistes et de gneiss du Nordland paraissent être assez variées; voici celles que M. Keilhau cite le plus fréquemment dans la *Gea Norwegica*. Plusieurs sont comprises entre l'O. et l'O. 15° N. : les plus voisines de l'O. 6° N. appartiennent probablement au système de Tunaberg ou des Pays-Bas; quant à celles qui s'approchent de l'O. 15° N., peut-être dérivent-elles du système que j'ai nommé système longitudinal de la Bretagne (ici O. 14° à 15° N.). M. Keilhau cite des directions assez nombreuses entre le N. 20° O. et le N. 15° O., qui paraissent se rapporter au système de Torneå; l'en indique encore un assez grand nombre entre le N. et N. 30° E., lesquelles peuvent se rattacher à divers systèmes, tels que le système méridien, le système du nord de l'An-

gleterre, le système de Billingen, le système des Kiöl ou le système du Rhin. La petite bande de micascite et de calcaire cristallin que M. Keilhau a indiquée dans la partie orientale de l'île Hindøe, est allongée dans le sens du N. quelques degrés E., parallèlement au système méridien de la Scandinavie. Parmi les directions rapportées par M. Keilhau, il y en a encore plusieurs autour de la ligne E. 15° N.; elles paraissent dériver du système du Dovrefield.

Dans le midi du Nordland, et dans le nord de la province de Drontheim, entre le Vefsfiord et le lac Rös, M. Keilhau a signalé une zone de gneiss qui se fait remarquer par la constance de sa direction : elle court du N. au S., sur près de 1° 1/2 de latitude, dans le sens du méridien, sous le 11° degré de longitude. Le redressement de ces couches appartient, sans aucun doute, au système méridien de la Scandinavie, qui offre ici exactement la même direction.

*Sud-ouest du littoral norvégien.* — La partie sud-ouest du littoral norvégien est composée principalement de gneiss, dont les directions se trouvent le plus souvent comprises entre le N. 30° O. et le N.; elles paraissent se rapporter aux systèmes de Torneå et de la Vendée, ainsi qu'au système méridien, qui est principalement développé à l'extrémité méridionale de la Norvège; cependant les rivières qui aboutissent à cette extrémité coulent dans des vallées dont l'orientation est, en certaines parties, du N. quelques degrés E. au S. quelques degrés O., et, par conséquent, parallèles au système du nord de l'Angleterre. Ce phénomène paraît donc avoir influé sur l'orographie de cette région.

*Nummedal et Haut Tellemark.* — Le même système semblerait aussi avoir contribué aux soulèvements des quartzites et des schistes semi-cristallins du Nummedal et du Haut Tellemark, car ils présentent fréquemment, surtout dans la partie orientale de la zone quartzreuse, des directions voisines du méridien, mais déviant plutôt un peu vers l'est que vers l'ouest; d'ailleurs, l'orientation des roches de cette région a lieu bien plus souvent entre le N. et l'E. qu'entre le N. et l'O.; elle manifeste l'action de plusieurs systèmes, notamment de ceux du Dovrefield et de Drontheim, peut-être aussi des systèmes de Longmynd, des Kiöl et de Billingen; car on y observe des directions E. N. E. et N. E.; il y en a aussi d'assez fréquentes entre le N. et le N. E., comme l'a indiqué M. Keilhau (*Gea Norvegica*, p. 434).

#### Remarques sur l'âge des divers systèmes de soulèvements.

La détermination précise de l'âge des divers systèmes de soulèvements que je viens d'exposer présente des difficultés tenant à plusieurs causes; ainsi les formations qui en ont reçu l'empreinte sont dépourvues de fossiles, c'est-à-dire du cachet chronologique qui permet de juger l'âge des dépôts de sédiment. En outre, les terrains cristallins, dits primitifs, quoique renfermant probablement des forma-

tions de plusieurs époques, ne paraissent pas être revêtus de caractères lithologiques dépendant essentiellement de leur âge ; d'autres obstacles proviennent de ce que plusieurs systèmes d'âges différents suivent la même direction ; ainsi, le système de Tunaberg et celui des Pays-Bas, le système des Kiöl et celui du Rhin, etc. Il y a quelquefois aussi des incertitudes provenant de ce que les inflexions relatives à certains systèmes peuvent avoir été reproduites plus tard. Aussi, dans l'état actuel de nos connaissances, la solution de ce problème doit être nécessairement imparfaite ; mais les progrès ultérieurs de la géologie éclairciront probablement les questions qu'il convient aujourd'hui de laisser dans le doute.

Il y a des systèmes qui ont fait sentir leur action à la fois sur le terrain gneissique et sur les schistes semi-cristallins qui lui sont superposés ; comme leur empreinte est fortement marquée sur les roches semi-cristallines de la province de Drontheim, ils doivent être postérieurs à ces roches : dans cette catégorie se trouvent les systèmes des Kiöl, du Dovrefield et de Drontheim. Le système des Kiöl me paraît être le plus ancien des trois, d'abord parce que c'est celui qui a le plus fortement affecté le terrain gneissique, comme le montrent les courbes ci-dessus ; et d'ailleurs, la zone montagneuse qui est allongée suivant la direction N. N. E. du système des Kiöl paraît avoir été interrompue par les rides dépendant du système du Dovrefield.

Quant au système méridien de la Scandinavie, il y a dans les schistes semi-cristallins des directions qui paraissent s'y rattacher ; néanmoins je suis porté à le regarder comme antérieur à ces schistes, car la zone de gneiss située entre le 65° et le 66° degré de latitude, un peu à l'est du littoral norvégien, zone qui est dirigée très régulièrement du nord au sud, se trouve interrompue par la formation semi-cristalline, qui est ici relevée suivant la direction N. N. E. du système des Kiöl. D'un autre côté, les directions N. S. sont bien plus multipliées dans les roches du terrain de gneiss que dans celles du groupe semi-cristallin, et même le système méridien est à peine marqué sur la courbe n° 2. Néanmoins il est incontestable que les couches semi-cristallines ont été, en divers points, notamment entre le 63° et le 62° degré de latitude, relevées suivant la direction du méridien ; il s'y est produit aussi une file de sommités alignées dans le même sens. On trouve, en outre, dans le midi de la Norvège, des dislocations qui ont affecté les roches paléozoïques de Christiania, et y ont produit des ruptures dirigées du N. au S. Mais déjà j'ai exposé précédemment qu'il y avait eu au moins deux (1) phénomènes de soulèvement dirigés dans le sens du méridien, et l'un d'eux paraît remonter jusqu'à la période primitive ; l'âge du second ne peut être fixé pour le moment d'une manière précise.

Comme les traces les plus profondes des systèmes d'Arendal, de Tunaberg et de

(1) Je suis porté à croire que le nombre des systèmes de redressements et dislocations produits dans le nord de l'Europe, suivant la ligne N. S., s'élève à trois ; l'un remonterait à la période gneissique, l'autre à la période paléozoïque, et le troisième se confondrait avec le système de la Corse.

Torneå nous sont offertes par les roches du terrain gneissique, et que les formations semi-cristallines présentent comparativement peu de directions qui puissent leur être rapportées, il est présumable que les systèmes d'Arendal (1), de Tunaberg et de Torneå sont antérieurs aux groupes semi cristallins; mais je n'ai pas de données suffisantes pour déterminer sûrement leur âge relatif: il me paraît donc prudent d'ajourner cette recherche.

Quant aux systèmes du Jemtland et de Billingen, j'ai déjà montré qu'ils sont tous deux postérieurs à l'étage inférieur du terrain silurien.

#### TERRAINS PALÉOZOÏQUES DE LA SCANDINAVIE.

*Disposition géographique des dépôts paléozoïques.* — Les dépôts paléozoïques de la Scandinavie ne forment point une zone continue, comme ceux qui constituent la partie sud-est du littoral de la Baltique. Ils ont rempli des bassins particuliers, séparés les uns des autres par des collines granito-gneissiques; mais probablement il existait des communications entre eux. Il est remarquable de voir que les roches paléozoïques de la Suède se trouvent presque toujours sur les bords de grands lacs, tels que le Wenern, le Wettern, le Siljan et le Storsjön; de même elles se montrent en Norwège autour du lac Miösen et de la concavité qui forme le fiord de Christiania. On ne peut cependant envisager ces dépressions comme des restes des bassins qui existaient à l'époque silurienne: mais les formations paléozoïques ont été perforées par des roches éruptives; et, dans les phénomènes qui ont déterminé l'exhaussement d'une partie des anciens fonds de mer au-dessus du niveau des contrées environnantes, il s'est produit, en même temps que les soulèvements, des affaissements partiels, et par suite de nouveaux bassins, qui n'ont pu être entièrement comblés à l'époque erratique. Ce sont comme des mers intérieures, qui offrent des voies de communication très favorables à l'industrie et au commerce de ces contrées; en outre, les myriades de poissons qui y vivent fournissent d'importantes ressources pour l'alimentation des habitants.

Les deux étages du terrain silurien sont représentés, dans le nord de l'Europe, le premier par des assises de grès quartzeux, de schistes divers et de calcaires; le second par des roches calcaréo-schisteuses: à la base du système silurien se trouvent habituellement, en Suède et en Norwège, des couches quartzeuses, recouvertes de schistes ampélito-alunifères et contenant des fucoïdes. J'ai observé que très souvent, aux points où ces couches s'appuient sur le gneiss, il existe à la séparation des deux terrains des masses de diorite ou de porphyre dioritique; c'est ce qui a lieu dans le Jemtland, près de Stammgårde, à l'extrémité occi-

(1) Les directions voisines du N. E. que l'on observe souvent dans les terrains semi-cristallins, se rapportent au système de Drontheim, qui offre une orientation peu écartée de celle du système d'Arendal.

dentale du bassin silurien d'Östersund; il en est de même à Ombersnæs, près de Brévig, dans la Norwège méridionale, et aussi près de Christiania.

D'ailleurs, l'âge des formations appartenant aux deux étages du système silurien est fixé, en Scandinavie, par la présence d'un assez grand nombre de fossiles, dont plusieurs sont regardés comme caractéristiques par MM. Murchison et de Verneuil. Voici les principaux restes organiques contenus dans l'étage inférieur, en Suède et en Norwège : il y a une profusion de Trilobites, parmi lesquels je citerai *Trinucleus caractaci*, *Ogygia Buchii*, *Asaphus expansus*, *A. tyrannus*, *Illænus crassicauda*, *Olenus gibbosus*, *O. alatus*, *O. scarabæoides*. Les *Olenus* se trouvent avec l'*Agnostus pisiformis* et avec plusieurs espèces de *Paradoxides* et *Conocephalus*, dans les schistes noirs, alunifères, qui recouvrent l'assise quartzreuse, la première de la série silurienne en Scandinavie. Ces fossiles constituent, avec quelques Brachiopodes, la faune primordiale, ou faune première de M. Barrande; elle est caractérisée par les genres *Paradoxides*, *Conocephalus* et *Olenus* (1), qui, d'après cet habile géologue, ne reparaissent plus à des niveaux supérieurs. C'est dans les couches calcaréo-schisteuses, situées au-dessus des schistes alunifères, que commencent à se montrer les genres *Asaphus*, *Ogygia*, *Illænus*, *Trinucleus*, etc., qui appartiennent à la faune seconde de M. Barrande. Les Orthocères abondent dans le même groupe de couches, et offrent les espèces *duplex*, *communis*, *trochlearis*, *regularis*, *centralis*, *conicus*, *lineatus*, etc.; on trouve aussi quelques Ptéropodes et Gastéropodes, savoir : *Conularia quadrisulcata*, *Evomphalus gualterianus*, *Bellerophon bilobatus*, *Turbo bicarinatus*. Les Mollusques lamellibranches sont rares, mais il y a des Brachiopodes : ainsi les *Orthis alternata*, *virgula*, *callactis* et *Lynx*. Il y a plusieurs Crinoïdes de la famille des Cystidées, que l'on rencontre dans presque tous les bassins siluriens de la Scandinavie; ce sont principalement le *Sphaeronites aurantium*, les *Caryocystites granatum* et *testudinarium*. On trouve quelques Polypiers, parmi lesquels MM. Murchison et de Verneuil citent comme caractéristique le *Chaetetes petropolitanus*. Enfin il y a des lits schisteux qui offrent une multitude d'empreintes de graptolithes.

A la séparation des deux étages siluriens est un banc calcaire chargé de *Pentamerus oblongus*, espèce de Brachiopode qui, d'après MM. Murchison et de Verneuil, occupe tout à fait la même position dans le calcaire de Woolhope ou Horderley en Angleterre. L'étage supérieur est bien caractérisé dans le bassin de Christia-

(1) M. Barrande a trouvé dans les couches siluriennes inférieures de la Bohême, outre des *Conocephalus* et *Paradoxides*, des Trilobites appartenant à quatre autres genres, savoir : *Ellipsocephalus*, *Sao*, *Arionellus* et *Hydrocephalus*, qu'il regarde comme exclusivement propres à sa faune première; ces genres lui ont fourni vingt-sept espèces, en y joignant le genre *Agnostus*, le seul qui ait reparu ultérieurement. Avec les Trilobites, qui alors étaient les principaux habitants des mers, M. Barrande cite, comme faisant partie de sa faune primordiale de la Bohême, 1 Ptéropode (*Pugiunculus primus*), 1 Brachiopode (*Orthis Romingeri*) et 2 fossiles analogues aux Cystidées. (Voir le *Bull. de la Soc. géol.*, t. X, p. 403)

nia, et mieux encore à l'île Gothland, par une grande abondance de débris animaux; on y trouve les *Calymene Blumenbachii*, *Phacops macrophthalmia* et *variolaris*, et *Asaphus caudatus*, les *Orthoceras angulatus* et *imbricatus*; les *Evomphalus equilateratus*, *catenulatus*, *subsulcatus* et *ungulatus*; les *Turbo striatus*, *cornuarietis* et *funatus*; *Murchisonia cingulata*, *Megalodon carpomorphum*, *Avicula retroflexa*; les *Spirifer trapezoidalis*, *exporrectus*, *sulcatus*, *crispus*, *radiatus*, *conchidium*, *subspurius*, *ptychoides*, et *elevatus*; les *Leptaena depressa*, *euglypha*, *lata*, *funiculata*, *imbex*, *Fletcheri*; les *Orthis elegantula*, *hybrida*, *zonata*, *sinuosa*; les *Terebratulula Wilsonii*, *marginalis*, *imbricata*, *tumida* et *aspera*. Il y a, en outre, un certain nombre de Crinoïdes, notamment les *Eucalyptocrinus rosaceus* et *decorus*, le *Calliocrinus* ou *Eugeniocrinites costatus*, l'*Enallocrinus scriptus*, *E. punctatus* et l'*Ichthyocrinus tessera-condactylus*. Le second étage silurien se distingue encore par l'existence de lits chargés de débris de Zoophytes, parmi lesquels on remarque les *Catenipora escharoides* et *labyrinthica*, *Favosites Gothlandica* et *subbasaltica*, *Astræopora organum* et *Porites pyriformis* (1).

Quant au terrain dévonien, son existence en Scandinavie n'est point basée sur l'existence de fossiles propres à cette époque, mais simplement sur des analogies pétrographiques. On a regardé comme dévoniennes des roches arénacées, de grès ou de poudingue, qui paraissent correspondre au vieux grès rouge de l'Angleterre; car, aux environs de Christiania, elles recouvrent les couches du système silurien supérieur.

La formation paléozoïque la plus septentrionale de la Scandinavie est celle d'Östersund, située presque à égale distance entre le golfe de Botnie et l'Atlantique, entre 63 et 63 1/2 degrés de latitude, sous le parallèle de Drontheim. Elle appartient à l'étage inférieur du système silurien, et entoure le lac d'Östersund, autrement dit Storsjön, dont la longueur est d'environ 10 myriamètres, du S. E. au N. O. Un peu plus au sud, sous le 61° degré de latitude, se trouve la région paléozoïque de la Dalécarlie, qui est beaucoup plus vaste que celle d'Östersund; car elle affleure sur les rives du lac Siljan, et de là se prolonge vers le N. O. jusqu'au près du lac Fœmund. Elle s'étend aussi très loin vers l'ouest, par-delà la frontière norvégienne, et elle paraît même se relier avec les dépôts paléozoïques du Hedemark et du lac Miösen. A une très petite distance au midi de ces derniers, commence le bassin paléozoïque de Christiania, qui autrefois communiquait évidemment avec celui du Hedemark. Il forme une bande large de 3 à 4 myriamètres, et allongée du N. N. E. au S. S. O., sur une distance de 20 myriamètres, depuis le lac Miösen jusqu'au fiord de Langesund, près de Brévig. La partie centrale de ce bassin est occupée par des roches granitiques, qui ont déchiré et en partie recouvert les terrains stratifiés; ceux-ci se sont alors trouvés pincés, d'un côté entre le gnéiss, de l'autre entre les masses de porphyre ou de syénite postérieures à l'époque dévonienne.

(1) Ces restes organiques appartiennent à la faune troisième de M. Barrande.

Les roches siluriennes de l'étage inférieur, qui affleurent sur les rives des lacs Wenern et Wettern, paraissent avoir été déposées, ainsi que celles des lacs Roxen et Hjelmars, dans un même bassin, présentant un contour très sinueux et des branches irrégulières; ces roches ne forment pas un tout continu, mais elles sont probablement des lambeaux d'un même dépôt, qui embrassait une grande partie de l'espace compris entre les lacs Wenern, Hjelmars, Roxen, et la partie méridionale du lac Wettern. Ce terrain a été disloqué lors de l'éruption des masses de trapp, qui en ont soulevé inégalement les diverses parties, et qui se sont épanchées à la surface des plates-formes de Kinnekulle et de Billingen. Les masses de calcaire, de schiste et de grès ainsi fracturées ont ensuite été dénudées pendant une longue série de siècles; et, lors de l'époque erratique, les dépressions qui séparaient les parties culminantes ont été, en partie, comblées par d'épais dépôts de transport. Mais, en divers points, les collines de roches primitives, qu'avaient recouvertes les couches siluriennes, ont de nouveau été mises à nu, par suite de la rupture et de la destruction de ces couches.

C'est dans un bassin différent qu'ont dû être déposées les formations siluriennes qui constituent la côte de Calmar, les îles Öland et Gotland; puis les cataclysmes qui ont donné naissance au golfe de Botnie ont partagé les dépôts de cette région en plusieurs masses, allongées dans un sens à peu près parallèle, du N. N. E. au S. S. O.

#### Dépôts paléozoïques des environs de Christiania.

Nous allons maintenant exposer les caractères principaux des terrains paléozoïques de ces diverses contrées. Commençons par celui de Christiania, qui est le plus complet, et le seul qui présente à la fois les deux étages siluriens, recouverts par le vieux grès rouge, comme l'ont démontré MM. Murchison et de Verneuil. Cette série de couches a été soulevée à plusieurs reprises, et se montre presque partout en contact avec des roches pyrogènes, remarquables à la fois par leurs caractères minéralogiques et par l'action qu'elles ont exercée sur les dépôts sédimentaires adjacents (1).

Je vais d'abord esquisser la configuration de la zone paléozoïque, puis je dé-

(1) Les formations paléozoïques de Christiania sont remarquables à beaucoup d'égards, et ont attiré l'attention des divers géologues qui ont visité la Norwège. Je citerai particulièrement M. de Buch, qui a signalé des relations importantes entre les roches de transition massives et stratifiées; MM. Nauman et Hausman, que j'ai déjà cités pour leurs observations sur les dépôts azoïques, M. Keilhau qui, après des explorations minutieuses, a tracé une carte géologique très exacte du territoire de Christiania, MM. Murchison et de Verneuil, qui ont eu le mérite d'assigner aux formations paléozoïques de cette contrée leur véritable place dans l'échelle des terrains. Je mentionnerai encore M. Scheerer, qui a découvert dans la syénite zirconienne de nouvelles espèces minérales, et M. Daubrée, dont l'intéressant *Mémoire sur les mines de la Suède et de la Norwège* renferme quelques détails relatifs aux terrains de transition. J'espère, dans la description qui va suivre, ajouter quelques faits nouveaux à ceux signalés par mes savants devanciers.

crirai les roches qui la composent ; je ferai connaître leur disposition stratigraphique et j'examinerai les soulèvements qu'elles ont éprouvés. L'étude de ces phénomènes était encore à faire pour le bassin de Christiania ; elle nous fournira des résultats intéressants.

*Configuration de la région paléozoïque de Christiania.* — Le terrain de transition s'étend entre le golfe de Christiania et le pied des montagnes du Tellemark et du Nummedal, dont il est séparé par une bande de schistes cristallins ; celle-ci, à son contact avec les roches paléozoïques, est plus basse que le massif de roches pyrogènes qui constitue l'intérieur du bassin. Une pareille infériorité de niveau a lieu pour le plateau granito-gneissique, placé à l'est de Christiania, et dont la surface ondulée ne s'élève qu'à une altitude de 150 à 200 mètres au-dessus de la mer. Le relief de la région paléozoïque est ainsi très remarquable : la périphérie est notablement plus basse que la partie centrale, et forme comme une ornière entre le noyau plutonique intérieur et les roches de schistes cristallins qui, à peu de distance à l'ouest, s'élèvent à une hauteur considérable ; mais elles s'abaissent peu à peu vers l'est, jusqu'aux rivages de l'ancienne mer silurienne. Ainsi le terrain de transition se termine, du côté sud et sud-est, au Skager-Rack ou golfe de Christiania, et la partie septentrionale est bornée par le lac Miösen, tandis que son bord occidental coïncide avec la longue dépression du Tyrifjord et du Randsfjord.

Cette élévation moindre des assises schisteuses qui forment le pourtour du bassin paléozoïque peut tenir, mais seulement pour une faible partie, à ce que les couches siluriennes, de nature argileuse, sont peu consistantes, et se laissent désagréger par les agents atmosphériques ; toutefois, si l'on compare les niveaux relatifs de la zone périphérique (1) avec l'altitude moyenne de la région centrale, qui est de 3 à 400 mètres, il est évident que cette région intérieure, aujourd'hui occupée par des granites et des porphyres, a éprouvé une sorte de tuméfaction ; le milieu du bassin a nécessairement été soulevé, et cette considération me semble militer en faveur de l'origine éruptive de ces roches massives et cristallines, que M. Keilhau regarde comme des dépôts d'origine aqueuse transformés par une action métamorphique. Plus tard, je ferai connaître les mouvements successifs qui se sont produits dans cette région ; mais d'abord, j'ai à décrire les roches de transition qui la composent.

En Angleterre et en France, à la partie inférieure du terrain silurien, on observe, en général, une suite épaisse de couches de quartzite ou de grès quartzeux ; ainsi, les quartzites d'Écouves, de Domfront et de Saint-Aubin du Cormier, dans la France occidentale. Mais, dans le terrain de Christiania, les roches de grès se montrent peu développées, ou manquent tout à fait en certaines parties. La base

(1) Les altitudes du Miösen, du Tyrifjord et du Randsfjord, sont de 131, 62 et 65 mètres au-dessus de la mer ; mais ces lacs nous cachent le fond de dépressions encore plus profondes ; et l'on peut considérer le pourtour du bassin paléozoïque de Christiania comme ayant, dans une grande partie de son étendue, sa surface presque au niveau de la mer.

de l'étage silurien inférieur est habituellement formée de schistes noirs et d'un gris foncé, ampéliteux et alumineux, contenant des empreintes de fucoides, et exploités à Opslo, près de Christiania, pour la fabrication de l'alun (1). Cependant il y a certains endroits où les couches siluriennes inférieures présentent une assise quartzreuse épaisse de plusieurs mètres. C'est, par exemple, ce qui a lieu aux environs de Brevig (2) : la coupe que je vais donner des terrains de cette localité montrera la succession des couches qui composent l'étage inférieur du groupe silurien.

*Contact des couches paléozoïques et du terrain gneissique.* — Presque partout où les roches paléozoïques et les schistes cristallins primitifs se trouvent en présence dans le nord de l'Europe, il est facile de reconnaître leur discordance de stratification : aux environs de Brevig, et sur les rives du fiord de Langesund, il est tout à fait évident que le terrain silurien s'est déposé au-dessus de roches schisteuses déjà redressées ; ainsi, à Ombersnæs et aux alentours, le gneiss court entre l'E. N. E. et le N. E., avec pente de 70 à 80° au S. E. ; et, sur sa tranche, on voit s'appuyer presque horizontalement les couches siluriennes, courant au N. N. O., et plongeant de 8 à 10° à l'E. N. E. Cette superposition transgressive se voit sur une très grande étendue ; d'ailleurs, la configuration extérieure des deux terrains est fort différente, et se manifeste même à une distance de quelques lieues ; en effet, le sol granito-gneissique constitue des roches de formes ballonnées ou moutonnées, et s'abaissant en pente douce vers la mer, tandis que le terrain de transition, qui borde le rivage, se termine par une falaise abrupte, et vu de loin, il présente une arête à peu près rectiligne.

A Ombersnæs, le gneiss est très quartzeux, peu micacé, et intimement mélangé de granite, qui offre en certains points un aspect pétrosiliceux. On y voit des lames feldspathiques, d'un gris blanc et d'un rouge clair, formées d'orthose et d'oligoclase. Ici, les roches siluriennes inférieures ne reposent pas directement sur le terrain primitif ; elles en sont séparées par une masse en forme de banc, composée de trapp, ou plutôt de diorite, qui offre une texture particulière. On y voit une multitude de lamelles ou fibres blanchâtres, entrecroisées, paraissant consister en feldspath albite ; elles forment des espèces de rosaces, à structure radiée, et sont accompagnées de lames amphiboliques, d'un noir verdâtre.

Au-dessus, se montre du grès quartzeux, gris, très dur, à grains très serrés et à cassure inégale, subesquilleuse ; il est analogue aux quartzites de la Bretagne et à

(1) L'emploi de ces schistes pour la fabrication de l'alun est dû à la présence de la pyrite de fer, qui se change sous l'influence de l'oxygène atmosphérique en sulfate acide de fer : ce changement est activé au moyen d'une torrification que l'on fait subir à la masse schisteuse ; il y a réaction de l'acide sulfurique sur le silicate alumineux, d'où résulte du sulfate d'alumine, et il suffit d'ajouter du carbonate de potasse pour former de l'alun.

(2) Je dois remercier M. Esmark, pasteur de Brevig, et zélé minéralogiste, qui a bien voulu me guider dans une de mes excursions autour de cette ville.

ceux que je signalerai plus loin, sur les rives du lac Mïösen et du Storsjön. Il se divise en couches épaisses de 20 à 60 centimètres, et il forme une assise puissante d'une douzaine de mètres. Il est recouvert par du schiste ampéliteux et alunifère, d'un noir foncé, appartenant à la même assise que celui qu'on exploite près de Christiania. Certaines couches sont très fessiles, d'autres présentent une cassure inégale et conchoïde. On y voit beaucoup de pyrite de fer, tantôt disséminée sous forme de grains cristallins, tantôt en veinules ou en plaques intercalées. Dans cette assise schisteuse sont interposés des bancs minces d'un calcaire à petites lames, d'un noir foncé; on y voit aussi des veines et des rognons de spath calcaire noir, à très grandes lames, que l'on nomme *anthraconite*. Au-dessus du schiste ampéliteux, on observe une série de couches de nature argileuse, à cassure inégale, dont la texture est subcompacte et faiblement schisteuse (*Thonstein* des Allemands). Un peu plus haut, les couches deviennent argilo-calcaires, puis il y a un changement de composition graduel, au point où succède à cette assise celle qui est formée principalement de pierre calcaire; en effet, dans cette zone intermédiaire, il y a des couches d'une nature mixte, et l'on voit dans la roche argileuse des rognons aplatis, ou de grandes lentilles calcaires, qui se terminent en pointe. Dans les bancs inférieurs de l'assise calcaire, on trouve aussi des lits argileux, bruns ou d'un gris foncé.

En s'avancant de l'ouest vers l'est, quand on approche de Brévig, on voit commencer à se développer l'action modifiante de la syénite zirconiennne; en effet, les couches argileuses présentent des bancs durs et grenus, imprégnés de silice, et l'on y trouve des rognons composés d'un mélange d'argile avec des particules siliceuses et calcaires. A l'îlot de Stanholmen, situé dans le détroit qui sépare les deux golfes de Porsgrund et de Brévig, les couches argilo-calcaires présentent des druses tapissées de cristaux de paranthine; néanmoins ces couches ne paraissent pas être fortement modifiées; mais, à peu de distance delà, sur le coteau qui borde le rivage, l'assise calcaire présente des couches grises, et d'un vert clair, à grains fins, dures et imprégnées de silice; il y en a qui ont été transformées en une masse amorphe ou grenue, formée de grenats rudimentaires (variété de grenat allochroïte). La couleur verte de ces masses paraît due à de l'oxyde de chrome, et M. le pasteur Esmarck, qui cultive avec succès la minéralogie, m'a assuré que souvent elles renferment plus de 2 à 3 pour 100 de cet oxyde.

A ces couches se trouvent associés des bancs calcaires plus ou moins purs, en partie lamelleux, en partie grenus, d'une couleur noirâtre, offrant un mélange de lames calcaires, grises et blanches; ils sont exploités à Troswig pour la fabrication de la chaux. Entre cette localité et Brévig, j'ai observé deux filons de trapp, d'un gris-noirâtre, dont l'un, épais de 1<sup>m</sup>,25, coupe les couches calcaires suivant le N. N. O., en plongeant fortement à l'O. J'ai observé aussi un filon pétrosiliceux épais de 2 mètres, et à peu près vertical, qui court à l'E. 30° N.

A Brévig, l'étagé silurien supérieur n'est pas représenté, et les roches succes-

sives que nous venons de décrire, comme formant l'étage inférieur, sont en résumé :

1° Une assise de quartzite, reposant sur une masse dioritique placée à la séparation des terrains paléozoïques et primitifs ; 2° une assise de schistes ampéliteux et alunifères ; 3° un groupe de couches argileuses, argilo-quarzeuses et argilo-calcaires ; 4° enfin une assise calcaire, entremêlée de lits argileux, et devenant sili-ceuse dans sa partie supérieure, qui est rapprochée de la syénite zirconienne.

Dans les autres portions du bassin paléozoïque de Christiania, l'étage inférieur du terrain silurien est composé de roches analogues, mais présentant un développement inégal, et offrant, dans leur composition et leur aspect, des variations qui sont dues principalement à l'influence métamorphique des masses de granite et de porphyre situées dans le voisinage.

Sur le bord méridional du Tyrifjord, à la partie inférieure de la série paléozoïque, se trouve un poudingue ou conglomérat, qui a été signalé par M. Keilhau (*Gea Norwegica*, p. 7), et que l'on peut considérer comme un représentant de l'assise de grès d'Ombersnøes, car il est placé à la base du terrain silurien, et associé avec les schistes ampélito-alunifères ; il renferme une masse de fragments, en partie anguleux, en partie arrondis, de gneiss, de micaschiste, de schiste argileux, de porphyre et de diorite. Une pâte formée de détritits argileux leur sert de ciment, et en certains points, ce sont des particules porphyriques qui semblent envelopper les fragments, de même que cela a lieu dans la variété poudingiforme de la pierre carrée appartenant au terrain authraxifère de la Basse-Loire.

*Dépôt silurien aux alentours de Christiania* (1).— Près de Christiania, l'assise quartzreuse d'Ombersnøes ne paraît être représentée par aucune roche arénacée ou poudingiforme ; car, soit à la forteresse de Christiania, soit à Opslo, on voit les schistes noirs, ampéliteux et alunifères, situés à la base du terrain silurien, reposer directement sur le gneiss, sans mélange de couches de grès. La superposition est encore discordante ; mais ici les couches paléozoïques ont une inclinaison un peu forte. Au pied de la forteresse de Christiania, le contact des deux terrains présente des relations intéressantes : le gneiss est dirigé à l'O. 40° N., avec pente de 68° au N. ; le schiste ampéliteux court à peu près du N. au S., avec pente de 55° à l'O. ; ici donc l'inclinaison des deux terrains est forte, quoique ayant lieu dans des sens différents. A leur séparation, on observe l'intrusion de deux sortes de roches plutoniques, qui paraissent avoir contribué à en déranger la stratification : l'une est

(1) Au moment où le présent travail était sous presse, M. Kjerulf a publié à Christiania, sur le bassin silurien des environs de cette ville, un mémoire dont M. Barrande vient de donner une analyse succincte dans le *Bulletin de la Société géologique* (2<sup>e</sup> série, t. XII, p. 356). Je vois dans cet extrait que M. Kjerulf estime à 300 mètres seulement l'épaisseur totale des deux divisions du terrain silurien des environs de Christiania. Cette évaluation me paraît un peu faible ; ainsi le dépôt des environs de Brevig, qui correspond à l'étage inférieur, paraît être, à lui seul, épais de 250 à 300 mètres. Quant à la formation arénacée qui représente le terrain dévonien près de Christiania, sa puissance approximative est de 300 mètres, telle que l'estime M. Kjerulf.

un diorite ou porphyre amphibolique, analogue à celui que nous avons déjà signalé à Ombersnæs, près de Brévig ; l'autre porphyre se montre interposé entre les couches schisteuses, et semble aussi s'étendre à leur surface ; c'est la variété d'eurite que M. de Buch a désignée sous le nom de *Porphyre rhombique*. La cristallisation y est moins développée que dans les grandes masses formées par le même porphyre au milieu du bassin de Christiania ; néanmoins, dans la pâte grise, à cassure esquilleuse, on distingue beaucoup de cristaux de feldspath de forme rhombique. Le contact de ces porphyres, du gneiss et du schiste ampéliteux, se fait remarquer par une multitude de veines de chaux carbonatée, qui traversent ces différentes roches, et principalement le diorite. On y voit aussi beaucoup de pyrite de fer ; elle abonde surtout dans le schiste ampéliteux et dans le porphyre rhombique, où elle forme des cristaux cubiques.

Les contournements que présentent les couches siluriennes aux environs de Christiania ne permettent pas d'apprécier la succession des couches d'une manière aussi nette qu'aux environs de Brévig, et c'est ce qui a fait dire à M. Keilhau que la pierre calcaire alterne avec les schistes et en est contemporaine (*Gea*, p. 7) ; mais nous avons vu que l'assise argilo-schisteuse est située au-dessous : c'est elle qui est surtout développée aux alentours de Christiania. Néanmoins, dans le fond de mer où elle s'est déposée, les eaux tenaient en suspension à la fois des particules calcaires et des détritiques argileux : peut-être même, au moment où le dépôt limoneux se formait, des causes particulières produisaient une précipitation presque continue de carbonate de chaux, de façon qu'il en est résulté des passages insensibles de l'argile schisteuse à la pierre calcaire ; et, dans la succession des couches, on voit reparaître fréquemment des schistes argilo-calcaires ou calc-schistes, analogues à ceux qui se montrent si développés dans le terrain de transition des Pyrénées. D'ailleurs les molécules de carbonate de chaux se sont très souvent agrégées sous forme de larges nodules ou de lentilles, disposées les unes à la suite des autres, sous forme de chapelets parallèles aux plans de stratification.

Les couches calcaires qui succèdent au schiste ont ordinairement une couleur grise et une texture compacte ou à grains fins, lorsqu'elles ne sont pas très rapprochées de roches éruptives. M. Keilhau a observé, aux environs d'Asker et de Gieldhuus, une variété de ce calcaire, qui est remarquable à cause de sa texture oolitique ; elle renferme, en effet, de petites oolites, noirâtres à l'extérieur, et grises intérieurement.

Les schistes du bassin de Christiania contiennent, comme ceux de la Bretagne, une assez grande quantité de trilobites : dans les couches ampéliteuses et aluminifères qui occupent la partie inférieure se trouvent les *Olenus alatus*, *gibbosus* et *scarabeoïdes*, ainsi que l'*Agnostus pisiformis* ; ces fossiles représentent la faune primordiale de M. Barrande. Puis, dans les bancs calcaréo-schisteux situés au-dessus se montrent l'*Ogygia Buchii*, *Asaphus tyrannus*, *A. expansus*, *Illænus crassicauda*, *Trinucleus caractaci*, etc. Les bancs calcaires contiennent, en cer-

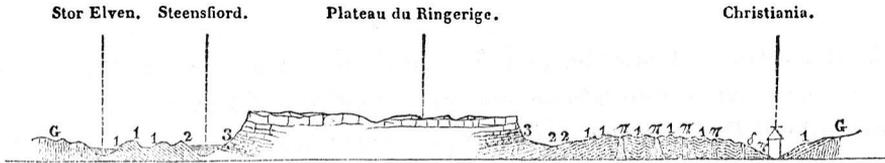
taines parties, une grande abondance d'Orthocères : on y trouve aussi diverses espèces d'*Orthis*, notamment l'*O. alternata* et *O. virgata*, que M. Murchison a cités comme caractéristiques des roches siluriennes inférieures de l'Angleterre ; il y a aussi des Polypiers et des Cystidées (1) qui forment une famille de Crinoïdes spéciale aux dépôts siluriens inférieurs du nord de l'Europe et de l'Amérique.

*Étage silurien supérieur.* — L'étage silurien supérieur est beaucoup moins développé dans le bassin de Christiania que l'étage inférieur ; il est représenté par des couches calcaires, qui se montrent principalement aux environs d'Holmestrand et sur le pourtour du Ringerige. A la séparation des deux étages se trouve une assise calcaire, chargée d'une espèce particulière de térébratule (*Pentamerus oblongus*), espèce qui occupe la même place en Angleterre. D'après MM. Murchison et de Verneuil, les couches de l'étage silurien supérieur sont caractérisées, en Norwège, par un ensemble de fossiles, qui se montrent dans la même position géologique, soit en Angleterre, soit en Russie : ce sont des Calymènes (*C. Blumenbachii*, *C. macrophthalma*, *C. variolaris*) ; il y aussi des Brachiopodes, tels que *Leptaena depressa*, *L. euglypha*, *L. lata*, la *Terebratula reticularis* et plusieurs Zoophytes, notamment les *Catenipora escharoides* et *C. labyrinthica*. Les Polypiers abondent tellement dans certaines couches que leur agglomération constitue de véritables bancs de coraux : c'est, par exemple, ce qui a lieu à l'île Langö, près de Holmestrand.

*Terrain dévonien.* — Le terrain dévonien est représenté dans la contrée de Christiania par une formation arénacée, qui atteint une épaisseur de 250 à 300 mètres, et qui constitue des bandes allongées en ligne courbe, à l'intérieur du bassin paléozoïque ; les couches de grès succèdent au calcaire silurien de l'étage supérieur, et c'est à cause de cette superposition évidente que MM. Murchison et de Verneuil les ont considérées comme l'équivalent du vieux grès rouge du pays de Galles ; d'ailleurs elles sont dépourvues de débris organiques. Ce grès est moins dur que le quartzite ; il offre une teinte variant du gris ou gris verdâtre au violacé, au gris rougeâtre et gris jaunâtre : il est généralement à petits grains, réunis par un ciment argileux ; les particules de quartz sont mêlées de fines lamelles brillantes, qui sont des débris de cristaux de feldspath, et il y aussi des paillettes de mica gris blanc. En certaines parties, surtout dans les couches inférieures de la formation, le mica est abondant, et le grès passe alors à un psammite un peu schisteux, se divisant en plaques minces. Au contraire, dans les parties supérieures du dépôt, le grès est à grains plus gros, et renferme des bancs de poudingue, où l'on voit une grande quantité de cailloux roulés de quartz blanc, larges de 3 à 5 centimètres, et entourés d'une masse de petits noyaux et de grains de quartz.

(1) MM. Murchison et de Verneuil citent le *Chaetetes Petropolitanus* et le *Spheronites awantium*.

Le vieux grès rouge du territoire de Christiania n'occupe pas une grande étendue en superficie, parce qu'il est recouvert d'une nappe épaisse de porphyre rhombique, lequel s'est épanché à sa surface, de manière à ne le laisser affleurer que sur les coteaux formant le rivage de la mer ou le flanc des vallées; le dépôt arénacé se montre ordinairement au pied d'un escarpement abrupte, qui termine, comme une façade, la masse porphyrique.



La coupe ci-dessus (1) est analogue à celle qui a été figurée par MM. Murchison, de Verneuil et Keyserling dans leur ouvrage sur la Russie; elle représente, en effet, une section de la même contrée, s'étendant de Christiania au Steensfiord et au Stor-Elven, qui réunit le Randsfiord au Tyrifiord: on y voit la disposition des diverses roches siluriennes et dévoniennes, qui affleurent entre Christiania et le plateau porphyrique du Ringerige: les mêmes roches reparaissent en sens inverse, quand on descend de ce plateau, et qu'on s'avance vers l'est jusqu'à la limite du terrain gneissique.

Sur les collines ondulées qui séparent le Ringerige de la mer, les couches siluriennes inférieures sont fréquemment interrompues par des filons et masses irrégulières de porphyre feldspathique, qui ont dû contribuer à produire l'état de bouleversement que présente ici la stratification; les couches sont repliées un grand nombre de fois, elles offrent des changements fréquents de direction, et plongent tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre.

*Granite amphibolique et zirconifère.* — Avant d'exposer les modifications qu'ont éprouvées les dépôts stratifiés du bassin de Christiania, nous allons faire connaître succinctement les roches qui ont évidemment produit ce métamorphisme, car c'est seulement autour d'elles qu'il s'est développé. La formation pyrogène la plus développée dans le territoire de Christiania se compose d'une roche granitique, offrant des caractères pétrographiques un peu variables; elle passe fréquemment du granite à la syénite, et souvent aussi elle se montre à l'état de porphyre. Son caractère le plus constant consiste dans l'abondance du feldspath orthose, qui est généralement à grandes lames et très brillant; il forme les

(1) Explication de la coupe ci-dessus :

G = Gneiss qui encaisse le bassin paléozoïque de Christiania.

π = Eurite ou porphyre quartzo-feldspathique. — δ = Diorite.

1 = Étage silurien inférieur. — 2 = Étage silurien supérieur.

3 = Vieux grès rouge, recouvert par le porphyre rhombique du Ringerige.

deux tiers de la masse, quelquefois beaucoup plus ; au contraire, le quartz s'y trouve en petite quantité et manque même souvent. Le contact des lames de feldspath et des grains cristallins de quartz présente çà et là de petites druses, dont l'intérieur contient fréquemment des zircons, du sphène, de l'épidote, ou d'autres minéraux particuliers. La proportion de l'amphibole dans cette roche granitique est très variable ; aux environs de Frédéricksværn, elle forme un tiers à un quart de la masse ; mais dans d'autres localités, elles ne montrent que des lames peu nombreuses, parsemées çà et là, ou elle est même entièrement remplacée par du mica ; la roche devient alors un granite pauvre en quartz, mais toujours très riche en feldspath. Cependant il est rare que l'amphibole ou le mica manquent tout à fait, et il est impossible de méconnaître dans cette contrée la connexion intime du granite et de la syénite ; ce sont deux manières d'être de la même roche, résultant, sans doute, de ce que, au moment de la cristallisation, le rapport des éléments du magma n'était pas partout le même. La syénite se trouve plus particulièrement développée dans la partie méridionale du bassin ; le granite se montre plutôt dans la partie centrale et septentrionale, au nord de Christiania. Ces roches ne présentent presque jamais une structure veinée ou schisteuse qui les rapproche du gneiss. Le plus souvent elles sont à gros grains, et offrent une cristallisation très développée. Le feldspath a généralement un éclat assez vif et une teinte d'un rouge clair, plus ou moins marquée ; ordinairement il ne paraît en exister que d'une seule espèce, de l'orthose ; aux environs de Frédéricksværn, il forme des masses lamelleuses qui ont jusqu'à 40 centimètres de largeur, et qui offrent des couleurs jaunes et bleuâtres, avec un éclat chatoyant, comme celui de Labrador ; mais j'ai vérifié par plusieurs essais que ce feldspath chatoyant est de l'orthose.

L'amphibole appartient à la sous-espèce hornblende ; elle est d'un noir verdâtre, et forme de grandes lames, parsemées çà et là, au milieu de la masse feldspathique ; tantôt elles ont pris l'empreinte des cristaux de feldspath, tantôt elles offrent le caractère inverse ; la figure ci-jointe montre une disposition divergente des lames d'hornblende (H) au milieu de la masse feldspathique (F). Cette disposition est assez fréquente aux environs de Frédéricksværn. Le mica est habituellement d'un noir verdâtre, comme l'amphibole, mais en feuillet moins grands. Lorsqu'il prédomine, et que la roche devient du granite, il est rare qu'elle soit à aussi larges lames que beaucoup de variétés de syénite des environs de Brévig et Laurvig.

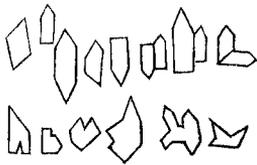


C'est surtout dans ce dernier cas que la roche est riche en minéraux particuliers : un de ceux que l'on y trouve le plus habituellement est le zircon, et de là dérive la qualification de syénite zirconienne : on en trouve moins abondamment dans le granite que dans la syénite. Le fer titané et le sphène sont assez fréquents dans ces deux états de la roche. Dans la région comprise entre les fiords de Laurvig et de Langesund, la syénite est généralement à très larges lames, et l'on y

trouve beaucoup de minéraux rares, dont quelques-uns n'ont pas encore été signalés ailleurs. Indépendamment de l'épidote, des grenats, de l'émeraude, de la chaux fluatée et de plusieurs autres substances communes, ces minéraux remarquables sont : la thorite, cancrinite, éléolite, sodalite, bergmannite, glaucolite, leucophane, mosandrite, égyrine, wöhlérite, pyrochlore et polymignite. Certaines variétés de la syénite, ou des porphyres qui paraissent s'y rattacher, contiennent des minéraux dont le gisement habituel est dans des roches volcaniques, savoir : l'analcime, la néphéline, la mésotype, le pyroxène et le périclase.

Le granite et la syénite du territoire de Christiania sont évidemment postérieurs au terrain de transition, car ils en ont redressé et modifié les couches ; ils constituent ordinairement des montagnes de formes arrondies, qui se distinguent par leur plus grande élévation et par leur masse plus considérable des collines en dos d'âne ou en ballons, que forme le terrain gneissique de la région littorale. Les massifs de granite postsilurien ont jusqu'à 750 mètres de hauteur, et sur leurs pentes on voit affleurer les couches siluriennes redressées. Cette roche éruptive forme aussi quelquefois des filons interposés dans les couches ou transversaux ; mais cette manière d'être s'observe rarement.

*Porphyre rhombique.* — Au granite amphibolique et zirconifère, que nous venons de décrire, se trouvent juxtaposées, dans le territoire de Christiania, des masses très étendues de ce porphyre rhombique que nous avons déjà eu l'occasion de mentionner. Je les ai indiquées sur ma carte, d'après la délimitation que leur a donnée M. Keilhau sur sa belle carte géologique du territoire de Christiania. Ce porphyre est généralement chargé de cristaux de feldspath, qui affectent des formes variées, comme on peut en juger par les figures ci-jointes, où j'ai réuni les principales formes de cristaux que j'ai eu l'occasion d'observer. Ces figures résultent, pour la plupart, du groupement de deux ou d'un plus grand nombre de cristaux, qui s'accolent suivant les différentes faces du prisme modifié.



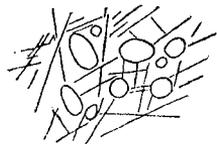
Les dimensions des cristaux varient de quelques millimètres à 5 et 6 centimètres. Ils ont des teintes diverses, d'un gris blanc, gris verdâtre, gris jaunâtre et rougeâtre : leur couleur est ordinairement plus claire que celle de la pâte environnante ; celle-ci est, en général, d'un gris foncé, quelquefois d'un gris noirâtre. En certaines parties, les grands cristaux rhombiques de feldspath deviennent plus rares et sont remplacés par des cristaux allongés, hémitropiques, appartenant au sixième système cristallin, et paraissant formés, soit de labrador, soit d'albite ; ils sont très minces et effilés en forme d'aiguilles, ce qui a fait donner à cette variété le nom de *porphyre aciculaire* (*Nadel porphyry*).

*Porphyre pyroxénique.* — En certains endroits, principalement à leur périphérie, ces masses porphyriques présentent des caractères particuliers ; elles prennent une teinte d'un noir foncé, et l'on voit s'y développer des cristaux de

pyroxène très bien caractérisés ; la roche devient alors un porphyre pyroxénique ou mélaphyre ; elle offre même une analogie avec le basalte, qui a été remarquée par de savants observateurs : mais on n'y remarque pas la structure prismatique régulière qui est propre aux véritables formations basaltiques. Les caractères pétrographiques décrits ci-dessus se manifestent de la manière la plus évidente aux environs de Holmestrand, et ils ont déjà été signalés par M. Nauman, dans son intéressant voyage (*Reise, etc.*, t. I). Si l'on explore les diverses routes conduisant du bord de la mer sur le plateau, qui se termine par une muraille abrupte le long du littoral, on voit se succéder une suite de roches très remarquables par les changements qui ont lieu dans leur aspect et leur composition minéralogique.

La ville d'Holmestrand est bâtie au pied de l'escarpement, sur des couches de vieux grès rouge, qui plongent d'une douzaine de degrés vers l'ouest, et recouvrent le calcaire silurien supérieur de l'île Langö ; la première assise de porphyre, celle qui s'est épanchée à la surface de ce grès, est à peu près compacte, d'un gris foncé, ayant l'aspect d'une roche trappéenne ; puis on voit s'y développer des prismes de pyroxène noir ; et, au sein de la masse, se montrent çà et là des nids et veinules blanches de chaux carbonatée. Ensuite la roche devient amygdaloïde, et présente beaucoup de nodules sphéroïdaux ; les uns sont formés de spath calcaire blanc, les autres d'une matière verte (probablement un hydrosilicate de fer), analogue à celle que l'on observe fréquemment dans les trapps. En certaines parties, le porphyre est devenu d'un rouge violacé, par suite de la peroxydation du fer. C'est aussi ce que j'ai observé fréquemment sur les roches de trapp des îles Feröe.

Puis, en continuant à monter la gorge qui mène sur le plateau, on est frappé des caractères singuliers de la roche porphyrique, qui devient alors poudingiforme ; elle empâte des fragments arrondis ou des boules, dont la grosseur varie de 1 à 35 centimètres, et qui paraissent être de véritables galets, car ils sont d'une nature tout à fait différente de la pâte qui les entoure ; ils consistent, en effet, en porphyre aciculaire, chargé d'aiguilles feldspathiques blanchâtres : on y remarque parfois quelques cristaux de pyroxène, mais ils sont beaucoup plus rares que dans la masse environnante. J'y ai aussi observé, en certains points, des cavités bulliformes, tantôt vides, tantôt remplies d'une matière verte. Souvent la masse qui enveloppe ces boules (voir la figure ci-jointe) est traversée par un réseau de filets minces et de plaques de chaux carbonatée. Ces filets ne pénètrent point, en général, dans les boules de porphyre aciculaire, probablement parce que celui-ci était plus consistant et non fissuré ; mais souvent elles en enveloppent la surface extérieure.



J'ai observé cet état poudingiforme sur une étendue notable, en suivant les routes qui conduisent dans des sens opposés, l'une vers Drammen, l'autre vers Laurwig. La masse de porphyre qui offre cette disposition paraît former une bande épaisse de plusieurs mètres, et visible à une certaine hauteur sur l'escar-

pement, qui résulte évidemment d'une grande fracture, de même que les murailles terminales des nappes basaltiques ; cependant cette bande poudingiforme ne me paraît pas constituer une couche bien distincte, qui serait intercalée dans la masse : en effet, à un niveau plus élevé, j'ai encore retrouvé des boules pareilles enchâssées au sein du porphyre. Je ne pense pas que l'on doive songer à une origine aqueuse, car la matière qui enveloppe les boules ne consiste pas en un assemblage de détritits, mais c'est un porphyre contenant des cristaux très réguliers de pyroxène et quelques lames plates de feldspath. On peut envisager ce phénomène comme le résultat d'un épanchement sous-marin ; la roche en fusion aura empâté des galets de porphyre aciculaire, provenant de la dénudation de masses situées dans le voisinage, et déjà consolidées depuis quelque temps.

Au-dessus de la partie poudingiforme, le porphyre offre, en certains endroits, une texture compacte ; il se divise par des plans parallèles, et présente ainsi une apparence de stratification. Cette partie, épaisse de 2 à 3 mètres, présente quelque analogie avec le hornstein des Allemands ; mais elle ne forme point une assise régulière ni continue, pas plus que la masse poudingiforme. Plus haut, on voit se succéder des bancs porphyriques, dont la texture est variable ; ils contiennent généralement du pyroxène très bien marqué ; mais beaucoup sont caractérisés par la présence d'amandes sphéroïdales, de natures diverses : les unes sont formées de chaux carbonatée ; d'autres d'une matière compacte, à cassure cireuse, verte ou rouge ; quelques-unes consistent en quartz hyalin, gris clair ; il y a aussi des veinules blanches de chaux carbonatée. Ces masses amygdaloïdes ont beaucoup de tendance à s'altérer au contact de l'air, elles deviennent rougeâtres ou violacées, et alors leur cassure est terreuse.

A l'approche du haut du plateau, on voit le porphyre offrir une cristallisation très développée, et déjà il commence à prendre des caractères qui le rapprochent du porphyre rhombique, car il offre, avec les nombreux cristaux de pyroxène noir, des lames de feldspath. D'abord la plupart de ces lames sont allongées en formes d'aiguilles, c'est le porphyre aciculaire ; puis les aiguilles sont accompagnées de lames plates rhombiques, et alors on a le passage du porphyre aciculaire au porphyre rhombique. Plus loin, en suivant le plateau, et en s'éloignant de la mer, vers l'ouest, on remarque encore quelques variations dans la nature du porphyre. Cependant les cristaux de pyroxène y deviennent de moins en moins abondants, et finissent par disparaître tout à fait ; le feldspath en aiguilles se montre aussi plus rarement, et la roche qui forme la surface du plateau est alors le porphyre rhombique bien caractérisé.

A 15 ou 16 kilomètres à l'ouest ou au nord d'Holmestrand, le porphyre rhombique est remplacé par le granite amphibolique et zirconifère ; mais la ligne de démarcation entre ces roches est souvent difficile à tracer, car on observe des passages entre elles : dans l'une comme dans l'autre, l'élément prédominant est l'orthose, et quelquefois les lames feldspathiques du granite sont entourées d'une

pâte pétrosiliceuse, comme celle du porphyre rhombique ; mais dans ce dernier la pâte a généralement une teinte plus foncée.

Les variations de nature offertes par les roches que je viens de décrire me paraissent importantes ; car il est très remarquable de voir une même formation présenter successivement les caractères d'une roche quasi-volcanique (1), d'un porphyre pyroxénique ou mélaphyre, puis ceux d'un eurite ou porphyre feldspathique, et de voir celui-ci passer au granite. Il est indubitable que le mélaphyre d'Holmestrand, le porphyre aciculaire, et le porphyre rhombique sont des états particuliers d'une même roche, car j'ai observé une variété qui offre à la fois les cristaux de pyroxène, les larges lames de feldspath rhombique, et des aiguilles feldspathiques semblables à celles du nadel-porphyr.

La transition du porphyre rhombique au granite est un peu moins évidente ; cependant leur cristallisation paraît avoir eu lieu à la même époque ; leur juxtaposition et les passages qui ont lieu de l'un à l'autre montrent que ce sont deux produits de la solidification d'un magma qui présentait des compositions un peu différentes dans ses diverses parties, qui contenait un peu plus ou un peu moins de chaux, et dans lequel la structure cristalline s'est inégalement développée.

Cependant on n'observe pas une configuration tout à fait identique dans les zones formées de porphyre, et dans celles de granite zirconifère : les unes et les autres constituent des plates-formes, mais la surface des masses granitiques est plus ondulée, plus arrondie sur les bords ; l'accidentation du porphyre rhombique est plus uniforme, les plateaux qu'il constitue sont plus unis, et se terminent presque constamment par des escarpements abruptes ; cette différence tient à ce que la texture du porphyre rhombique étant compacte, au lieu d'être grenue, il s'y est développé pendant son refroidissement des plans de divisions plus réguliers, les uns horizontaux, qui donnent à la masse l'apparence d'une succession d'assises, les autres verticaux, qui, conjointement avec des dislocations postérieures à la consolidation de la masse, ont produit ces précipices ou murailles à pic dont on voit des exemples sur le littoral d'Holmestrand, et sur les bords du Ringerige ; souvent l'élévation de ces escarpements est d'une centaine de mètres.

Nous avons vu que le granite amphibolique et zirconifère se montre assez rarement sous forme de filons ; il n'en est point ainsi du porphyre rhombique : il constitue fréquemment des veines puissantes ou des masses allongées, coupant la direction des couches, ou quelquefois intercalées entre leurs plans de stratification. Ces filons se rencontrent fréquemment aux environs de Christiania ; et souvent ils ont durci les schistes adjacents. J'ai déjà cité une injection de ce porphyre au pied de la forteresse de Christiania, à la séparation des terrains primitifs et de transi-

(1) On trouve même ; aux environs de Skien, du péridot dans ce porphyre pyroxénique, qui se rapproche ainsi encore davantage des roches volcaniques.

tion; la presque île de Tyveholmen, où M. Keilhau a eu l'obligeance de me conduire, offre un dyke remarquable du même porphyre, qui coupe nettement les couches de schiste argileux et de schiste argilo-calcaire du terrain silurien; néanmoins ses parois sont ondulées et sinueuses. M. de Buch, et surtout M. Keilhau, ont signalé de nombreux exemples de semblables masses filoniennes.

*Roches euritiques.* — D'ailleurs, les porphyres qui ont perforé le terrain de transition de Christiania offrent plusieurs variétés; il en est qui diffèrent par leur nature et par l'aspect de leurs cristaux du porphyre rhombique; ainsi, entre les bancs de schiste argileux et de pierre calcaire, on trouve quelquefois intercalés des filons ou couches d'eurite d'un gris jaunâtre ou rougeâtre, où le feldspath se montre en plus petits grains, et n'affecte pas la même disposition que dans la variété rhombique: de plus, le quartz l'y accompagne ordinairement, sous forme de petits noyaux ou de grains disséminés; tandis que ce minéral est rarement discernable dans le porphyre rhombique. M. Keilhau considère ces masses euritiques, intercalées à la manière de couches, comme un des plus puissants arguments contre l'origine éruptive des roches massives; néanmoins leur production peut être expliquée de la même manière que celle des filons couches des autres contrées, et il n'entre pas dans mon sujet de m'arrêter à discuter cette question.

*Roches dioritiques.* — Pour terminer cette revue des roches massives de la région de Christiania, j'ai encore à mentionner les diorites, qui sont composés ici, comme dans les autres contrées, d'un mélange intime de grains feldspathiques d'un gris blanc ou blanc verdâtre, et de lames d'hornblende d'un vert foncé; il y a des variétés porphyriques, dans lesquelles le feldspath est à gros grains. Ces diorites ne se montrent point sur de grandes étendues de terrain; ils forment plutôt des filons ou masses irrégulières, enclavées dans les dépôts schisteux et calcaires, tantôt dans le sens de la stratification, tantôt dans un sens oblique ou transversal; aux alentours de Christiania, ces filons sont presque verticaux et assez réguliers, généralement dirigés du N. N. O. au S. S. E. : souvent les schistes sont endurcis à leur contact. Il est assez fréquent de trouver ces masses dioritiques près de la séparation du terrain silurien et du gneiss; ainsi nous en avons déjà indiqué des exemples près de Brévig et de Christiania. Quant à l'âge de ces diorites, je les considère comme les roches plutoniques les plus modernes de cette région, car il n'est pas rare de les voir couper des masses ou des filons de syénite et de porphyre, et quelquefois ils leur servent de salbandes.

*Métamorphisme des dépôts paléozoïques.* — Ce serait ici le lieu de faire connaître l'action qu'ont exercée sur les terrains stratifiés les roches plutoniques des environs de Christiania; mais, comme j'ai déjà eu l'occasion d'exposer dans un précédent Mémoire (1) les caractères remarquables des transformations qui en sont résultées, je vais me borner à rappeler ici succinctement les principaux

(1) *Bulletin de la Société géologique*, séance du 1<sup>er</sup> juin 1846.

faits. Les modifications se sont produites sous l'influence des roches granitiques, de la syénite, du granite proprement dit, et du porphyre rhombique; elles se distinguent de celles que l'on observe en beaucoup d'autres contrées par le mode particulier de métamorphisme qui s'est développé, et que j'ai nommé ailleurs *métamorphisme de silicification*. Les schistes se sont endurcis et imprégnés de silice, suivant des zones à peu près parallèles au contour du granite et du porphyre, comme le montre la carte détaillée des environs de Christiania par M. Keilhau.

Sur quelques points peu éloignés de la formation gneissique, et particulièrement dans la paroisse de Nannestad, au nord de Christiania, les schistes argileux qui avoisinent le granite n'ont point été silicifiés, ni sensiblement endurcis; seulement, ils ont perdu un peu de leur schistosité, pour prendre une texture compacte, et de plus, ils renferment des cristaux de macles. Il semblerait que le gneiss, quoique étant d'une origine beaucoup plus ancienne, aurait exercé une sorte d'action de contact, en favorisant la cristallisation maclifère.

La pierre calcaire, qui recouvre les schistes argileux, ou qui forme au milieu d'eux des tubercules aplatis, des plaques et des bancs intercalés, a été modifiée en même temps, mais elle a subi divers genres de métamorphisme. En beaucoup d'endroits, elle est devenue cristalline, tantôt grenue, tantôt lamelleuse, et généralement alors les plans de stratification s'y distinguent plus difficilement. Parfois il s'y est formé des minéraux particuliers, principalement des grenats à base de chaux, qui sont quelquefois accompagnés d'autres silicates; ainsi, dans les célèbres carrières de marbre de Giellebeck, on trouve, en outre, de l'épidote, de l'amphibole trémolite et de la chaux fluatée, avec un peu de blende. Il y a des calcaires métamorphiques où l'on observe des parties qui, au lieu de prendre un aspect cristallin, ont été modifiées de la même manière que les schistes: ils se sont endurcis par l'addition de silice, et sont devenus susceptibles de faire feu au briquet. On trouve quelquefois des restes d'êtres organisés dans les schistes endurcis, dans les calcaires siliceux ou cristallisés; mais ces débris ont éprouvé une altération plus ou moins profonde, et les phénomènes métamorphiques produits au sein de la roche ont rendu plus difficile la conservation de leurs formes.

L'influence modifiante du granite, de la syénite ou du porphyre s'est étendue habituellement jusqu'à une distance de 1200 à 1500 mètres; mais ici, comme je l'ai observé en Bretagne, dans les angles rentrants formés par le contour des masses granitiques, ou dans l'espace qui sépare deux de ces masses, le métamorphisme s'est étendu beaucoup plus loin que sur le bord des angles saillants; ainsi la bande calcaréo-schisteuse qui sépare les deux masses granitiques du lac Éger et du Dramsfiord, a été métamorphosée dans toute son épaisseur, qui est de 4000 à 5000 mètres.

J'ai encore à mentionner l'influence exercée par le porphyre rhombique sur le grès dévonien à la surface duquel il s'est épanché. Ce grès a pris dans les parties voisines un aspect compacte, pétrosiliceux, une cassure conchoïde ou inégale;

on y voit même briller, en quelques parties, des lamelles feldspathiques; en un mot, il a emprunté au porphyre une partie de ses caractères, et peut-être aussi une petite portion de ses éléments, de façon que les couches situées près du contact offrent une manière d'être intermédiaire entre celle qui est habituelle au grès et celle qui est propre aux porphyres euritiques; souvent même il est difficile de tracer la limite entre eux. La séparation des roches granitiques ou porphyriques et des strates siluriens du territoire de Christiania se fait encore remarquer par l'existence d'un grand nombre de gîtes de fer oxydulé, de sulfures de cuivre et de plomb. Sur la plupart de ces gîtes on a ouvert, à différentes époques, des mines qui ont ensuite été abandonnées; cependant quelques gîtes de fer oxydulé sont maintenant encore en exploitation. Ces gîtes de contact ont été signalés depuis longtemps par M. Keilhau, et les détails que j'ai donnés à leur égard dans un précédent Mémoire me dispensent d'y revenir actuellement.

Soulèvements éprouvés par les couches paléozoïques du bassin de Christiania.

TABLEAU N° 17.

|           |      |           |    |           |       |
|-----------|------|-----------|----|-----------|-------|
| O.        | 9    | N. 30° O. | 7  | N. 30° E. | 5     |
| O. 5° N.  | 9    | N. 25° O. | 12 | N. 35° E. | 4     |
| O. 10° N. | 8    | N. 20° O. | 15 | N. 40° E. | 7     |
| O. 15° N. | 6    | N. 15° O. | 9  | N.        | E. 11 |
| O. 20° N. | 5    | N. 10° O. | 5  | E. 40° N. | 10    |
| O. 25° N. | 6    | N. 5° O.  | 4  | E. 35° N. | 10    |
| O. 30° N. | 5    | N.        | 8  | E. 30° N. | 14    |
| O. 35° N. | 7    | N. 5° E.  | 8  | E. 25° N. | 11    |
| O. 40° N. | 12   | N. 10° E. | 6  | E. 20° N. | 12    |
| N.        | O. 8 | N. 15° E. | 7  | E. 15° N. | 13    |
| N. 40° O. | 5    | N. 20° E. | 6  | E. 10° N. | 12    |
| N. 35° O. | 6    | N. 25° E. | 6  | E. 5° N.  | 10    |

S. de  
Westerwik  
O 40 N.

S. de  
Brevig.  
N. 22° O.

S. des Pays-Bas  
et du Westmoreland.

J'ai réuni dans le tableau n° 17 les observations de directions que j'ai faites dans le bassin paléozoïque de Christiania, depuis son extrémité septentrionale, qui touche le Miösen, jusqu'à son extrémité méridionale dans le fiord de Langesund. En examinant ce tableau, on voit que les directions sont répandues sur toute la surface de la rose (1): cependant, on y distingue quelques groupes assez bien marqués. Un des plus nets se trouve compris entre le N. 20° et N. 25° O., et provient principalement des observations stratigraphiques recueillies aux alentours du fiord de Langesund et de Brevig. Les couches siluriennes de cette contrée sont dirigées régulièrement du S. S. E. au N. N. O., depuis l'entrée du fiord de Langesund jusqu'à une distance d'environ 2 myriamètres au nord de Skien. Elles forment une bande étroite, allongée dans le même sens, et comprise entre le

(1) Si mes observations stratigraphiques relatives au territoire de Christiania avaient été plus nombreuses, il aurait été convenable de les diviser en plusieurs tableaux.

bassin gneissique, d'une part, et la syénite zirconienne de l'autre. Comme ce redressement des couches ne coïncide avec aucun des systèmes précédemment établis, je le rattache à un système nouveau, dont j'ai reconnu des traces en d'autres régions, et que je propose de nommer *Système de Brevig*, du nom de la petite ville située à la jonction des fiords de Frier et de Langesund.

Le système de Brevig a produit plusieurs des traits orographiques de cette contrée : d'abord le fiord de Langesund et le Frierfiord, ensuite le lac Farris au nord-ouest de Laurwig, le Lauven Elventre Hedrum et Hvarnes, ainsi qu'aux environs d'Ésterlöd et un peu en aval de Kongsberg, puis la côte d'Holmestrand et une partie des rives du Dramsfiord ; beaucoup d'autres vallées sont orientées dans le même sens, et il en est ainsi de la côte orientale du Skagerrack et du Cattegat. C'est encore à ce système qu'on doit rapporter les filons de diorite que j'ai cités aux environs de Christiania, comme courant fréquemment du N. N. O. au S. S. E. Plus loin j'indiquerai des traces de ce système dans le Hedemark et la Dalécarlie.

Quant à son âge, il me paraît être postérieur à l'époque dévonienne ; car les couches du vieux grès rouge, qui bordent la rive orientale du golfe d'Holmestrand, sont orientées parallèlement à ce système, et de plus, une grande partie des lignes de fractures citées plus haut se trouvent dans des masses de syénite et de porphyre, qui se sont épanchées sur le vieux grès rouge. Je suis même porté à considérer les dislocations de la côte de Langesund comme postérieures au terrain carbonifère ; car les bandes de calcaire carbonifère du nord de l'Angleterre offrent des branches dont la direction est voisine du N. 30° O. et parallèle, eu égard aux longitudes, au système de Brevig. Les roches de transition au milieu desquelles s'est faite la fracture dite canal du nord, qui a séparé l'Irlande du nord de l'Angleterre, offrent aussi une disposition à peu près parallèle. Je crois encore reconnaître des traces du même système dans l'orientation de certaines parties des terrains de transition de l'est de l'Allemagne, et dans la ligne qui, d'après la belle carte géologique de la Russie, par MM. Murchison, de Verneuil et de Keyserling, limite le terrain dévonien aux environs de Memel, sous 19 degrés de longitude à l'est de Paris, suivant la direction N. 44° O. parallèle au système de Brevig. Il est remarquable de voir que ce système coïncide presque en direction avec celui de Torneå et du lac Ladoga ; mais il est plus moderne, car le soulèvement des collines de la rive nord-est du Ladoga a eu lieu, comme nous l'avons vu, antérieurement à la période silurienne. Il y a également parité de direction avec le système qui a produit le mont Viso dans les Alpes françaises ; mais ce dernier, que M. Élie de Beaumont a placé au milieu de la période crétacée, est, sans doute, postérieur au système de Brevig, quoique l'absence des terrains secondaires en Norwège ne permette pas de s'en assurer positivement.

Examinons les autres groupes de directions que présente le tableau stratigra-

phique relatif aux environs de Christiania : il y a, entre le N. et le N. N. E., des directions que l'on pourrait rapporter à divers systèmes, ainsi aux systèmes du nord de l'Angleterre, de Billingen et du Rhin ; mais elles ne forment pas des groupes assez bien marqués pour qu'il y ait lieu de s'y arrêter. On observe une agglomération beaucoup plus considérable entre le N. E. et l'E. ; d'ailleurs, il est facile de reconnaître, à l'inspection de la carte de M. Keilhau, que les couches siluriennes situées au nord de Drammen, et principalement entre Drammen et Christiania, suivent généralement des directions comprises dans cette partie de la rose. Ici le système du Westmoreland est dirigé à l'E. 30° N., et c'est probablement à lui qu'il faut rapporter les directions dont il s'agit. On conçoit facilement qu'à l'époque où il s'est produit, les couches aient été relevées, en partie, suivant des directions propres à des systèmes antérieurs, dont l'orientation était peu différente ; ainsi les inflexions produites sur les roches anciennes par les systèmes de Drontheim, d'Arendal, du Dovrefield et du Finistère, ont pu se reproduire en cette circonstance (1).

Le tableau n° 17 nous offre, suivant l'O. 40° N., un groupe de directions qui paraît se rapporter au système de Westervick ou à celui du Thuringerwald ; il y a encore, suivant la ligne E. O., des directions qui dérivent peut-être du système des Pays-Bas.

Quant au vieux grès rouge, outre les directions voisines du N. N. O., qu'il suit aux environs d'Holmestrand, il présente souvent, dans les autres parties du territoire de Christiania, des directions comprises entre le N. 15° et N. 30° E., et qu'il paraît convenable de rapporter au système du Rhin. Du reste, on peut observer que les bandes de vieux grès rouge forment comme des lisières le long du bord des masses porphyro-granitiques.

*Considérations générales sur les dépôts paléozoïques de Christiania.* — Je vais terminer cette étude des terrains de transition de Christiania par quelques observations relatives à la succession des phénomènes qui les caractérisent. D'après les observations que j'ai faites aux environs de Brevig, où les couches siluriennes sont faiblement inclinées, et d'après ce que j'ai remarqué en divers points, près de la limite du terrain de transition et du gneiss, je considère l'épaisseur de l'étage inférieur du groupe silurien comme étant de 250 à 300 mètres ; l'étage supérieur est moins développé, et n'a probablement qu'une puissance de 100 à

(1) On peut observer que les principaux accidents du sol paléozoïque ne sont point parallèles aux systèmes de dislocations compris entre le N. E. et l'E. ; ainsi les dépressions occupées par des lacs, les grandes vallées, les fiords et baies qui se rattachent au golfe de Christiania, ne suivent point, en général, des directions voisines du N. E. ou de l'E. N. E. : ces grands traits orographiques résultent donc de phénomènes plus récents. Néanmoins la partie du littoral comprise entre Christiania et le bourg d'Asker (situé au S. O.), nous offre un grand nombre de découpures, dont les directions varient entre l'E. N. E. et le N. E., et qui par conséquent sont en rapport avec le système du Westmoreland ou les systèmes voisins.

150 mètres. Quant à la formation du vieux grès rouge, son épaisseur est d'environ 300 mètres ; ainsi la puissance totale des terrains de transition du bassin de Christiania s'élève approximativement à 700 ou 800 mètres. Or, si l'on considère le relief des collines de gneiss formant les bords du bassin où se sont déposés les sédiments paléozoïques, il paraît peu probable que cette dépression ait eu, à peu de distance de ses bords, et dès le commencement de la période silurienne, une profondeur de 800 mètres : d'ailleurs l'existence d'un tel fond de mer serait peu en harmonie avec la présence des nombreux fossiles que l'on trouve, même dans les couches inférieures du terrain silurien.

Ces considérations sont confirmées par d'autres faits, qui montrent qu'il a dû se produire dans le bassin paléozoïque de Christiania des ridements suivant l'E. N. E. et le N. E., entre le dépôt du terrain silurien et celui du vieux grès rouge. C'est alors qu'ont été émergées la partie septentrionale et la partie méridionale du bassin, parties où l'on n'observe pas de couches dévoniennes ; il n'est plus resté qu'une dépression centrale, dans laquelle se sont entassés les détritiques quartzeux et granito-gneissiques, les sables et les cailloux roulés descendant des montagnes primitives situées à l'ouest, et qui déjà s'élevaient à une grande hauteur au-dessus des eaux.

On peut remarquer une différence bien prononcée dans la stratification du terrain silurien et du vieux grès rouge : en effet, les directions N. E., E. N. E., qui sont offertes en si grand nombre par les couches siluriennes, sont rares dans le terrain dévonien ; il est donc présumable que les causes auxquelles on doit les attribuer ont agi avant l'époque du vieux grès rouge. En général, la direction des couches de ce grès s'écarte moins du méridien, et paraît être liée d'une manière plus intime au contour des masses éruptives sur le bord desquelles on les voit affleurer, tandis que les couches siluriennes sont dirigées dans un sens oblique, et parfois même transversal par rapport à ce contour.

D'ailleurs, la discordance stratigraphique entre les dépôts siluriens et dévonien des environs de Christiania est démontrée, non-seulement par la différence de direction, mais encore par l'inégalité d'inclinaison ; car les couches du vieux grès rouge sont ordinairement moins contournées, et ont une pente plus faible que les roches siluriennes situées au-dessous ; il est remarquable de voir qu'elles plongent habituellement vers le centre des masses porphyro-granitiques, dont le poids semble avoir déterminé un relèvement de la partie périphérique. Quoi qu'il en soit, mes observations sur l'époque des redressements qui ont été produits dans le territoire de Christiania, parallèlement au système du Westmoreland, sont tout à fait d'accord avec l'âge que M. Élie de Beaumont a assigné à ce système ; car il le place immédiatement avant l'époque du vieux grès rouge, qu'il considère comme formant l'étage dévonien supérieur.

Les éruptions de syénite, de granite et de porphyre qui ont eu lieu dans le midi de la Norwège, à la fin de la période paléozoïque, ont mis à sec l'ancien fond

de mer, et ont donné naissance à des montagnes hautes de 300 à 700 mètres : alors le vieux grès rouge a été en grande partie recouvert par l'épanchement du porphyre rhombique ; c'est par suite de fractures et de dénudations ultérieures qu'il a été mis à nu sur le pourtour de ces masses plutoniques, où il forme comme des bordures marginales. A la suite de ces phénomènes, la surface de la Scandinavie a offert à peu près la même configuration qu'aujourd'hui, et dès lors les principaux traits orographiques ont été empreints à sa surface.

#### Terrain silurien du Hedemark.

*Caractères généraux.* — Le terrain silurien du Hedemark est allongé de l'O. S. O. à l'E. N. E. ; il s'étend depuis le Randsfjord, à l'ouest du lac Miösen, jusqu'après de la frontière de la Suède, où se trouve une vaste formation de grès qu'on suppose appartenir au système dévonien. Son extrémité méridionale touche presque aux roches siluriennes du bassin de Christiania, et jadis les dépressions où ces dépôts ont pris naissance devaient être réunies.

Le contour que j'ai donné, sur ma carte, au terrain silurien qui entoure la partie centrale et septentrionale du lac Miösen diffère beaucoup de celui que MM. Murchison, de Verneuil et Keyserling ont tracé sur leur carte de la Russie ; il ne s'accorde pas non plus entièrement avec les limites qu'a indiquées M. Keilhau sur la carte jointe à la troisième livraison de son ouvrage intitulé : *Gea Norwegica*. Il est vrai que le périmètre de ce terrain paléozoïque est un peu difficile à déterminer du côté septentrional, parce que, dans cette zone, la formation semi-cristalline qui est en contact avec lui offre des caractères stratigraphiques peu différents. La présence d'une puissante assise de pierre calcaire superposée à de la grauwacke, et présentant l'aspect de roches siluriennes, m'a déterminé à donner plus d'extension que M. Keilhau à ce terrain et à le prolonger vers le nord-ouest jusqu'à Lösness, dans la vallée du Gulbrandsdal. Il forme les premiers contreforts de la région montagneuse, et présente sur les rives du Miösen des collines verdoyantes, s'élevant à quelques cents mètres au-dessus de la mer, et dominés par les massifs de roches azoïques situés au nord et à l'ouest.

Les voyageurs qui parcourent ces régions sont frappés de l'accroissement de fertilité qui se manifeste, dès que l'on passe de la région gneissique à la zone paléozoïque ; cependant les différentes roches de cette zone ne sont pas également favorables à la végétation. En Norwége, comme dans les autres contrées, ce sont les roches calcaires et les schistes tendres, d'une désagrégation facile, qui sont les plus fertiles, tandis que les grès, les poudingues et les grauwackes dures, quartzesuses, sont peu propres à la culture ; et le sol qui en est formé ne présente que des forêts de conifères ou des landes marécageuses.

Le terrain de transition du Hedemark renferme des débris organiques, principalement dans les couches calcaréo-schisteuses de la partie méridionale ; les

principaux fossiles qu'on y a observés sont : *Trilobites depressus*, *Orthoceras annulatus*, *O. trochlearis*, *O. distans*, *O. duplex*, *O. regularis*, *O. articulatus*, *O. imbricatus*, *Lituities cornu-arietis*, *Bellerophon globatus*, *Leptaena pecten*, *Orthis plicatella*, *O. truncata*, *Encrinites flexilis*, *Turbinolopsis bina*. Ces fossiles appartiennent, en général, à l'étage inférieur du terrain silurien, et quelques-uns en sont caractéristiques : ainsi l'*Orthoceras trochlearis* et le *Lituities cornu-arietis*.

Ici les roches stratifiées sont à peu près les mêmes que dans le bassin de Christiania : elles présentent aussi du schiste argileux, du schiste ampéliteux, du schiste argilo-calcaire et de la pierre calcaire compacte, d'un gris foncé ou gris noirâtre. Cependant, si l'on considère l'ensemble du dépôt, on y reconnaît un plus grand développement de strates arénacés. Le schiste argileux proprement dit y est moins abondant ; il est remplacé en partie par de la grauwaacke, qui semble former ici une transition entre le schiste argileux, le grès et le poudingue : elle offre, en effet, beaucoup de variations, sous le rapport de sa texture, de sa composition et de la grosseur de ses éléments ; elle est généralement à petits grains et schisteuse, mais souvent aussi elle est à gros grains : on y distingue, avec les parties argilo-quartzeuses, des détritits feldspathiques et micacés. Tantôt elle passe au schiste argileux ; tantôt, au contraire, les grains de quartz y dominent, et alors elle se rapproche du grès. La même formation renferme aussi des couches d'un grès habituellement dur et à grains serrés, ressemblant à du quartzite ; parfois cependant il est à gros grains, et devient poudingiforme.

D'ailleurs, ces roches sont accompagnées, en certaines parties, d'un véritable poudingue ou conglomérat, formé par une agglomération de cailloux roulés de quartz, de grès-quartzite, et de débris de roches primitives, granite, gneiss et micaschiste. La plupart de ces cailloux sont arrondis, quelques-uns ont seulement les arêtes et les angles émoussés ; leur largeur varie de 4 à 30 centimètres. Ils sont enchâssés dans une masse de détritits quartzeux, parfois mélangés de lamelles calcaires. Ce poudingue offre une suite de bancs irréguliers et grossièrement stratifiés, composés les uns de gros cailloux, les autres de noyaux moyens ; des couches de grès, de grauwaacke, et de schiste argileux d'un gris foncé leur sont associées.

La grauwaacke, le grès et le poudingue, en couches alternantes, acquièrent un développement considérable entre Ringsager et Brottum, sur les collines qui avoisinent le lac de Niere, et le séparent du Miösen. On les voit reparaître sur la rive opposée du Miösen, du côté occidental, dans la paroisse de Birid.

La pierre calcaire, accompagnée de schiste argileux, constitue dans le bassin du Miösen deux bandes principales, comme l'a montré M. Keilhau (*Gæa norvegica*, p. 384) : la plus méridionale s'étend sur les deux rives du lac, depuis le Randsfiord jusqu'à la vallée de la Glommen, par les paroisses de Vardal, Ness, Vang et Rommedal ; elle paraît se trouver dans la partie inférieure de la formation paléozoïque, du moins autant qu'on peut en juger par l'inclinaison générale du

terrain ; car c'est sur elle que s'appuient les couches situées plus au nord. La seconde bande calcaire s'étend de Torpen, sur le Dokka Elv, jusqu'à une assez grande distance à l'est de Ringsager ; elle est séparée de la précédente par une zone de grauwacke, de grès et de schiste.

Un peu au nord de la seconde bande calcaire, s'étend de la paroisse de Birid au lac Niere la zone de poudingue, de grès et de grauwacke à gros grains déjà mentionnée. Plus loin, en allant vers le nord-ouest, on observe une longue série de couches de grauwacke, de grès et de schiste, que recouvre, immédiatement au sud de Lösness, la masse calcaire qui termine du côté nord la formation paléozoïque. La succession générale de ces roches est représentée par la coupe figure 3.

*Caractères stratigraphiques.* — Les couches courent fréquemment entre le N.-E. et l'E., de même que celles des environs de Christiania ; néanmoins, dans la partie septentrionale du lac Miösen, et dans le midi du Guldbrandsdal, j'ai observé un grand nombre de directions comprises entre l'O. et l'O. 30° N. Dans cette partie-ci, la pente des couches est aussi beaucoup moindre, souvent même elle est voisine de l'horizontalité. Dans la partie du bassin de Christiania qui est située au nord de cette capitale, les couches siluriennes plongent habituellement du sud au nord ; sur les rives du Miösen, l'inclinaison des roches paléozoïques a lieu dans le même sens, et d'une manière encore plus constante ; car, parmi les observations stratigraphiques fort nombreuses que j'ai recueillies, il y a bien peu de cas où les couches, au lieu de pencher vers le nord, se montrent verticales ou ondulées : il est très rare que la pente ait lieu vers le sud d'une manière nette ; cependant c'est ce que j'ai observé près du relais de Frogner. Il paraît qu'une cause générale a déterminé le relèvement des couches, en les inclinant d'une manière presque constante vers le nord. Néanmoins il est probable que ces couches, dont le pendage a lieu vers le nord sur une étendue de plus de 8 myriamètres, ont éprouvé des plis ou des renversements, sans quoi leur puissance s'élèverait à des chiffres énormes, d'autant plus que leur inclinaison excède habituellement 45 degrés. Toutefois il est supposable que cette formation, dont le caractère général est arénacé, a une épaisseur de quelques milliers de mètres.

Il ne paraît pas y avoir dans la région paléozoïque du Hedemark de masses pyrogènes un peu considérables ; M. Keilhau en cite, à la vérité, trois gîtes, mais tous très peu étendus, ce sont : 1° une petite masse granitique, semblable à celles des environs de Christiania, située à Lager-aae, entre Vang et Loiten ; 2° une masse curitique, près de Tuterud, au sud du lac Eina ; 3° une masse d'hornblende noire, à gros grains, avec du mica et de la pyrite de fer, située près de Klukke, dans la paroisse de Birid.

TABLEAU N° 18. — TERRAIN SILURIEN DU HEDEMARK.

|             |             |            |             |
|-------------|-------------|------------|-------------|
| O. 41       | N. O. »     | N. »       | N. E. 4     |
| O. 5° N. 16 | N. 40° O. » | N. 5° E. » | E. 40° N. 5 |
| O. 10 N. 21 | N. 35 O. 1  | N. 10 E. » | E. 35 N. 7  |
| O. 15 N. 16 | N. 30 O. 2  | N. 15 E. » | E. 30 N. 8  |
| O. 20 N. 12 | N. 25 O. 3  | N. 20 E. » | E. 25 N. 8  |
| O. 25 N. 13 | N. 20 O. 3  | N. 25 E. » | E. 20 N. 6  |
| O. 30 N. 8  | N. 15 O. 2  | N. 30 E. » | E. 15 N. 6  |
| O. 35 N. 5  | N. 10 O. 1  | N. 35 E. » | E. 10 N. 7  |
| O. 40 N. 2  | N. 5 O. »   | N. 40 E. 1 | E. 5 N. 8   |

*S. longit. de la Bretagne, O. 11 N.*

*S. des Pays-Bas, du Westmoreland.*

Les directions que j'ai mesurées en explorant le terrain silurien du Hedemark sont réunies dans le tableau ci-dessus (n° 18); elles sont rassemblées presque toutes de part et d'autre de la ligne E. O., les unes entre l'O. et l'O. 30° N., les autres entre l'E. et le N. E. La première de ces deux agglomérations est la plus considérable (1) : on peut attribuer les directions qui en font partie aux systèmes des Pays-Bas, des Ballons et du Jemland ; mais il y en a, autour de la ligne O. 10° N., un groupe remarquable qui coïncide avec un système particulier que j'ai nommé système longitudinal de la Bretagne, parce qu'il est parallèle à l'axe de cette presque île.

Quant aux directions situées entre l'E. et le N. E., il faut sans doute en attribuer la plus grande partie au système du Westmoreland, de même que je l'ai fait pour les couches siluriennes des environs de Christiania. Il y a encore quelques directions très peu nombreuses autour du N. N. O. : elles se rattachent probablement aux mêmes phénomènes que les dislocations de la côte de Brevig ; mais on ne se ferait pas une juste idée de l'importance de ce système, si l'on n'avait égard qu'au petit nombre de directions de couches qui en dépendent, car c'est un système moins ancien que beaucoup d'autres, et qui n'a pu que difficilement marquer son empreinte sur des couches déjà redressées. Mais il a influé d'une manière bien plus évidente sur le relief de la contrée : nous voyons, en effet, dans le Hedemark, dans la partie occidentale de la Dalécarlie et de la Vermlandie, un grand nombre de rivières et de lacs présenter une direction N. N. O., à peu près parallèle à la côte orientale du Skagerrack ; la partie septentrionale du lac Miösen, l'extrémité méridionale de la vallée du Gulbrandsdal, qui en forme le prolongement, sont dirigées de la même manière, ainsi que la vallée de la Glommen, du Klar Elv, etc. ; l'orientation commune de ces grandes vallées et dépressions me porte à regarder cette région comme ayant éprouvé d'une manière très prononcée l'influence du système de Brevig.

(1) Mes observations présentent beaucoup plus de directions entre l'O. et l'O. 30° N. qu'entre l'E. et le N. E. : les premières sont, en effet, plus fréquentes dans le midi du Gulbrandsdal et dans la partie septentrionale du lac Miösen ; mais le rapport inverse aurait peut-être lieu, si les mesures stratigraphiques avaient embrassé uniformément toute la surface de la zone silurienne.

## Dépôts paléozoïques de la Dalécarlie et de la partie limitrophe du Hedemark.

Les dépôts paléozoïques de la Dalécarlie s'étendent depuis le lac Siljan jusqu'à la frontière norvégienne, où ils se relient avec ceux du Hedemark. Dans leur partie orientale, ils suivent le contour circulaire d'une file de lacs qui se trouvent au nord du Siljan, et qui y envoient leurs eaux. Cette région offre des collines d'un aspect riant et pittoresque, s'élevant à 300 et 400 mètres de hauteur au-dessus du niveau de la mer, de manière à dominer le plateau gneissique situé à l'est : à l'ouest et au nord-ouest du lac Siljan se trouvent des plates-formes élevées et couvertes de vastes forêts.

Les terrains de transition de la Dalécarlie offrent deux formations bien distinctes, un groupe de couches calcaréo-schisteuses, qui représente l'étage silurien inférieur, et un dépôt arénacé, de grès et de poudingue, qui est regardé par MM. Murchison et de Verneuil comme l'équivalent du vieux grès rouge. Décrivons d'abord la première de ces formations. La pierre calcaire y est très développée, et semble même prédominer sur les collines situées entre les lacs Siljan et Oresjön ; mais dans une contrée comme celle-ci, qui a été si fortement dénudée par des agents érosifs d'une grande puissance, et où la surface déprimée des roches friables a été recouverte d'épais dépôts de transport, on conçoit que les schistes argileux peu consistants doivent rarement affleurer.

La pierre calcaire, qui forme principalement le sol des collines, est compacte, d'une teinte variable, grise ou d'un gris rougeâtre, quelquefois d'un rouge brun ; elle est fréquemment mélangée d'argile, devient marneuse et passe au schiste argilo-calcaire. Elle est d'ailleurs accompagnée de couches de schiste argileux d'un gris foncé ou noir, et contenant des empreintes de Graptolites. Certaines couches calcaires sont remplies d'Orthocères : ainsi sur la colline d'Osmundsberg, une des plus élevées du pays (425 mètres au-dessus de la mer, mais seulement 200 mètres au-dessus des plaines environnantes), on trouve une immense quantité de ces coquilles de Céphalopodes ; il en est qui méritent bien la qualification de *gigantesques*, car elles atteignent 45 à 50 centimètres de longueur et 9 à 10 de largeur. Leur test est fréquemment changé en spath calcaire, et j'en ai vu où les loges séparées par des cloisons successives renferment une certaine quantité de matière bitumineuse provenant de la décomposition du siphon ou tube membraneux qui pénètre jusqu'au fond de la coquille. Ces Orthocères appartiennent aux mêmes espèces que celles déjà signalées dans le Hedemark.

On trouve aussi dans les couches calcaréo-schisteuses plusieurs espèces de Trilobites, notamment l'*Illænus crassicauda*, *Asaphus expansus*, *A. laticaudus*. Il y a des couches calcaires chargées de Crinoïdes, et l'on y observe, comme dans les calcaires siluriens des autres régions de la Scandinavie, des représentants de la famille des Cystidées, savoir : le *Sphaeronites pomum* et le *Caryocystites*

*granatum*. M. Hisinger y cite (*Versuch*, p. 84) d'autres fossiles, savoir : le *Turbo bicarinatus*, *T. centrifugus*, *Helicites obvallatus*, *H. utricularis*, *Anomites (Orthis) terebratulinus*, *A. jugatus*, *A. transversalis*, *A. psittacinus*, *A. rhomboidalis*, *A. novemradiatus*, *Madreporites stellaris* et *Milleporites cervicornis*.

Le grès affleure en quelques points entre les lacs Siljan et Oresjön, et il constitue une bande un peu étendue sur les rives du fleuve Ore, entre les lacs Skatungen et Orsasjön; il est généralement à grains fins, argilo-quartzeux : sa couleur varie du gris blanc au gris rougeâtre, et la surface des couches est souvent parsemée de taches rondes et blanchâtres.

Une formation de grès analogue s'étend à l'ouest du lac Siljan, et couvre d'immenses surfaces entre le 60° 1/2 et le 62° 1/2 degré de latitude. Elle constitue le bassin supérieur de l'Oester et Westerdal Elfven, du Wan Elfven, et de beaucoup de leurs affluents. Ce grès est quelquefois accompagné de poudingue, de conglomérat et de grauwacke : ses limites, du côté septentrional, ne sont pas parfaitement connues ; du côté occidental, elles ont été déterminées par M. Keilhau. Il ne s'étend qu'à une très petite distance à l'ouest du Klar Elv, autrement dit Fœmund Elv, et même le fond de la vallée où coule ce fleuve, près de Trysild, est composé de terrain primitif. Sur la cime isolée du Sölenfield, qui s'élève à une hauteur un peu considérable, à l'ouest de la vallée du Klar Elv, on a signalé (*Gæa norwegica*, p. 461) une roche de grès analogue à celle de la Dalécarlie. On en a encore observé un lambeau près de Narud, à l'est du lac Miösen.

MM. Murchison et de Verneuil regardent ces dépôts arénacés comme appartenant au vieux grès rouge ; la similitude pétrographique vient, en effet, à l'appui de leur opinion. Néanmoins ce rapprochement ne peut être considéré comme tout à fait certain, et même, en quelques points au nord du lac Siljan, les couches de grès semblent s'enfoncer au-dessous de la formation calcaréo-schisteuse qui représente l'étage inférieur du groupe silurien.

*Roches pyrogènes.* — La région paléozoïque de la Dalécarlie a été le siège d'éruptions de roches plutoniques analogues à celles que nous avons décrites dans le bassin de Christiania, et offrant des types correspondants : il y a, en effet, une roche granitique, ayant habituellement, comme celle de la Norwège méridionale, les caractères de la syénite, et il y a, en outre, différentes sortes de porphyres feldspathiques. La syénite est beaucoup moins riche en minéraux curieux que celle de Christiania, mais elle est remarquable en ce qu'elle contient fréquemment, outre le feldspath orthose d'un blanc vert, du labrador, de l'hypersthène et du fer titané. On y a signalé aussi du péridot, de même que dans le porphyre qui l'accompagne. Celui-ci se présente sous des aspects assez divers : ordinairement il est d'un rouge brun, contenant des lames feldspathiques, blanches ou rouges ; il y a des variétés tout à fait compactes, pétrosiliceuses, passant au jaspe et au hornstein. Il y a encore une autre sorte de porphyre, qui n'a été trouvée qu'à l'état de blocs isolés, et qui est de nature dioritique, car elle est verdâtre et

contient des lames d'hornblende noire, mélangées avec des cristaux de feldspath rougeâtre.

Les eurites que nous venons de mentionner s'étendent sur une vaste surface, depuis le lac Wänjan jusque sur les montagnes qui séparent le bassin du lac Siljan de celui du Ljusne-Elfven; ils forment autour des vallées de l'Österdal-Elfven et de ses affluents plusieurs montagnes, dont l'élévation ne surpasse pas, en général, 800 mètres; ils sont assez fréquemment accompagnés de brèches et de conglomérats porphyriques.

C'est à une éruption des mêmes roches pyrogènes qu'il faut attribuer la configuration remarquable de la contrée située au nord du lac Siljan; elle a été soulevée, de manière à présenter une plate-forme circulaire, porphyro-granitique, entourée de dépôts stratifiés paléozoïques, à la surface desquels se trouvent les lacs Siljan, Gårstjörn, Oresjön, Skatungen et Orsastjörn, qui forment comme une ceinture autour du massif plutonique.

Le terrain de transition de la Dalécarlie renferme quelques gîtes métallifères, mais beaucoup moins nombreux que ceux de la région de Christiania, et ils n'ont jamais donné lieu qu'à des travaux sans importance (voir mon *Mémoire sur les gîtes métallifères*).

Les roches siluriennes qui affleurent au nord du lac Siljan ont été relevées, et présentent même souvent une forte inclinaison: cependant je n'ai observé dans cette contrée qu'un petit nombre de directions; elles ont été mesurées entre les lacs Siljan et Oresjön, et sont, pour la plupart, voisines du N. N. O.: aussi je les considère comme se rapportant au système de Brevig.

#### Terrain silurien du Jemtland.

Le terrain de transition du Jemtland n'a encore jamais été décrit, et l'on ne trouve à son égard que des indications très vagues dans les ouvrages géologiques relatifs à la Suède. Je l'ai parcouru dans toute sa longueur, depuis l'extrémité méridionale du Storsjön ou lac d'Östersund jusqu'au lac Kalln, et je vais indiquer les principaux caractères qu'il m'a offerts. La région qu'il constitue est non moins remarquable par son système hydrographique que celle du Siljan; on y voit une très grande quantité de lacs, dont les eaux se réunissent dans le vaste bassin du Storsjön, et se déversent ensuite par le fleuve Indal dans le golfe de Bothnie. A l'exception de son extrémité méridionale, qui est bordée de roches primitives, le lac d'Östersund est situé entièrement dans le bassin silurien, qui enveloppe également dans son contour une partie des lacs environnants. A l'est s'étend un plateau légèrement ondulé, de granite et de gneiss, qui est en grande partie couvert de dépôt diluvien, et qui le cède en hauteur aux collines siluriennes: il s'abaisse insensiblement vers les rives du golfe de Bothnie; mais, du côté occidental, les couches paléozoïques viennent s'appuyer sur les pentes du massif imposant

d'Åreskutan et des fields moins élevés, qui s'étendent vers le sud-est, en formant les premiers contre-forts de la zone montagneuse limitrophe entre la Suède et la Norwège.

Le terrain de transition du Jemtland se compose à peu près des mêmes roches que celui du Hedemark, sauf quelques différences que je vais signaler : dans la région d'Östersund je n'ai point observé de poudingue ni de conglomérat, mais le quartzite est très développé dans la partie méridionale. De plus, les roches schisteuses offrent moins fréquemment que celles du Miösen les caractères de la grauwacke, elles ressemblent plus ordinairement au schiste argileux proprement dit : leur fissilité est souvent très prononcée, et alors elles passent au schiste ardoisier. La pierre calcaire fossilifère est moyennement développée.

Quand on a quitté le bourg de Berg situé à l'extrémité méridionale du lac Storsjön, au pied d'une montagne isolée de granite, sur une pelouse verdoyante qu'entourent d'épaisses forêts, si l'on s'avance vers le nord, les premières couches qu'on voit succéder au terrain primitif sont formées de quartzite : cette roche se trouve donc à la base du terrain silurien. Ici elle a un aspect métamorphique, et l'on serait même tenté de la considérer comme n'appartenant pas à la formation paléozoïque, si elle n'était associée à des couches fossilifères. Ce quartzite est d'un gris clair, translucide, à grains très serrés, et même presque compacte ; quelquefois il est mélangé de petits feuilletés chloriteux, et il alterne avec des lits de schiste modifié, gris, luisant et feuilleté. Souvent il est imprégné de quartz blanc, dont les filets anastomosés le traversent dans tous les sens, caractère qui lui est commun avec les quartzites de la Bretagne et des Pyrénées, quartzites auxquels il ressemble d'ailleurs. Il y a une série épaisse de ces couches quartzieuses qui affleurent sur une grande étendue de terrain entre Berg et Kjöfra, et qui se prolongent vers le N. E., sur le territoire des paroisses de Näs et de Lockne. Leur direction générale est du N. N. E. au S. S. O., et leur inclinaison a lieu vers l'ouest.

Aux couches supérieures de cette assise se trouve associé du schiste noir, ampéliteux, correspondant à celui que nous avons décrit aux environs de Christiania. Puis on observe une suite de couches de schiste argileux, d'un gris plus ou moins foncé, qui est exploité en divers lieux comme schiste ardoisier. Il passe à des couches de grauwacke schisteuse, à grains fins, formées de détritiques argilo-quartzieux, avec des paillettes micacées, et offrant souvent des plans de fissilité obliques ; cette grauwacke tend parfois à prendre les caractères d'un grès argileux.

La pierre calcaire accompagne fréquemment le schiste et la grauwacke schisteuse : quelquefois même, par exemple près de Kläppa, elle est associée à des couches quartzieuses. Elle ne forme point, en général, de masse très considérable et tout à fait indépendante ; néanmoins j'ai observé deux bandes calcaires principales : l'une affleure à l'île Frösön, près de la ville d'Östersund, et se pro-

longe à travers le lac jusqu'à la rive opposée, où elle reparait entre Ovicken et Marby; elle est séparée des quartzites qui forment la base du terrain silurien par les schistes ampéliteux. L'autre bande, située plus à l'ouest, et séparée de la première par des bancs de schiste argileux, s'étend de Bråsta à Mo et Alsen.

La pierre calcaire de cette contrée est ordinairement compacte, grise, plus rarement d'un gris rougeâtre, ou bien d'un gris-noirâtre, quand elle est associée à des schistes noirs ampéliteux. Tantôt elle est pure, tantôt elle est mélangée de couches de marnes ou de schiste argilo-calcaire. Elle contient les mêmes fossiles que celle du lac Siljan, et, par conséquent, elle appartient aussi à l'étage silurien inférieur. Certains bancs consistent en une agglomération de très grands Orthocères de l'espèce dite *giganteus*; c'est ce qui a lieu près de la station de poste de Skatgård. On y voit aussi des couches criblées d'Encrines; et les Cystidées, qui caractérisent ce terrain en Scandinavie, s'y trouvent aussi représentées par les mêmes espèces de Sphæronites et de Caryocystites que nous avons déjà citées dans les autres bassins paléozoïques de la Suède.

Si l'on estimait la puissance du terrain silurien d'Östersund d'après l'étendue de l'espace où l'on voit les couches incliner régulièrement dans le même sens, on obtiendrait, de même que pour le Hedemark, une évaluation s'élevant à plusieurs milliers de mètres; car il est des régions, ainsi des environs de Skatgård à Kläppa (voir la coupe, fig. 1, pl. I), où les couches de quartzite, de schiste ampéliteux et de pierre calcaire, offrent un pendage constant sur une étendue de plus de 45 kilomètres. Néanmoins l'épaisseur de ces dépôts paraît être fort considérable.

En explorant le terrain de transition du Jemtland, je n'y ai point observé de roche plutonique; cette absence de masse éruptive paraît singulière, car les strates siluriens sont partout relevés sous un angle qui est généralement supérieur à 45 degrés, et qui est souvent voisin de 90: en outre, parmi ces roches, il en est qui paraissent avoir subi une influence métamorphique aussi prononcée que si elles s'étaient trouvées dans le voisinage de formations ignées. Lorsque ce terrain aura été exploré plus complètement que je n'ai pu le faire, peut-être y découvrira-t-on quelques-unes de ces roches; néanmoins il me paraît peu probable qu'il y en ait des masses considérables.

Je ferai encore observer une circonstance importante pour l'histoire des gîtes métallifères de la Scandinavie: c'est que l'on ne connaît point de mines de cuivre ni d'autres métaux dans le terrain silurien d'Östersund, tandis qu'il y en a une grande quantité dans les montagnes de roches primitives situées tout auprès, du côté occidental. Ce fait vient à l'appui de plusieurs autres pour prouver que la production des gîtes de cette région est antérieure à l'époque paléozoïque.

TABLEAU N° 19. — TERRAIN SILURIEN DU JEMTLAND.

|          |   |           |      |          |    |           |      |
|----------|---|-----------|------|----------|----|-----------|------|
| O.       | » | N.        | O. 7 | N.       | 6  | N.        | E. 5 |
| O. 5° N. | 2 | N. 40° O. | 5    | N. 5° E. | 10 | E. 40° N. | 5    |
| O. 10 N. | 2 | N. 35 O.  | 5    | N. 10 E. | 10 | E. 35 N.  | 3    |
| O. 15 N. | 3 | N. 30 O.  | 4    | N. 15 E. | 17 | E. 30 N.  | »    |
| O. 20 N. | 5 | N. 25 O.  | 8    | N. 20 E. | 12 | E. 25 N.  | 1    |
| O. 25 N. | 7 | N. 20 O.  | 11   | N. 25 E. | 9  | E. 20 N.  | 1    |
| O. 30 N. | 8 | N. 15 O.  | 12   | N. 30 E. | 5  | E. 15 N.  | »    |
| O. 35 N. | 6 | N. 10 O.  | 6    | N. 35 E. | 6  | E. 10 N.  | »    |
| O. 40 N. | 5 | N. 5 O.   | 4    | N. 40 E. | 6  | E. 5 N.   | »    |

S. du Jemtland. O. 3° N.

S. de Brevig. N. 16 O.

S. de Billingen. N. 16 E.

La stratification des couches siluriennes du Jemtland présente de fréquentes variations ; mais, si l'on examine le tableau n° 19, dans lequel j'ai réuni mes observations stratigraphiques, on est frappé de voir que, contrairement à ce qui a lieu pour les terrains paléozoïques de Christiania et du Hedemark, il y a absence presque complète de directions entre le N.-E. et l'E., tandis qu'il y en a un grand nombre entre le N. et le N. E., ainsi que entre le N. et l'O. N. O. Le groupe le plus important coïncide avec la ligne N. 15° E., et se rattache au système que j'ai nommé précédemment système de Billingen : un autre rassemblement de directions, qui se fait remarquer entre le N. 15° et le N. 20° O., dérive du système de Brevig. Il y a deux autres groupes moins considérables : l'un au N.-O., l'autre à l'O. 30° N. ; ils paraissent se rapporter au système de Westerwick ou du Thuringerwald et à celui du Jemtland. Ce dernier a moins influé sur la disposition des couches que les deux systèmes de Billingen et de Brevig ; ses effets ont plutôt consisté dans des dislocations dirigées à peu près suivant l'O. 30° N. De là sont résultées les dépressions des lacs Liten, Storsjön, Alsen, Näliden, etc.

#### Dépôts siluriens du midi de la Suède.

Les terrains de transition du midi de la Suède sont plus connus que ceux situés au nord du 60° degré de latitude ; et, comme ils ont une composition uniforme, il serait inutile de les décrire séparément. Je me bornerai donc à exposer leurs caractères généraux, afin qu'on puisse embrasser dans leur ensemble les faits relatifs aux formations paléozoïques, et aux phénomènes dynamiques dont elles portent l'empreinte.

Les dépôts paléozoïques de la Néricie, de l'Ostrogothie, de la Vestrogothie, etc., ne se présentent point sous formes de masses continues et nettement circonscrites ; ce sont des lambeaux parsemés çà et là, formant souvent des protubérances. Tantôt ils sont séparés les uns des autres par des affleurements de roches primitives ; tantôt les intervalles qui existent entre eux sont recouverts de dépôts diluviens, de sable, de graviers, de cailloux roulés et de blocs erratiques. Mais, sur

ma carte géologique, j'ai dû faire abstraction de cette enveloppe superficielle, qui recouvre, comme un manteau, la plus grande partie du pays.

Quoique les roches siluriennes du midi de la Suède ne soient pas généralement redressées, il n'est pas moins certain qu'elles ont été soumises à de violentes dislocations ; car, entre les diverses parties qui devraient se correspondre et former un même horizon, si elles n'avaient pas été disloquées, on observe souvent des différences de niveau considérables : il y a donc eu des soulèvements locaux, accompagnés de ruptures, qui ont divisé ces terrains en plusieurs portions ; et plus tard les puissants phénomènes d'érosion et de dénudation qui ont sillonné la surface du pays, à l'époque erratique, ont balayé une partie de ces masses fracturées, dont les débris ont été entraînés jusque dans les plaines du nord de l'Allemagne. Il n'en est resté çà et là que des lambeaux plus ou moins étendus, comme pour attester les violentes catastrophes dont cette contrée a été le théâtre.

*Caractères pétrographiques.* — Les terrains de transition du midi de la Suède ont des caractères pétrographiques uniformes ; ils se composent de plusieurs assises qui nous offrent la reproduction des roches stratifiées décrites précédemment : ainsi, quatre assises régulièrement superposées, de grès, de schiste ampéliteux, de pierre calcaire et de schiste argileux, constituent ces dépôts qui appartiennent exclusivement à l'étage inférieur du terrain silurien, si l'on fait abstraction de l'île Gotland (1). Les couches quartzueuses situées à la base sont ordinairement à petits grains, plus rarement à grains moyens ou à gros grains ; leur couleur est grise ou d'un gris brunâtre : on y remarque fréquemment des empreintes de fucoides, mais elles ne renferment pas d'autres restes organiques. Le schiste ampéliteux qui leur succède offre à peu près les mêmes caractères qu'aux environs de Christiania ; il est pyriteux, alunifère, et mélangé d'une assez grande quantité de matière charbonneuse pour pouvoir brûler et servir de combustible dans le chauffage des chaudières employées à la préparation de l'alun. La même matière qui a été torréfiée, en abandonnant son principe combustible, est soumise ensuite à un lessivage qui fournit du sulfate d'alumine. Le schiste ampéliteux est utilisé pour cette fabrication dans plusieurs établissements de la Vestrogothie, Néricie, Smålande, Scanie, etc. Dans ces provinces, de même que dans la Norvège méridionale, le schiste ampéliteux renferme fréquemment des rognons ou tubercules de spath calcaire noirâtre (anthraconite), et des lits d'un calcaire compacte, noir ou d'un gris foncé, qui contient des espèces remarquables de Trilobites, entre autres l'*Olenus gibbosus* et *O. scarabeoides*. On y trouve aussi des *Paradoxides* et *Conocephalus*, avec l'*Agnostus pisiformis* (2).

Au-dessus vient une suite de bancs calcaires, compactes, gris, parfois rougeâtres ou noirâtres, caractérisés ici, comme dans les autres bassins, par la présence

(1) Cette île est composée de calcaire appartenant au système silurien supérieur.

(2) Ce sont ces fossiles qui constituent la *Faune primordiale* de M. Barrande.

de grands et nombreux Orthocères (*O. giganteus*, *O. communis*, etc.), on y trouve aussi des Lituites, une espèce de Conulaire (*C. quadrisulcata*), l'*Asaphus tyrannus*, *A. expansus*, l'*Illænus crassicauda*, le *Sphaeronites pomum* et quelques Polypiers.

Au-dessus de la pierre calcaire on observe de nouveau des couches de schiste renfermant quelques bancs calcaires : il ressemble au schiste argileux ordinaire ; cependant en quelques points, où il est recouvert par des épanchements de roche trappéenne, il offre un aspect siliceux et prend l'apparence du hornstein, modification provenant sans doute de l'action exercée sur lui par la roche pyrogène qui le recouvre.

Les schistes superposés à la pierre calcaire sont quelquefois riches en fossiles, surtout dans la Vestrogothie : on y trouve plusieurs Trilobites, tels que l'*Asaphus caudatus*, le *Trinucleus granulatus*, des Graptolites, des Encrines, des Cystidées (le *Sphaeronites aurantium*), et plusieurs Polypiers.

La série de couches que nous venons de décrire, grès quartzeux, schiste ampéliteux et alunifère, calcaire à Orthocères et schiste à Graptolites, se montre d'une manière plus ou moins complète sur beaucoup de points du midi de la Suède : ainsi dans la Vestrogothie, entre les lacs Wenern et Wettern ; dans l'Ostrogothie, sur la rive orientale du Wettern ; dans la Néricie, à l'ouest du lac Hjelmars ; dans la Scanie, entre Landskrona et Cimbrishamm ; dans la Smålande, sur la côte de Calmar, et dans l'île Öland.

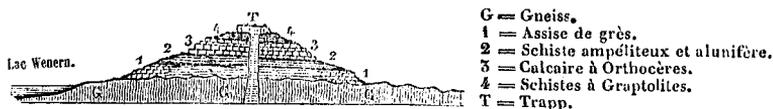
Quant à l'île Gotland, elle est formée presque entièrement de pierre calcaire riche en pétrifications, que MM. Murchison, de Verneuil et de Keyserling regardent comme appartenant à l'étage silurien supérieur : j'en ai indiqué les fossiles page 156.

Sur les collines de Kinnekulle, Billingen, etc., situées dans la Vestrogothie, entre les lacs Wenern et Wettern, le schiste argileux, formant l'assise la plus élevée du terrain silurien inférieur, est recouvert par un épanchement de trapp qui paraît être de nature dioritique ; il consiste effectivement en un mélange de parties feldspathiques et de lamelles d'amphibole hornblende ; ces deux éléments deviennent plus distincts dans les parties supérieures, qui sont moins compactes ; quelquefois même l'amphibole s'y montre en grandes lames radiées. Ces trapps amphiboliques, qui se divisent souvent en masses prismatiques, comme les basaltes, se montrent encore dans la Scanie, entre Landskrona et Cimbrishamm ; ils constituent des masses en forme de filons ou dykes, qui coupent les couches siluriennes, et forment au-dessus d'elles des éminences allongées. Les schistes s'endurcissent au contact de ces trapps, et leur couleur, habituellement foncée, devient plus pâle, suivant la remarque de M. Hisinger.

Depuis longtemps, on a aussi remarqué dans la Scanie un porphyre pyroxénique, gris noirâtre, différant des trapps mentionnés tout à l'heure, en ce qu'il a pour base du pyroxène, au lieu d'amphibole ; il est donc analogue au basalte ;

mais il ne se divise pas en prismes aussi réguliers. Quelquefois il est à gros grains, et, outre le pyroxène, on y trouve du péridot et une mésolithe radiée, à laquelle une analyse de M. Hisinger assigne pour composition atomique la formule :  $5AS + NS^2 + CS^2 + Aq$ .

Ce porphyre constitue plusieurs buttes, dont les principales sont celles de Gjelleberg, près de Röstånga, et d'Anneklef, près de Hör. C'est dans le terrain primitif qu'elles se trouvent en général ; mais l'une d'elles paraît être près des schistes siluriens, et probablement la roche ignée leur est postérieure, de même que le porphyre pyroxénique d'Holmestrand, qui offre beaucoup d'analogie pétrographique.



Les schistes cristallins, qui affleurent en couches redressées au pied des collines siluriennes situées entre le Wetteren et le Wenern, nous fournissent de nouvelles preuves de la constante discordance de stratification qui existe entre les dépôts de la période silurienne et ceux de la période gneissique. Quelquefois les couches du terrain silurien sont relevées sous un angle plus ou moins grand, ainsi qu'on le voit à Omberg, sur la rive orientale du lac Wetteren, à l'île Gotland, etc. ; mais, en général, elles sont faiblement inclinées ou tout à fait horizontales. Cette horizontalité se manifeste surtout d'une manière frappante sur les collines isolées qui s'élèvent sur divers points de la Vestrogothie, et dont j'ai représenté une coupe par la figure ci-dessus.

Les assises successives de grès, de schiste ampéliteux, de pierre calcaire et de schiste argileux forment comme une série de gradins sur le penchant de ces collines, dont la partie supérieure présente un petit plateau de trapp amphibolique. Il est remarquable de voir que, dans cette région, les couches aient été rompues et portées à des hauteurs assez considérables sans s'infléchir ; cependant elles ont été perforées, et ont livré passage à des roches ignées qui sont venues s'épancher à leur surface.

*Traces de plusieurs systèmes de dislocations.* — La colline allongée de Billingen, et la bande silurienne dont elle forme la partie septentrionale, sont orientées du N. 17° E. au S. 17° O. ; plusieurs autres proéminences de la Vestrogothie et la partie méridionale du lac Wetteren sont dirigées à peu près de la même manière. Ces divers traits orographiques me paraissent être le résultat d'un même système de dislocations, que j'ai nommé système de Billingen : ce phénomène a fracturé les couches, et les a soulevées, sans les infléchir, à des hauteurs de 200 à 300 mètres au-dessus de la mer, ou 150 à 200 mètres au-dessus du terrain gneissique environnant. On peut encore observer que l'île Öland, formée de couches siluriennes, et si remarquable par sa rectilignité, est dirigée du N. 19° E. au S. 19° O., dans

un sens exactement parallèle à cette série d'accidents, eu égard aux longitudes.

Comme l'étage silurien inférieur est seul représenté dans plusieurs des bassins paléozoïques de la Scandinavie et d'autres contrées, comme il offre en Europe un développement beaucoup plus considérable que l'étage supérieur, il doit y avoir eu, à la fin de la première moitié de la période silurienne, des mouvements du sol assez considérables pour mettre à sec le fond d'une grande partie des anciennes mers. Cependant, parmi les systèmes de montagnes déterminés par M. Élie de Beaumont, il n'en est aucun qu'il indique comme s'étant produit à la fin de la première ou de la seconde époque silurienne : les deux systèmes de Billingen et du Jemtland sont peut-être destinés à combler ces lacunes.

Les collines de la Vestrogothie ne sont pas toutes dirigées exactement comme Billingen, du N. 17° E. au S. 17° O.; il en est quelques-unes qui sont allongées dans un sens rapproché de la direction N. 26° E. du système du Rhin (Kinnekulle, par exemple), ou de celle N. 9° E. du système du nord de l'Angleterre. Ces deux phénomènes ont donc pu contribuer à réduire en lambeaux les dépôts siluriens du midi de la Suède, qui précédemment avaient été disloqués par le système de Billingen. M. Élie de Beaumont a justement attribué au système du nord de l'Angleterre (2) l'orientation de la côte suédoise qui s'étend de Calmar à Nyköping. Quant à l'île Gotland, qui est allongée dans une direction très peu éloignée du N. 30° E., elle me paraît devoir être attribuée au système du Rhin, dont l'action s'est fait sentir après le soulèvement des couches siluriennes de l'étage supérieur; elles courent, en effet, sur cette île de l'E. N. E. à l'O. S. O., et ont été relevées, comme l'a fait remarquer M. Élie de Beaumont, par la même cause qui a produit les rides du Westmoreland. La ligne qui sépare le dépôt silurien de la Scanie du terrain granito-gneissique situé au nord offre une direction tout à fait différente, qui est à peu près à l'O. 32° N., et qui se rapporte au système du Jemtland.

*Remarques sur les nouveaux systèmes de montagnes.* — Ces études sur la géologie de la Norwège, de la Suède et de la Finlande, m'ont conduit à faire de nombreuses additions aux systèmes de soulèvements déjà fondés; ces nouveaux faits confirment et généralisent les deux lois que M. Élie de Beaumont a déduites de ses beaux travaux sur les soulèvements des montagnes. L'une de ces lois consiste dans la récurrence des directions de systèmes séparés les uns des autres par un long intervalle de temps; l'autre loi est relative à la tendance des sys-

(1) Je ne parlerai point dans ce mémoire de l'île Gotland, que je n'ai point visitée, et dont le sol, d'après MM. Murchison et de Verneuil, appartient à l'étage silurien supérieur; il est caractérisé par la présence de plusieurs fossiles, tels que le *Calymene Blumenbachii*, *Asaphus caudatus*, la *Terebratula Wilsoni*, *Leptæna depressa*, et *Catenipora escharoides*.

(2) On doit encore rapporter au système du nord de l'Angleterre plusieurs îles et découpures du littoral dirigées du N. au S., qui se voient sur la côte occidentale de la Norwège, près de l'entrée du Sognefiord.

tèmes de divers âges à affecter des directions orthogonales. Nous voyons, en effet, le système du Rhin coïncider en direction, à 4 degré près, avec le système des Kiöl, de même qu'il coïncide approximativement avec celui des Alpes occidentales. Ces rapprochements me paraissent d'autant plus remarquables que les trois séries d'accidents qui appartiennent à ces systèmes sont peu écartées du grand cercle de la sphère terrestre, qui représente leur orientation moyenne. Ainsi il y a eu, suivant la ligne N. N. E., un premier soulèvement dans le nord de l'Europe avant l'époque silurienne; un deuxième, dans l'est de la France, pendant la période secondaire; et enfin un troisième, un peu plus au sud, pendant l'époque tertiaire: la ligne de soulèvements et de dislocations formée une première fois s'est donc reproduite plus tard à deux époques différentes. Nous avons vu aussi que le système des Pays-Bas coïncide en direction avec celui de Tunaberg, et le système de la Corse est peu écarté du système méridien de la Scandinavie. Le système de Brevig coïncide également avec celui de Torneå, et la même direction a été suivie plus tard par le système du mont Viso. Enfin le système du Dovrefield et celui du Sancerrois sont presque parallèles, et il n'y a qu'une différence de quelques degrés dans l'orientation des deux systèmes d'Arendal et de la Côte-d'Or.

Il est facile de vérifier la perpendicularité de la plupart de ces nouveaux systèmes les uns par rapport aux autres, ou bien par rapport à des systèmes déjà connus. Ainsi le système d'Arendal est perpendiculaire à celui du Morbihan, le système méridien de la Scandinavie à celui de Tunaberg, et le système de Brevig à celui du Dovrefield; le système longitudinal de la Bretagne et les deux systèmes des Ballons et du Jemtland font des angles presque droits avec ceux de Billingen, des Kiöl et de Longmynd.

---

#### TERRAINS SECONDAIRES.

La partie méridionale de la Suède est la seule région de la Scandinavie qui présente deux formations appartenant à la série des terrains secondaires: on y trouve des dépôts jurassiques et crétacés, que nous allons décrire succinctement.

*Dépôts jurassiques.* — La pointe de Kullen, qui borde l'entrée du Sund du côté nord-ouest, constitue l'extrémité d'une petite chaîne granitique qui traverse la Scanie de l'O. N. O. à l'E. S. E., sous le 56° degré de latitude, et se prolonge jusqu'aux environs de Maglehem, sur la Baltique, vers le milieu de la rade située entre Cimbrishamn et Sölvitsborg. C'est dans la dépression située au pied de cette chaîne, du côté méridional, que se sont déposés les strates jurassiques, s'appuyant, d'un côté sur les pentes de la chaîne primitive, de l'autre sur les dépôts siluriens qui recouvraient alors une partie du terrain granito-gneissique de la Scanie. Des détritiques argilo-quartzeux et micacés s'accumulèrent au fond des eaux, et engendrèrent une formation composée de couches alternantes de grès et d'argile schisteuse, couches passant fréquemment des unes aux autres par une

variété intermédiaire, analogue à ce dépôt qui constitue les marnes irisées. Ce terrain est remarquable par la présence de couches de houille : on y trouve quelques Fougères semblant se rapprocher du genre *Ophioglosse* ; mais de nombreux débris de tiges d'arbres dicotylés, et beaucoup d'empreintes de feuilles réticulées, montrent que cette formation appartient, non à l'époque houillère, mais à l'époque jurassique. On y a trouvé, en outre, quelques empreintes de poissons et des dents de Squales.

Par suite des causes de dénudation auxquelles a été soumis ce dépôt, il n'en reste plus aujourd'hui que deux lambeaux, dont l'un constitue la côte nord-ouest de l'Öresund (vulgairement le Sund), au N. et au S. d'Helsingborg, entre la pointe granitique de Kullen et la petite ville de Landskrona ; l'autre se montre au nord du lac Ring, immédiatement au S. du 56° degré de latitude. C'est seulement dans le premier de ces lambeaux que l'on a constaté l'existence de la houille, au nord de la ville d'Helsingborg. Malgré leur faible épaisseur, les couches de combustible donnent lieu, depuis plus d'un demi-siècle, à une exploitation importante, que j'ai visitée en 1845, avant de quitter la Suède ; on en tire annuellement à peu près 250,000 hectolitres de houille.

Bien qu'appartenant au terrain jurassique, ce combustible n'offre point les caractères du lignite, mais il ressemble à de la houille maigre. Il y en a une variété schisteuse, et une autre compacte, à cassure conchoïde, brillante, et d'un beau noir. Ce charbon, qui est faiblement bitumineux, s'emploie au chauffage des chaudières à vapeur et des fourneaux de distillerie, à la cuisson de la chaux, des poteries, des briques, et enfin à l'économie domestique. Malheureusement une partie est très impure, et renferme plus de 20 pour 100 de matière terreuse.

Ce combustible ne se présente qu'en couches minces, qui sont séparées par des lits de schiste bitumineux, et accompagnées d'un grès tendre, argilo-quartzomiacé ; au-dessus est une puissante série de bancs de grès et d'argile schisteuse. Voici la succession qu'on observe : 1° de la surface à 4 ou 5 mètres de profondeur, dépôt diluvien de sable, graviers, galets et blocs erratiques ; 2° couches alternantes de grès et d'argile schisteuse, ayant une épaisseur qui, aux environs d'Höganäs, varie de 50 à 70 mètres ; 3° une assise carbonifère, ayant une épaisseur de 1<sup>m</sup>,50, dont il n'y a guère que le tiers à l'état de houille, et encore la seule couche qui soit pure a seulement 18 à 20 centimètres de puissance. Au-dessous de cette assise vient une couche d'argile schisteuse, un peu dure, d'un gris foncé, qui forme le mur de la couche principale de combustible, et qui est exploitée pour la confection des briques réfractaires : son épaisseur est de 1<sup>m</sup>,66 ; au-dessous il y a un banc de grès puissant de 1 mètre, et au delà on trouve une série de couches argileuses, entremêlées de grès, qui s'étend jusqu'à une profondeur inconnue.

Pour reconnaître s'il n'existe pas d'autres couches de combustible, on a sondé jusqu'à une profondeur de plus de 80 mètres au-dessous de l'assise carbonifère qui est exploitée ; mais les recherches ont été infructueuses. Le dépôt de com-

bustible paraît donc borné à quelques lits d'une épaisseur très minime, mais offrant, il est vrai, un assez grand développement dans le sens horizontal. Les couches courent avec régularité de l'E. N. E. à l'O. S. O., et inclinent vers le S. E. de 5 à 6 degrés. D'après les explorations qui ont été faites, l'étendue des couches houillères est d'environ 2,500 mètres dans le sens de leur direction, c'est-à-dire en allant de la mer vers le N. E. Dans le sens opposé, parallèlement au rivage de la mer, leur extension est aussi fort grande; car des sondages exécutés entre Högånäs et Helsingborg ont démontré l'existence des couches de houille, mais à une profondeur trop considérable pour qu'elles puissent être exploitées, vu leur faible épaisseur et leur médiocre qualité. Du côté occidental, près du rivage de la mer, le dépôt carbonifère est interrompu par une grande faille, qui court du N. N. O. au S. S. E., dans un sens parallèle à la côte ou à peu près perpendiculaire au plan des couches. La partie occidentale du bassin doit avoir éprouvé un abaissement très considérable; car, pour retrouver le charbon à l'ouest de la faille, on a fait des sondages jusqu'à 230 mètres de profondeur, en traversant les couches alternatives de grès et d'argile schisteuse qui existent au-dessus de l'assise carbonifère, sans pouvoir atteindre celle-ci; et comme, de l'autre côté de la faille, la houille n'est qu'à 60 mètres de profondeur, on voit que l'abaissement de niveau a dû être de plus de 170 mètres.

On comprend que l'exploitation d'un dépôt aussi mince, et ne fournissant que du charbon médiocre, ne peut guère être avantageuse; aussi on y a dépensé plusieurs millions de francs, et c'est à peine si aujourd'hui les produits des mines suffisent à payer les frais courants. Néanmoins ces travaux sont utiles au pays, comme fournissant de l'occupation à 210 ouvriers, sans en compter 250 qui sont employés à la confection de poteries et de briques réfractaires, au moyen d'argile et de combustible provenant des mines.

*Dépôts crétacés.*—Le terrain de craie se montre en deux régions dans le midi de la Suède: on l'observe sur le littoral, entre Åhus et Carlshamn, et à l'intérieur des terres, aux environs de Christianstad. Ces affleurements paraissent constituer une zone de forme elliptique, dont la pointe se trouve près d'Ignaberg, à l'ouest du lac Finja, et qui est coupée obliquement par le rivage de la mer, d'Åhus à Carlshamn; mais elle se prolonge vraisemblablement vers l'Est, sous les eaux de la Baltique. Un autre lambeau de terrain crétacé forme l'extrémité méridionale de la Scanie, depuis Malmö, vis-à-vis Copenhague, jusqu'à la pointe de Sandhammar, entre Ystad et Cimbrishamn.

Dans ces deux régions le terrain se compose de couches horizontales, et est presque partout caché par le dépôt de transport diluvien; on ne le voit à découvert que sur les falaises de la mer, ou sur les berges des rivières et des lacs. Il offre une succession de couches sableuses et de couches calcaires, analogues à la craie tufeu et quelquefois à la craie blanche. Les couches sableuses sont les plus anciennes, et par leur aspect pétrographique elles

semblent se rapprocher de la craie chloritée et du grès vert, quoiqu'elles soient plus modernes. Elles se trouvent principalement dans la partie Sud-Est de la Scanie, entre Ystad et Cimbrishamn, et sont accompagnées d'un calcaire sableux. On y trouve en certains points, notamment près de Köpinge et de Kaseberg, beaucoup de fossiles, qui ne sont pas toujours assez bien conservés pour qu'on puisse les déterminer avec certitude. M. Nilson y a signalé les espèces suivantes (1) : *Belemnites mucronatus*, *Turbo sulcatus* N., *T. lævis* N., *T. Basteroti*, *Pyrula planulata* N., *Rostellaria anserina* N., *Patella ovalis* N., *Arca ovalis* N., *Pectunculus lens* N.; *Nucula ovata* N., *N. truncata* N., *Trigonia pumila* N., *Isocardia modiolus* N., *Venus exuta* N.; *Corbula ovalis* N., *C. caudata*; *Avicula cœrulescens* N.; *Inoceramus sulcatus* N., *Catillus Brongniarti* N., *Pecten quinquecostatus*, *P. undulatus*, *P. pulchellus*, *P. lineatus*, *P. arcuatus*, *P. corneus*, *P. orbicularis*, *P. membranaceus*, *P. lævis* et *P. inversus*; *Lima spinosa*, *L. semisulcata*, *L. granulata*, *L. pusilla*; *Ostrea conica*, *O. vesicularis*, *O. hippopodium*, *O. pusilla*, *O. lateralis* N., *O. ovata*, *O. lævigata*, *O. curvirostris* N. Il y a quelques foraminifères, ainsi : *Lenticulites Comptoni*; *Nodosaria sulcata* N., *N. lævigata* N. et *Planularia angusta* N. On y trouve encore des Serpules et quelques zoophytes, des dents de squales et des débris de végétaux.

Parmi les fossiles cités plus haut, la plupart des espèces qui ne sont pas exclusivement propres à la Suède, excepté le *Pecten quinquecostatus*, ont été trouvées ailleurs dans le terrain crétacé supérieur (étage de la craie blanche). C'est donc à cet étage que l'on doit rapporter les couches fossilifères des environs d'Ystad, quoique leur ressemblance pétrographique avec la craie chloritée semble indiquer une origine plus ancienne.

Aux environs de Christianstad, le dépôt crétacé est moins sableux, et renferme des couches puissantes d'un calcaire gris blanchâtre et gris jaunâtre. A Ignaberg, on a ouvert des carrières dans ce calcaire, jusqu'à une profondeur de plus de 30 mètres, sans en atteindre la partie inférieure. Dans cette localité, ainsi qu'à Balsberg, un peu au nord de Christianstad, les couches sont chargées de dépouilles de mollusques, dont les principales espèces, signalées principalement par M. Nilson, sont : *Ammonites Stobei*; *Baculites anceps*; *Belemnites mucronatus*, *B. ventricosus*; *Arca exaltata* N., *A. rhombea* N.; *Pectunculus lens* N.; *Catillus Cuvieri*; *Pecten quinquecostatus*, *P. septemplex*, *P. arcuatus*, *P. multicostratus*, *P. pulchellus*, *P. virgatus*, *P. subaratus*, *P. serratus*, *P. dentatus*, *P. lineatus*; *Lima punctata*, *L. semisulcata*, *L. ovata*, *L. granulata*, *L. elegans*, *L. truncata*, *L. denticulata*, *L. lamellata* N.; *Ostrea arietina*, *O. laciniata*, *O. vesicularis*, *O. hippopodium*, *O. curvirostris*, *O. acutirostris*, *O. lanata*, *O. diluviana*, *O. Frons*, *O. semiplana*, *O. auricularis*, *O. haliotidea*, *O. clavata*, *O. incurva*, *O. flabelli-*

(1) Voir les *Petrificata suecana*. C'est M. Nilson qui a qualifié, comme étant nouvelles, les espèces dont le nom est suivi de la lettre N.

*formis* et *O. plicata*; *Terebratula longirostris*, *T. semiglobosa*, *T. pulchella*, *T. minor* N., *T. rhomboidalis* N., *T. Defranci*, *T. alata*, *T. octoplicata*, *T. pectinata*, *T. triangularis*, *T. costata*; *Crania spinulosa* N., *C. tuberculata* N., *C. nummulus* ou *Brattemburgensis*, *C. striata* ou *Ignabergensis*. On trouve dans les mêmes couches quelques échinides, notamment *Salenia areolata* et *Caratomus peltiformis*. Il y a aussi quelques débris de zoophytes, ainsi : le *Stephanophylla*, ou *Discopsammia suecica*. Parmi les espèces de mollusques citées plus haut, il en est plusieurs que nous avons déjà citées à Köpinge, près d'Ystad; d'ailleurs ces espèces appartiennent presque toutes à l'étage de la craie blanche (étage sénonien de M. A. d'Orbigny), quoique les couches qui les renferment aient plus d'analogie pétrographique avec la craie tufeau.

Cependant les couches arénacées situées à l'Est d'Ystad paraissent être les plus anciennes; celles des environs de Christianstad sont probablement un peu plus modernes, et celles que l'on observe aux alentours de Malmö paraissent être encore plus récentes, du moins à en juger d'après l'aspect pétrographique; c'est seulement dans cette dernière localité que l'on trouve de véritable craie blanche, renfermant des rognons interstratifiés de silex noir et des échinides (*Spatangus* ou *Micraster coranquinum* et *Ananchytes semiglobus*) qui sont souvent silicifiés.

#### Dépôts quaternaires et dépôts modernes.

Pendant la série des périodes secondaires, la Scandinavie était à l'état de continent; seulement, pendant les époques jurassique et crétacée, une petite portion du midi de la Suède s'est trouvée submergée; mais elle a été ensuite exondée, et est restée à l'état de terre ferme pendant la période tertiaire. Toutefois, dans le laps de temps qui a séparé cette période de l'époque actuelle, une grande partie des régions scandinaves a été temporairement submergée; c'est aussi dans l'intervalle des périodes tertiaire et quaternaire qu'ont été formés ces dépôts que l'on est convenu d'appeler erratiques, et dont nous avons donné la description dans des mémoires particuliers. Dans l'opinion d'une partie des géologues, ces dépôts auraient été produits par le concours de courants d'eau et de glaces flottantes; mais d'autres géologues attribuent le principal rôle dans ces phénomènes à des glaces terrestres qui auraient alors couvert toute la Scandinavie et la Finlande, qui auraient servi de véhicules, et auraient buriné ces sulcatures que l'on observe même dans les parties les plus méridionales de ces contrées, jusque sur les côtes et même au-dessous du niveau actuel de la mer.

Sans revenir sur ces questions, je ferai simplement observer que le relief du terrain a subi à cette époque de notables modifications: la surface des inégalités a été comblée, et les matériaux de transport ayant été étendus uniformément par les eaux ont formé un nivellement grossier, et ont produit, même au milieu des régions montagneuses, des plaines unies, à la surface desquelles on voit saillir

quelques monticules couverts de blocs erratiques. Ces causes ont aussi contribué à la configuration de plusieurs lacs de la Suède et surtout de la Finlande. Ces derniers sont généralement allongés du N. N. O. au S. S. E., c'est-à-dire suivant la direction des traînées de débris et des sulcatures qui ont été burinées sur les rochers.

Dans les dépôts de transport qui couvrent la surface de la Scandinavie, on trouve en diverses régions, notamment entre Christiania et Göteborg, ainsi qu'aux environs de Stockholm et d'Upsal, des coquilles semblables à celles qui vivent aujourd'hui dans l'Océan et la Baltique (1), ce qui prouve que ces points ont été plongés sous les eaux de la mer. En outre, on observe, surtout dans les parties basses de la Suède, des collines de sable et de graviers, qui sont allongées en forme de levées ou de digues, et que les Suédois nomment *sandåsar*; les plus remarquables sont indiquées sur ma carte et se voient entre le lac Wenern et la côte de Stockholm à Gefle : là il y en a neuf ou dix qui ont plusieurs myriamètres de longueur, notamment celles qui s'étendent de l'embouchure du fleuve Dal au lac Mälär. Ces traînées ou bancs de sable ont, sans doute, été formées au sein des eaux de la mer; mais c'est principalement dans des couches de vase situées au-dessus ou à la partie supérieure des dépôts de transport que se trouvent les coquilles marines. En outre, aux environs de Christiania, on observe des Serpules encore adhérentes à des roches polies et striées et des coquilles de *Saxicava rugosa* à des hauteurs de 60 et de près de 130 mètres au-dessus du niveau actuel de la mer.

Des traces analogues, telles que d'anciennes plages, des terrasses formées dans les eaux de la mer, et des érosions de falaises, se voient sur beaucoup de points du littoral de la Norwège, à diverses hauteurs, et jusqu'à environ 200 mètres au-dessus du niveau actuel de l'Océan; d'où l'on conclut que dans ces contrées le niveau relatif de la terre et de la mer a éprouvé une série de changements. Il est incontestable qu'à la suite de l'époque erratique, une portion du sol de la Scandinavie se trouvait sous les eaux, et a éprouvé une émergence qui continue encore aujourd'hui pour la côte orientale de la Suède, et une grande partie du littoral de la Finlande.

Je vais ajouter quelques lignes relatives aux dépôts qui sont actuellement en voie de se produire en Scandinavie. Dans un mémoire précédent, j'ai exposé les caractères des moraines, ou accumulations de matériaux pierreux, que forment les glaciers dans les hautes régions du nord de l'Europe, notamment dans le Justedal. Les détritiques que les eaux courantes emportent du pied des glaciers et de

(1) Parmi les coquilles observées au-dessus du niveau actuel de la mer, on cite les espèces suivantes : *Murex despectus*, *M. antiquus*, *Patella fissurella*, *P. mamillaris*, *P. lacustris*, *Pholas crispata*, *Mya truncata*, *Saxicava rugosa*, *Venus exoleta*, *Tellina battus*, *T. triangularis*, *T. planata*, *Littorina littorea*, *Cardium edule*, *Arca rostrata*, *Mytilus edulis*, *Ostrea islandica*; il y a aussi des Scapules et des Balanes.

dessus les montagnes ne tardent pas à se déposer dans les lacs où ces eaux viennent se clarifier ; de façon qu'en arrivant à la mer elles ne retiennent plus que très peu de particules en suspension. C'est donc surtout dans les lacs que s'opère la sédimentation : en même temps le concours de causes organiques et d'actions chimiques produit au sein de ces dépressions des dépôts particuliers. La couche d'eau qui s'y trouve est souvent peu épaisse, et les marais ne sont pas moins nombreux en Scandinavie que les véritables lacs. Les plantes aquatiques qui s'y développent engendrent par leur accumulation de vastes dépôts de tourbe où s'enfouissent des coquilles terrestres et fluviatiles, avec des os des Mammifères du pays environnant. Néanmoins des couches de tourbe un peu plus anciennes renferment des restes de quadrupèdes qui n'habitent plus la contrée ; ainsi dans les tourbières du midi de la Suède on a trouvé des os de Rennes, d'Élans, de Castors, etc. Il se produit, en outre, des dépôts contemporains de minerai de fer : l'oxyde provenant de la dénudation des amas de minerai et de l'oxydation des pyrites se dissout à la faveur des acides produits par la décomposition des matières végétales ; mais bientôt après il se précipite de nouveau à l'état de sous-sel insoluble, à mesure qu'il se suroxyde sous l'influence de l'air ; en se déposant sous forme gélatineuse, il englobe des Conferves et des carapaces d'Infusoires ; puis il se concrétionne, s'endurcit peu à peu, et engendre des dépôts de minerai de fer hydroxydé, composé de plaques et nodules de formes diverses.

Il se produit aussi en quelques points des dépôts de tuf calcaire : ainsi M. Hisinger en a cité un près de Svenstorp, en Scanie, sur la lisière des paroisses d'Ingelsta et d'Herresta. Ce dépôt, qui offre des concrétions stalagmitiques, et où sont enfouies des coquilles d'Hélice, des os de Sanglier et des bois de Cerf, ainsi que des feuilles de Bouleaux et de Saules, se trouve près de la formation crétacée d'Ystad, et il me semble être produit par des sources qui lui ont emprunté du carbonate calcaire. Telle est, sans doute aussi, l'origine d'une couche analogue de tuf calcaire que l'on trouve dans le Jemtland, près d'Odensala, à l'embouchure d'un ruisseau dans le lac d'Östersund ; là existe, comme nous l'avons vu, une formation silurienne contenant des bancs calcaires.

## EXPLICATION DES PLANCHES.

### PLANCHE I (deux feuilles).

CARTE GÉOLOGIQUE ET MÉTALLURGIQUE DE LA SCANDINAVIE, avec vues et coupes géologiques indiquées ci-dessous. Cette carte est à l'échelle de  $\frac{1}{1830000}$  ou de 1 millimètre pour 1830 mètres.

FIG. 1. Coupe géologique du terrain silurien du lac d'Östersund (province du Jemtland, en Suède, à l'échelle de  $\frac{1}{100000}$  pour les hauteurs, et  $\frac{1}{500000}$  pour les longueurs. L'échelle est la même pour les figures 3, 8, 9 et 10.

1. Granite à gros grains, appartenant au terrain primitif.  
S. Dépôt superficiel de sable et graviers, formant le terrain erratique ou diluvien.
  2. Quartzite paraissant former la base du terrain de transition; il a une apparence métamorphique; il est gris-blanc, translucide, subcompacte; en quelques points j'y ai vu intercalés de petits lits de schiste luisant modifié. Il court moyennement au N. N. E., avec forte pente au N. O.
  3. Schiste noir, ampéliteux.
  4. Calcaire gris et gris noirâtre, compacte; aux environs de Skatgård il renferme une multitude de grands Orthocères, ayant jusqu'à 4 décimètre de largeur et 50 centimètres de longueur. Ce calcaire est quelquefois mélangé de schiste ampéliteux.
  5. Quartzite qui repose sur la pierre calcaire précédente, et qui, par conséquent, paraît former une assise différente de celle n° 2.
  6. Schiste argileux gris et gris bleuâtre, dont certaines parties sont fissiles, tégulaires, tandis que d'autres passent à une grauwacke à grains fins.
  7. Calcaire gris, compacte, mélangé de schiste argileux et argilo-calcaire; il est riche en fossiles; on y voit des Orthocères, des Spirifères, des Térébratules, des Cystidées et des Encrines.
  8. Alternance de couches calcaires et de couches de schiste argileux, ordinairement fissile, ardoisier.
  9. Série alternante de couches de schiste argileux fissile et de grauwacke à petits grains, schisteuse.
  10. Grauwacke schisteuse, dont certains bancs sont très quartzeux. La disposition stratigraphique de ces couches offre des variations assez fréquentes; cependant, en général, leur direction ne s'écarte pas beaucoup du méridien.
- δ. Amphibolite.
- G. Gneiss et micachiste formant le commencement du terrain primitif.

FIG. 2. Coupe géologique prise entre Maristuen et Nystuen, sur le Fillefield, en Norwège: elle offre une discordance de stratification entre deux systèmes de schistes azoïques, l'un (*m*) formé de micaschiste et de quartzschiste, l'autre formé de schistes argileux, ampéliteux (*a*), de schistes feuilletés, chloriteux et siliceux (*c*).

FIG. 3. Coupe géologique du terrain silurien du lac Miösen, en Norwège, prise le long de la route de Christiania à Drontheim, par Lillehammer.

1. Schistes gris, luisants, feuilletés, qui forment les environs de Lösness (un peu plus au N. O. ils sont associés à du quartzite); près de ce village, ils courent entre l'O. et l'O. N. O., avec pente de 20 à 40° au N.; ils appartiennent à la formation des schistes semi-cristallins.
2. Couches calcaires formant, à 1 kilomètre environ au S. de Lösness, un rocher assez élevé; c'est un calcaire gris bleuâtre, subcompacte, offrant beaucoup de lames et veinules de spath calcaire; il ne diffère en aucune façon des calcaires siluriens fossilifères, même il m'a semblé y voir des traces de fossiles, mais peu distinctes; les circonstances ne m'ont pas permis de m'arrêter en ce lieu assez longtemps pour m'en assurer d'une manière positive. Ces couches calcaires me paraissent faire partie du terrain silurien du Miösen, et être situées à la limite de ce terrain. Leur stratification est un peu ondulée, peu écartée de l'horizontalité, mais avec un pendage plutôt au N. qu'au S. Ici les caractères stratigraphiques ne seraient pas assez tranchés pour fixer la ligne de démarcation entre les deux terrains; c'est surtout sur des différences pétrographiques que je me fonde. Les roches situées au S. de Lösness sont beaucoup moins cristallines, renferment des masses de pierre calcaire compacte et de grauwacke à grains moyens et à gros grains, qu'il est impossible de distinguer des roches siluriennes. A ces roches calcaires sont associés des lits de schiste argileux d'un gris bleuâtre, foncé.
3. Longue série de couches calcaires, d'un gris foncé, un peu schisteuses, offrant une multitude

d'amandes ou noyaux ovoïdes, gros comme des pois; la structure en est généralement lamelleuse (1). Ces couches forment sur la rive gauche du Lougen plusieurs monticules de formes arrondies.

4. Schiste argileux d'un gris bleuâtre, parfois mélangé de lits ou de parties calcaires; il court d'abord entre l'E. 5° N. et l'E., avec pente de 15 à 25° au N.
5. Couches de grauwacke et de schiste, mélangées en divers points de lames calcaires; la grauwacke renferme, en général, beaucoup de grains de quartz gris, qui sont parfois assez gros; alors elle se rapproche du poudingue; ailleurs elle passe à un grès, qui est ordinairement un peu schisteux. La direction de ces couches oscille de l'O. à l'O. 20° N., et leur pente varie de 0° à 35° et 40° au N. — Ces couches se prolongent jusqu'à la ville de Lillehammer, chef-lieu du Hedemark; mais, aux alentours de cette ville, l'inclinaison est plus considérable que dans les parties situées plus au nord.
6. Assise épaisse de grès quartzeux, accompagné d'un peu de schiste et de grauwacke schisteuse; la direction est généralement comprise entre l'O. et l'O. 15 à 20° N.; souvent les couches sont verticales, et leur pendage, qui a lieu au N. E., est habituellement supérieur à 45 degrés.
7. Grauwacke schisteuse, à grains fins, grauwacke à grains moyens, et schiste argileux en couches alternantes.
8. Couches de poudingue passant au conglomérat, formées principalement de galets de quartz, dont la largeur varie de quelques centimètres à 2 et 3 décimètres. — Ce poudingue offre une succession de bancs de gros galets et de bancs formés de petits noyaux, passant à un grès à gros grains; ils sont aussi mélangés de couches de schiste argileux d'un gris foncé, gris noirâtre, et de grauwacke quartzeuse. Comme précédemment, la pente est encore vers le N. de 55 à 70°; la direction est un peu changeante, mais ordinairement comprise entre l'O. et le N. O. Ces couches se prolongent jusqu'à peu de distance au N. du bourg de Ringsager.
9. Schiste argileux dont la direction est un peu variable, et qui plonge au N. de 60 à 90°.
10. Alternance de calcaire fossilifère, de schiste argileux et de grauwacke, d'un gris foncé, gris noirâtre. Ces couches offrent des directions peu régulières, mais continuent à plonger au N.
11. Couches alternantes de grès quartzeux, de grauwacke et de schiste, à stratification variable.
12. Couches calcaires fossilifères, associées à du schiste argileux et à de la grauwacke schisteuse; ces roches offrent des directions qui diffèrent sensiblement de celles observées aux environs et au N. de Lillehammer, car elles sont habituellement comprises entre l'E. 10 et l'E. 30° N.; mais l'inclinaison continue à être généralement vers le nord; cependant, près du relai de Frogner, la pente est de 70 à 75° au sud; en d'autres points, elle est presque verticale. — Ces couches calcaréo-schisteuses, que je considère comme situées à la base du terrain silurien de cette région, se prolongent depuis les environs de Bærke jusque auprès de Nökleyby, où cesse le terrain silurien, qui est remplacé par du gneiss. Le contact des deux sortes de formations n'est plus ici visible, car en cette partie les affleurements sont cachés par le dépôt de sable diluvien (s).
13. C'est presque immédiatement au S. du relai de Nökleyby que l'on voit affleurer du gneiss, dont les feuilletés presque verticaux courent d'abord à l'E. 8° N., puis à l'O. 30 à 35° N. Il est accompagné de granite, dans lequel on distingue des cristaux d'oligoclase.

FIG. 4. Vue de la montagne de Luppjovara, en Laponie, sur la rive droite du fleuve Torneå; elle est formée de granite à gros grains, et elle offre la structure en gradins comme les roches de trapp.

FIG. 5. Coupe verticale de la mine de fer de Silböle située aux environs d'Helsingfors, en Finlande.

FIG. 6. Coupe horizontale de la même mine. — Ces deux coupes montrent les relations de contact

(1) Il est possible que la structure amygdaline de ces calcaires soit due à des débris organiques, de même que dans le marbre campan des Pyrénées.

du gneiss, du granite à gros grains et du fer oxydulé, qui est ici associé à des roches amphiboliques.

FIG. 7. Coupe géologique du terrain silurien des environs de Brévig (Norwège méridionale), à l'échelle de  $\frac{1}{50000}$  pour les hauteurs et  $\frac{1}{20000}$  pour les longueurs.

1. Gneiss quartzeux et peu micacé, intimement mélangé de granite gris, tirant sur le rouge clair, dont l'aspect est souvent subpétrosiliceux. — Le gneiss court à l'E. N. E., avec pente de 70 à 80° au S. E.
2. Roche dioritique, formant un banc épais de 4 à 5 mètres, placé à la séparation du terrain primitif et du terrain silurien; elle offre un mélange de lamelles d'hornblende d'un noir verdâtre, et de lamelles feldspathiques très allongées et entrecroisées, qui paraissent formées d'albite: elles sont concentrées autour de certains points, où elles forment des espèces de rosaces, à structure radiée.
3. Quartzite formant la base du terrain silurien, et reposant, à stratification évidemment transgressive, sur le terrain primitif, car il court à peu près du N. N. O. au S. S. E., et incline seulement de 8 à 10° vers l'E. Ce quartzite, qui forme une assise épaisse de 12 à 15 mètres, est à grains très fins et très serrés, à cassure inégale, subesquilleuse; il se divise en couches régulières, de 20 à 50 centimètres d'épaisseur, et diffère tout à fait par ses caractères du grès d'Holmestrand, qui paraît correspondre au vieux grès rouge.
4. Schiste ampéliteux et alunifère, d'un noir foncé, très schisteux en certaines parties, présentant ailleurs une cassure conchoïde; il forme une assise épaisse d'environ 8 mètres. On y voit une assez grande quantité de pyrite de fer en rognons, en veinules et en plaques interstratifiées. C'est cette assise schisteuse qui renferme des Trilobites appartenant au genre *Olenus*. On y trouve, d'ailleurs, principalement vers sa partie inférieure, des lits peu épais de calcaire noir, à petites lamelles, ainsi que des veines et rognons de spath calcaire noir, à très grandes lames (anthraconite).
5. Série de couches argileuses, argilo-quartzeuses et argilo-calcaires, ordinairement d'un gris foncé, quelquefois noires: ces couches sont compactes, à cassure inégale, douées d'une schistosité faible et souvent nulle. Dans la partie supérieure, il y a des plaques et lentilles de quartz grenu, gris blanchâtre, et des rognons consistant en un mélange de parties argileuses, quartzeuses et calcaires. Les couches les plus élevées alternent avec des bancs de calcaire grenu, gris-clair, et vert pomme, très siliceux et qui, dans certaines parties, offre une masse de grenats allochroïtes, à l'état rudimentaire, colorés en vert par de l'oxyde de chrome. Quelques-unes de ces couches calcaires contiennent des Eucrinites.
6. Formation calcaire épaisse d'environ 70 à 80 mètres. A sa base, elle offre, comme nous venons de le voir, un passage et une alternance avec les couches de la formation argilo-quartzeuse et argilo-calcaire sous-jacente. L'assise calcaire inférieure, épaisse de 12 à 15 mètres, est exploitée à Troswig pour la fabrication de la chaux; elle présente des couches noires, dont la texture varie de l'état compacte ou grenu à l'état lamelleux. On y observe une intercalation de quelques lits argileux très minces, bruns ou d'un gris foncé. Au-dessus s'étend une succession de couches calcaires, de couches argileuses, compactes et de couches siliceuses; d'ailleurs la pierre calcaire de cette assise est fortement modifiée; elle est en général très siliceuse ou grenatifère, chargée de grenats verts (allochroïte): elle serait impropre à la fabrication de la chaux. C'est sur ce terrain qu'est bâtie la petite ville de Brévig.
7. Syénite zirconieune à grandes parties, formant plusieurs îles aux environs de Brévig, et constituant le côté oriental du golfe. C'est évidemment à l'influence de cette roche qu'est due l'action métamorphique éprouvée par la formation calcaire, qui se trouve du côté opposé.

FIG. 8. Coupe géologique s'étendant de la vallée du Gruvedal (au midi de Drontheim, sur le Dovrefield) jusqu'à Løsness, dans la vallée du Lougen (Norwège).

1. Gneiss dont sont formés les flancs de la vallée du Gruvedal, à sa jonction avec celle du Repdal; il court entre le N. et le N. E., avec pente de 15 à 50° au N. O.
2. Gneiss porphyroïde, contenant une grande quantité de noyaux formés d'un mélange de feldspath et de quartz; il court entre le N. 10 et 30° E., avec pente de 60° au N. O.
3. Gneiss accompagné de micaschiste et de schiste amphibolique; il court entre le N. et le N. N. O., avec forte pente à l'O.; il s'y trouve un dépôt de minerai de cuivre pyriteux.
4. Schiste micacé, amphibolique et grenatifère (avec grenats d'un rouge brun), en couches subordonnées au gneiss, et imprégnées de pyrite cuivreuse, de cuivre panaché et de pyrite magnétique. Ce minerai de cuivre était exploité lorsque j'ai visité la vallée du Gruvedal (en 1845). La direction générale est au N. N. E., et l'inclinaison est presque verticale.
5. Gneiss accompagné de schiste micacé et de schiste amphibolique; il court d'abord entre le N. et le N. N. O., puis la direction se rapproche du N. N. E.; il plonge de 50 à 60° à l'est.
6. Mêmes schistes cristallins, formant le pied de l'escarpement qui termine la vallée du Gruvedal; ils courent à l'E. N. E., avec pente de 60° au S. E.
7. Gneiss porphyroïde, contenant des noyaux quartzo-feldspathiques larges de 2 à 3 centimètres; il court au N. E., avec pente de 60° au S. E. Un peu plus loin, sur le haut de l'escarpement terminal, la direction du gneiss varie entre le N. N. O. et l'O. N. O., et le pendage est de 60° à 70° au N. E.
8. Gneiss porphyroïde, analogue au précédent, avec des noyaux de la grosseur d'un œuf; sa direction moyenne est d'abord au N. N. E., puis elle varie entre le N. N. E. et le N. E., avec pente au S. E., généralement peu considérable.
9. Gneiss formant, du côté nord et nord-ouest, le pied du massif du Sneehättan; sa direction est généralement comprise entre l'E. et le N. E.; sa pente varie de 30° à 90°; elle est presque toujours au S. E., rarement au N. O.
10. Gneiss très quartzeux, formant la cime du Sneehättan, qui est recouverte, dans une grande partie de sa surface, d'un manteau de neige; la direction des couches est ondulée, comprise entre l'E. et l'E. 30° N.; elles paraissent être fortement inclinées des deux côtés de la verticale.
11. Gneiss s'étendant à l'E. et au S. E. du Sneehättan; sa direction varie entre l'E. et le N. E.; sa pente est au S. E., en général assez forte.
12. Schistes cristallins, intermédiaires entre le gneiss et le micaschiste. On y voit des bancs très quartzeux, passant au quartzite schisteux et d'autres porphyroïdes, chargés de noyaux quartzo-feldspathiques. La direction est à peu près la même que tout à l'heure, mais la pente devient plus forte.
13. Schistes gris, feuilletés, micacés, s'appuyant à stratification concordante sur les schistes n° 12; ils courent, en général, à l'E. N. E., avec pente au S. E. Leur inclinaison est un peu considérable à l'approche de la masse plutonique de Fogstuen.
14. Roche syénito-granitique, passant de la syénite au granite ordinaire; elle est, en général, à petits grains, offre un mélange de grains de quartz et de lamelles feldspathiques, qui paraissent formées principalement d'oligoclase, ou d'albite, avec des lames ou fibres d'hornblende verdâtre, et avec du mica brun et verdâtre.
15. Schiste feuilleté, analogue au n° 13, en couches presque verticales, dont la direction varie de l'E. 10° N. à l'E. 30° N.
16. Schiste micacé gris, gris verdâtre et gris jaunâtre, très brillant, à petits fenillets, courant entre l'E. 20 et 30° N., avec pente au N. O. Un peu au S. E. d'ici, sur le flanc droit de la vallée du Lougen, le micaschiste contient quelques grains feldspathiques, et se rapproche ainsi du gneiss.
17. Schiste micacé, semblable au n° 16, très ondulé, continuant à plonger à l'O.
18. Schiste micacé, poudingiforme, contenant une multitude de noyaux de diverses grosseurs,

- dont beaucoup ont l'apparence de cailloux roulés ; ils sont formés de granite ou pegmatite, de gneiss et de quartz blanc. La stratification paraît être peu régulière, très ondulée.
19. Schiste feuilleté, micacé et chloriteux, d'un gris verdâtre, variant en direction du N. 10 O . au N. O., et plongeant en général au N. E.
  20. Assise épaisse de quartzite schisteux, formant les flancs de la vallée du Lougen-Elv, depuis Lauergaard jusqu'au point où vient y déboucher le torrent dit *Ulen-Elv* ; sa direction est un peu variable, mais habituellement voisine de l'O. N. O. ou du N. O. La pente est au N. E., près de Lauergaard, puis elle passe au S. O.
  21. Schiste gris et gris bleuâtre, luisant, feuilleté, passant du schiste argileux au micaschiste ; il est dirigé de même que le quartzite n° 20, auquel il est superposé. Il plonge d'abord au S. O., puis au N. E. (près de Solheim et au delà).
  22. Puissante série de couches de quartzite, fréquemment un peu schisteux : il renferme très souvent de petits feuilletés verts, chloriteux, ainsi que des lits de schiste feuilleté et des couches de pierre ollaire ; j'y ai aussi observé des bancs calcaires subordonnés, à 3 ou 4 kilomètres au S. de Solheim ; la direction des couches varie, en général, du N. N. O. au N. O., avec pente de 20 à 60° au N. E.
  23. Assise de schiste luisant, feuilleté, se rapprochant du schiste chloriteux et du schiste micacé. Près de Froen, c'est un schiste tégulaire, qui peut être employé comme ardoise ; la stratification est comme dans le numéro précédent.
  24. Quartzite analogue au n° 22, contenant quelques couches subordonnées de schiste luisant, feuilleté ; sa direction est ordinairement comprise entre l'O. et l'O. 40° N. ; pente de 20 à 45° au N. E.
  25. Couches alternantes de quartzite et de schiste, stratifiées comme le n° 24.
  26. Assise de schiste gris bleuâtre, luisant, feuilleté, ressemblant à du schiste argileux, modifié ; sa direction varie entre le N. N. O. et l'O. ; la pente est de 25 à 35° au N. E. et au N.
  27. Schiste gris, très fissile, tégulaire, semblable à de véritable schiste ardoisier ; il court entre l'O. et l'O. N. O. ; pente de 25 à 35° au N.
  28. Assise puissante de quartzite, accompagné de schiste gris, feuilleté ; même direction générale que pour le n° 26 ; pente de 25 à 50° au N.
  29. Schistes gris, luisants, présentant de larges feuilletés contournés ; les couches sont un peu ondulées, plongent de 20 à 40° au N.
  30. Assise puissante de couches calcaires, appartenant au terrain silurien du Hedemark. (Voir la coupe de ce terrain.)

FIG. 9. Coupe géologique s'étendant de Stordalen à Drontheim (Norwège).

1. Schiste argileux gris bleuâtre, formant les collines situées au N. de Stordalen, et contenant des couches de calcaire compacte et subschisteux, en stratification ondulée.
2. Conglomérat formé principalement de cailloux de roches granitiques, de schiste micacé et de schiste feuilleté.
3. Schiste argileux gris bleuâtre, un peu luisant, souvent plissé, incliné de 0 à 50° au S. O. et à l'O., parfois ondulé autour de l'horizon.
4. Même schiste que le n° 3, associé à du poudingue analogue au n° 2, qui contient, outre les cailloux roulés granitiques, des galets calcaires et quartzeux ; la pente est à l'O. N. O.
5. Couches alternantes de schiste argileux et de calcaire gris, compacte et à petites lames ; la direction est généralement comprise entre le N. et le N. N. E. ; la pente est très ondulée.
6. Succession de couches de poudingue analogue au précédent, de couches calcaires, de schiste argileux et de grès quartzo-schisteux, avec pente à l'O.
7. Schiste argileux, un peu luisant, gris, gris verdâtre et gris bleuâtre, en couches ondulées, courant entre le N. et le N. N. E., plongeant d'abord à l'O., puis à l'E.

8. Schiste gris, luisant, feuilleté, contenant en certains points des feuillets de mica noir, et passa ainsi au schiste micacé; pente variable, généralement à l'E.
- Y. Roche granitique, à grains moyens, très quartzeuse, parfois à structure veinée, à surface moutonnée, arrondie et striée par les agents erratiques. — On voit dans le granite et dans les schistes situés aux alentours de Drontheim de l'amphibolite lamelleuse, verdâtre (*d*); parfois elle est traversée en divers sens par des skölar de chlorite verdâtre; j'y ai remarqué aussi un filon de granite épais de 10 à 15 centimètres.

FIG. 10. Coupe géologique s'étendant du lac d'Östersund à Værdalsören, dans le fiord de Drontheim (Norwége).

- S. Schiste argileux et grauwacke quartzeuse, à petits grains, en couches ondulées, dont la direction varie entre le N. et l'O. N. O., et dont le pendage est faible et ondulé; à l'ouest du lac Liten il est plus généralement vers l'O. que vers l'E.
- D. Amphibolite lamelleuse, verdâtre.
1. Gneiss à grains moyens, gris blanc, accompagné de micaschiste, courant moyennement au N. N. E., avec pente de 45° au N. O.
  2. Couches alternantes et ondulées de gneiss à petits grains, très quartzeux, de micaschiste gris, de schiste amphibolique verdâtre, avec du calcaire lamelleux et micacé, gris blanc.
  3. Schiste micacé gris, et schiste amphibolique, plongeant de 30 à 40° à l'E.
  4. Dépôt de sable diluvien, qui cache tout affleurement à l'est de Forssa.
  5. Schiste gris, luisant, subfeuilleté, ressemblant à du schiste argileux modifié; il est évidemment très différent des schistes cristallins qui forment la montagne d'Åreskutan, et qui se rattachent à la formation gneissique; la séparation se trouve un peu à l'est de Forssa; les schistes feuilletés inclinent vers l'ouest.
  6. Schistes feuilletés, verdâtres, dans la pâte desquels sont disséminés çà et là des feuillets de mica noir; ils courent au N. 5° E., avec pente à l'O.
  7. Schiste micacé, accompagné de calcaire gris lamelleux, = N. 19° O.
  8. Schistes cristallins, en partie compactes, en partie feuilletés et micacés, dirigés au N. quelques degrés E; pente de 10 à 25° à l'O.
  10. Dépôt sablo-graveleux, diluvien.
  11. Schiste semblable au n° 9, = N. 30 à 40° E.; pente de 25° au N. O.
  12. Dépôt diluvien, sablo-graveleux.
  13. Succession de schistes gris, gris verdâtres et gris noirâtres, feuilletés, passant du schiste argileux modifié au schiste chloriteux et au schiste micacé; leur direction est variable, mais généralement comprise entre le N. et le N. E., avec pente de 30 à 55° au N. O.; ces mêmes couches s'étendent sur la plate-forme, à surface ondulée, qui sépare la Suède de la Norwége.
  14. Schistes gris, feuilletés; ils contiennent des couches noires, ampéliteuses, un peu à l'est du relai de Suhl. (Même disposition que précédemment.)
  15. Schistes gris et gris verdâtres, feuilletés, micacés, contenant des bancs de quartzite schisteux, et traversés par des veines de granite à gros grains; ils courent entre le N. et le N. N. E., avec pente de 50 à 80° à l'E. et à l'O.
  16. Schistes gris, quartzeux, passant à la grauwacke quartzo-schisteuse, = N. 15° E.; pente à l'E.
  17. Schistes gris verdâtres, subfeuilletés, plongeant de 45 à 60° à l'E.
  18. Série épaisse de couches ondulées de calcaire gris et gris bleuâtre, compacte et schisteux, associé à du schiste argileux gris foncé, peu cristallin, seulement un peu luisant et légèrement feuilleté.
  19. Dépôt argilo-sableux formant des terrasses dans la petite plaine où se trouve l'embouchure de la rivière de Suhl ou d'Indal dans la mer.

- FIG. 11. Coupe prise dans la mine de Pitkäranta, sur le côté nord-est du lac Ladoga, en Finlande ; elle présente une masse de granite à gros grains (*Y*), se ramifiant au milieu d'une roche dioritique, stannifère et cuprifère (*d*), au sein de laquelle sont parsemés des nodules de spathocalcaire (*K*).
- FIG. 12. Vue géologique prise dans la vallée de Justedal (Norwège), à 6 ou 7 kilomètres en aval du village de Justedal ; elle présente un plexus de filons de granites, à gros grains, qui traversent une masse de granite ancien, à grains moyens.
- FIG. 13. Vue géologique prise entre Kahra et Olkola, en Finlande ; elle présente des filons de granite rose, à gros grains, qui traversent une masse de granite ancien, gris noir, à grains moyens. La partie centrale du filon le plus épais est à grains fins.
- FIG. 14. Vue géologique prise auprès de Karayaluoto, en Finlande ; elle présente un filon stelli-forme de granite à gros grains, interposé au milieu du granite ancien, à grains moyens et à texture veinée.
- FIG. 15. Vue géologique prise un peu au nord-est des mines de cuivre et d'étain de Pitkäranta, sur le côté nord-est du lac Ladoga, en Finlande ; elle présente un filon de granite à gros grains, dont la partie médiane est formée de quartz hyalin laiteux, et qui traverse une masse de gneiss et de granite ancien, à petits grains.
- FIG. 16. Vue géologique prise entre Kafvaböle et Helsinge, en Finlande ; elle présente des lits contournés de gneiss, entre lesquels se sont injectées des veines de granite à gros grains.
- FIG. 17. Vue géologique prise entre Kafvaböle et Helsinge, en Finlande ; elle présente des couches et lambeaux de gneiss interposés dans le granite à gros grains, et en même temps des veines et nodules granitiques, situés au milieu du gneiss.
- FIG. 18. Vue géologique prise auprès d'Abbors, en Finlande ; elle présente des filons de granite à gros grains (*Y*) interposés dans le gneiss (*G*).
- FIG. 19. Coupe verticale d'un monticule de gneiss et de granite prise entre Kuttila et Lappayärvi, en Finlande.
- FIG. 20. Coupe verticale prise entre Nuchars et Kafvaböle, en Finlande ; elle présente un monticule de gneiss grenatifère et de granite à gros grains, dont la surface est arrondie et polie par les agents erratiques.
- FIG. 21. Plan géologique des îles Passa-Saari et Kanda-Saari, dans la partie nord-est du lac Ladoga, en Finlande. On y voit un monticule de granite ancien, en forme de dôme, qui a soulevé des couches alternantes de roches cristallino-schisteuses, schiste micacé, schiste amphibolique, calcaire cristallin et graphite. Ces couches sont disposées en forme d'enveloppes concentriques autour du dôme granitique.
- FIG. 22. Coupe verticale de l'île Passa-Saari.
- FIG. 23. Plan géologique de la partie méridionale de la montagne de Haukaselka, située sur le côté nord-est du lac Ladoga, en Finlande : il présente une masse de granite à gros grains, qui s'est injecté au milieu de couches de schiste micacé (*M*), de schiste amphibolique (*A*) et de mica-schiste (*MCA*), contenant des veines interstratifiées de calcaire lamelleux, avec trémolite.
- FIG. 24 et 25. Coupes et projections verticales de ladite montagne de Haukaselka.
- FIG. 26. Coupe verticale de la carrière d'Oppivara, sur le côté nord-est du lac Ladoga, en Finlande ; elle présente des veines de fer oxydulé et de serpentine interposées au milieu de couches d'un calcaire cristallin : au contact de ces veines on trouve de l'idocrase et plusieurs autres minéraux.

## PLANCHE II.

## COUPES GÉOLOGIQUES ET OROGRAPHIQUES DE LA SCANDINAVIE.

FIG. 1 et 2. Coupe géologique et orographique de la Scandinavie, s'étendant de Bogstad, au fond du Dalsfiord (côte de Norwége sous  $61^{\circ} 15'$  de latitude), au littoral d'Huddikswall, dans le golfe de Botnie, sous  $61^{\circ} 42'$  de latitude. — Dans cette coupe et dans la suivante, l'échelle des longueurs est d'un millionième et l'échelle des hauteurs est double; celles-ci sont comptées à partir de la ligne horizontale qui représente le niveau de la mer. La coupe (fig. 1 et 2) passe par le plateau du Justedal, l'un des plus élevés de la Norwége, et par les plus hautes sommités du nord de l'Europe (les Skagstölstinden, Galdhøpiggen, Glittertinden et Nautgardstinden). On voit qu'il y a, pour ainsi dire, trois zones de faîtes, séparées par des dépressions : 1° la zone du Justedal, consistant en gneiss; 2° celle des Galdhøpiggen, formée de syénite; 3° celle de Herjehägna, composée de grès paléozoïque. Celle-ci forme la séparation entre la Norwége et la Suède, et, à partir de celle-ci, le sol présente un plan incliné vers le golfe de Botnie.

FIG. 3 et 4. Coupe orographique et géologique de la Scandinavie, s'étendant de l'île d'Hareiland, à l'entrée du Storfiord (côte de Norwége, sous  $62^{\circ} 20'$  de latitude), à la plaine littorale située un peu au midi de Sundswall, dans le golfe de Botnie, sous  $62^{\circ}$  de latitude. — Cette coupe traverse, comme la précédente, trois zones de faîtes : celle de Bröste, dans le Langfield, celle du Sneehättan, sur le Dovrefield, consistant en gneiss, comme la première, et celle de Svukufield, composée de schistes feuilletés, semi-cristallins; cette dernière forme le prolongement de celle de Herjehägna, et est limitrophe entre la Norwége et la Suède.



# TABLE DES MATIÈRES

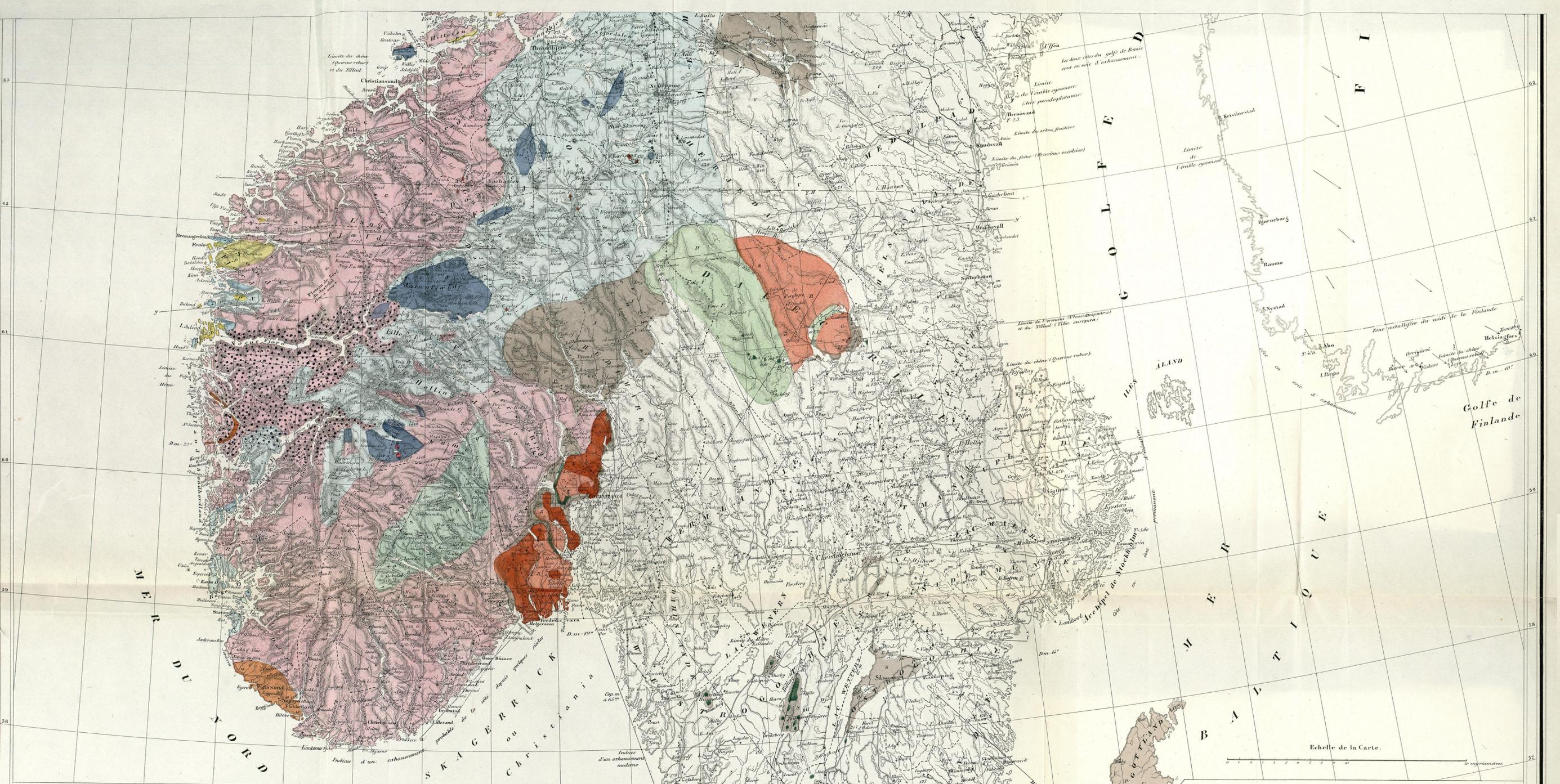
## CONTENUES DANS CE MÉMOIRE.

|  |            |
|--|------------|
| Introduction : Objet et plan du mémoire, note historique. . . . .  | 1          |
| DESCRIPTION OROGRAPHIQUE. . . . .  | <i>ib.</i> |
| Configuration orographique de la Finlande, de la Suède et de la Norwége. . . . .                                   | 4          |
| Caractères propres aux montagnes de la Scandinavie . . . . .   | 7          |
| Division en deux groupes des montagnes de la Norwége et de la Suède occidentale. . . . .                           | 8          |
| Groupe de pics de l'Iötunfield. Montagnes situées au midi. . . . .   | 9          |
| Montagnes situées à l'est et au nord de l'Iötunfield. . . . .  | 12         |
| Configuration orographique du Dovrefield. Fausses idées des géographes. . . . .                                    | 13         |
| Montagnes du groupe septentrional, formant la zone limitrophe suédo-norwégienne. . . . .                           | 18         |
| Comparaison avec les montagnes du groupe méridional. . . . .   | 20         |
| Prolongements des montagnes de la presqu'île scandinave. . . . .   | 23         |
| Multiplicité des lacs et des marais en Scandinavie. . . . .  | 26         |
| DESCRIPTION GÉOLOGIQUE. . . . .  | <i>ib.</i> |
| Classement des terrains de la Scandinavie en cinq groupes. . . . .   | 28         |
| Groupe des schistes cristallins ou terrains primitifs. . . . .   | 29         |
| Description pétrographique du gneiss primitif. . . . .   | 30         |
| Roches cristallino-schisteuses qui en dérivent et minéraux y contenus. . . . .                                     | 31         |
| Roches cristallino-calcaires de la Scandinavie et minéraux y contenus. . . . .                                     | 33         |
| Bandes calcaires d'Åker, du golfe de Nyköping. . . . .   | 34         |
| Masses calcaires dans le terrain primitif de la Norwége. . . . .   | 36         |
| Masses calcaires de la Finlande riches en minéraux. . . . .  | 37         |
| Roches cristallino-schisteuses au N. E. du lac Ladoga. . . . .   | 38         |
| Origine probable du gneiss de la Scandinavie. . . . .  | 40         |
| Minéraux métalliques contenus dans ce gneiss. . . . .  | 41         |
| Ordre de succession des roches constituantes. Puissance du terrain primitif. . . . .                               | 42         |
| Directions dominantes et inclinaisons des roches primitives dans les diverses régions du nord de l'Europe. . . . . | 42         |
| Caractères des roches offrant un mélange de granite et de gneiss. . . . .  | 46         |
| Deux espèces de granite contenues dans le terrain gneissique de la Scandinavie. . . . .                            | 47         |
| Relation de contact de ces deux granites, leur âge. . . . .  | 49         |
| Rapakivi ou granite pourri des Finlandais. . . . .   | 50         |
| Observations sur le développement du granite à gros grains. . . . .  | 51         |
| Roches amphiboliques et syénites dans les terrains primitifs. . . . .  | 51         |
| Roches amphiboliques et diallagifères du Sognefjord et des environs de Bergen. . . . .                             | 54         |
| Roches nommées <i>norite</i> par Esmarck. Leurs gisements. . . . .   | 55         |
| GRUPE DES SCHISTES SEMI-CRISTALLINS. . . . .   | 58         |
| Existence de plusieurs étages ; leur composition générale. . . . .   | 59         |
| Comparaison avec les roches paléozoïques. Origine de l'aspect cristallin. . . . .                                  | 60         |

|  |     |
|--|-----|
| Relations de contact des schistes semi-cristallins et du terrain gneissique. . . . .   | 61  |
| Disposition géographique des dépôts de schistes semi-cristallins. . . . .  | 62  |
| Formation de quartzite, avec schistes semi-cristallins, du Nummedal et du haut Tellemark. . . . .  | 63  |
| Pétrographie, stratigraphie de cette formation, et gîtes métallifères. . . . .   | 64  |
| Formations quartzo-schisteuses de la Scandinavie centrale. . . . .   | 68  |
| Configuration topographique et orographique de ces formations. . . . .   | 69  |
| Constitution géologique du Jemtland. . . . .   | 70  |
| Terrain semi-cristallin entre la région d'Åreskutan et le golfe de Drontheim. . . . .  | 71  |
| Roches calcaréo-poudingifères sur le littoral. . . . .   | 74  |
| Contrée de Røraas et région limitrophe de la Suède. . . . .  | 77  |
| Étendue et disposition des roches schisteuses sur le Dovrefield. . . . .   | 80  |
| Schistes argilo-feuilletés, syénites, micaschiste-poudingiforme. . . . .   | 82  |
| Assises de quartzite et de schistes feuilletés du Guldbrandsdal. . . . .   | 86  |
| Roches semi-cristallines du Fillefield et du Valders. . . . .  | 88  |
| Exemples de superposition concordante des schistes semi-cristallins par rapport au gneiss. . . . .   | 90  |
| Exemples de superposition transgressive. . . . .   | 92  |
| Schistes semi-cristallins dans le sud-ouest de la Norwège. . . . .   | 94  |
| Dépôts de grès et conglomérat entre le Sognefiord et la côte de Drontheim. . . . .   | 95  |
| Formations calcaires, quartzo-schisteuses et poudingifères du Finmark septentrional et de la Laponie centrale. . . . .   | 98  |
| Disposition remarquable des roches de l'Altenfiord. . . . .  | 102 |
| Constitution géologique de l'intérieur de la Laponie. . . . .  | 104 |
| Roches cristallino-schisteuses bordant à l'ouest le terrain quartzo-schisteux du Finmark. . . . .  | 108 |
| Roches diallagiques de la Norwège septentrionale. . . . .  | 110 |
| Remarques générales sur les formations quartzo-schisteuses et poudingifères du Finmark. . . . .  | 111 |
| Formations quartzzeuses et calcaréo-schisteuses des environs de Tornéå. . . . .  | 113 |
| ÉTUDE DES DISLOCATIONS DES TERRAINS AZOÏQUES. . . . .  | 115 |
| Multiplicité des directions des roches schisteuses et des accidents orographiques. . . . .   | 115 |
| Directions du terrain gneissique d'Arendal, de Kongsberg. . . . .  | 117 |
| Directions des schistes cristallins et des gîtes de minerais de fer de la Suède centrale et orientale. . . . .   | 122 |
| Directions du terrain gneissique de la Sudermanie et de l'Ostrogothie. . . . .   | 126 |
| Directions du terrain gneissique de la Laponie méridionale et de la Finlande. . . . .  | 129 |
| Directions du terrain gneissique du S. O. de la Suède et du S. E. de la Norwège. . . . .   | 130 |
| Direction du terrain gneissique de la région d'Åreskutan. . . . .  | 131 |
| Directions des schistes semi-cristallins du Jemtland, du Herjedal et du territoire norvégien adjacent. . . . .   | 133 |
| Zone calcaréo-schisteuse et poudingifère de la province de Drontheim. . . . .  | 134 |
| Directions du gneiss du Dovrefield et du Romsdal. . . . .  | 135 |
| Directions des schistes semi-cristallins du Dovrefield oriental. . . . .   | 136 |
| Directions du gneiss du Langfield et du Justedal. . . . .  | 137 |
| Directions du gneiss des montagnes adjacentes au Sognefiord. . . . .   | 138 |
| Directions des roches quartzo-schisteuses du Guldbrandsdal. . . . .  | 139 |
| Détermination précise des directions des nouveaux systèmes de dislocations. . . . .  | 141 |
| Développement relatif des divers systèmes. . . . .   | 144 |
| Leur influence relative dans la formation des rides du sol de la Scandinavie. . . . .  | 147 |
| Leurs traces dans les diverses régions de la Norwège, dans le Finmark, la Laponie septentrionale, le Nordland, le S.-O. de la Norwège, le Nummedal et le haut Tellemark. . . . . | 149 |
| Âges relatifs de ces divers systèmes. . . . .  | 152 |

|   |     |
|---|-----|
| TERRAINS PALÉOZOÏQUES DE LA SCANDINAVIE. . . . .  | 154 |
| Distribution géographique des dépôts paléozoïques de la Scandinavie. . . . .                                  | 154 |
| Région paléozoïque des environs de Christiania ; sa configuration. . . . .                                    | 157 |
| Position transgressive des couches siluriennes au-dessus du gneiss. . . . .                                   | 159 |
| Pétrographie et stratigraphie des terrains silurien et dévonien. . . . .                                      | 159 |
| Granite amphibolique et zirconifère. . . . .  | 164 |
| Porphyre rhombique et porphyre pyroxénique . . . . .  | 166 |
| Roches euritiques. — Roches dioritiques. . . . .  | 170 |
| Dislocations éprouvées par les dépôts paléozoïques du bassin de Christiania. . . . .                          | 172 |
| Considérations générales sur ces formations. . . . .  | 174 |
| Terrain silurien du lac Miösen ou du Hedemark. . . . .  | 176 |
| Dépôts paléozoïques de la Dalécarlie et de la partie adjacente du Hedemark. — Roches<br>porphyriques. . . . . | 180 |
| Terrain silurien du Jemtland. . . . .   | 183 |
| Dépôts siluriens du midi de la Suède. Caractères pétrographiques et stratigraphiques. . . . .                 | 185 |
| Dislocations qu'ils ont subies. . . . .   | 188 |
| DÉPÔTS JURASSIQUES ET CRÉTACÉS DU MIDI DE LA SUÈDE. . . . .   | 190 |
| COUP D'ŒIL SUR LES DÉPÔTS QUATÉRNAIRES ET LES DÉPÔTS MODERNES. . . . .  | 194 |
| EXPLICATION DES PLANCHES. . . . .   | 196 |

FIN DE LA TABLE.



**CARTE**  
**GÉOLOGIQUE et MÉTALLURGIQUE**  
 de la  
**SCANDINAVIE**

dressée par **J. DUROCHER**  
 d'après les indications fournies par les Cartes  
 de  
**MM. HISINGER et KEILHAU**  
 conjointement  
 avec les observations de l'auteur  
 1855.

Suite de la légende explicative.

L'indication: Rond. à 305 m (près Nausthøien), en Pise à 230 m ± exprime que la Dentonax (Betta alba) atteint de croquer à une altitude de 305 mètres, la Pise (Pine sylvestris) à 230 mètres, et...

L'indication: Limite du Chêne, de Pin ± fait connaître le degré de latitude au quel disparaissent le Chêne, le Pin.

L'indication: Trig. P à 888 m exprime la limite inférieure de l'avalanche de neige permanente qui couvre la partie supérieure des hautes montagnes.

La lettre T suivie d'un nombre (exemple T-5,00) indique la température du lieu exprimé en degré centigrade.

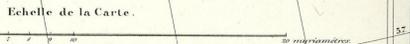
L'indication: Cap. m à 130 m exprime que des écueils marins, d'après vivants, se trouvent à 130 mètres au dessus du niveau actuel de la mer.

Les nombres précédés des lettres D.m. expriment la déclinaison de la boussole aimantée en 1845.

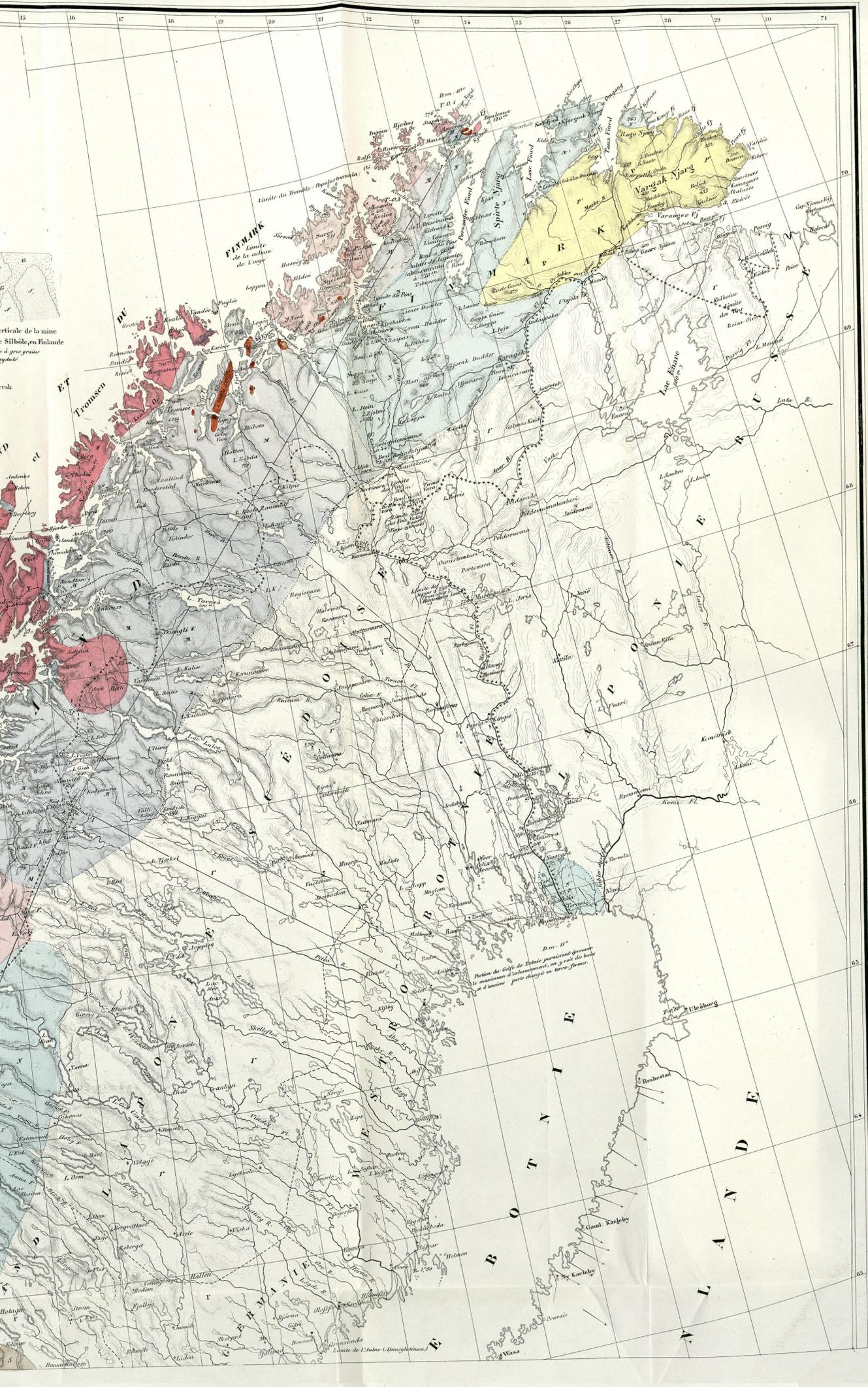
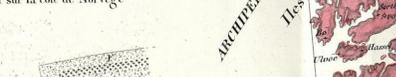
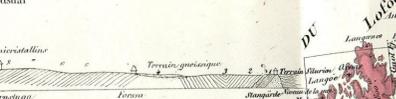
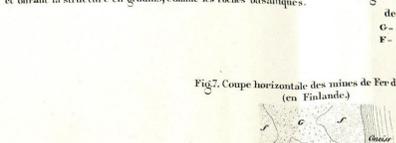
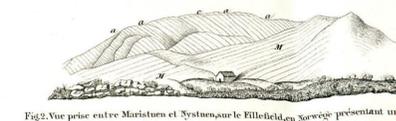
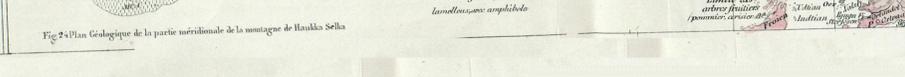
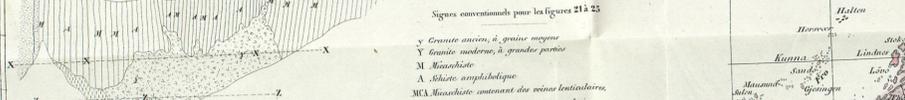
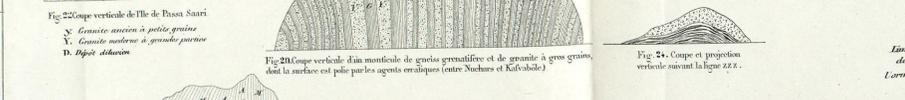
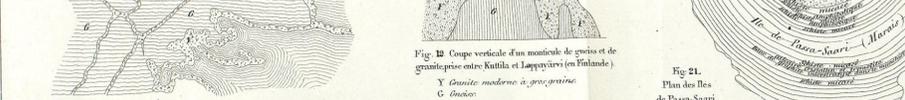
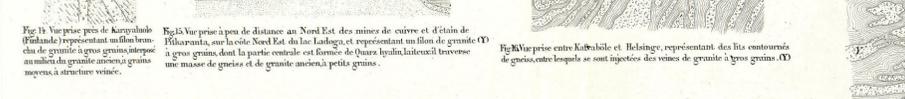
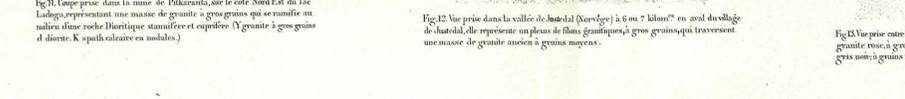
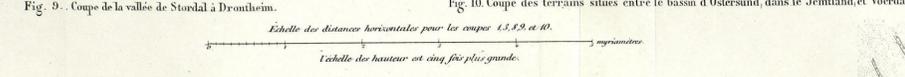
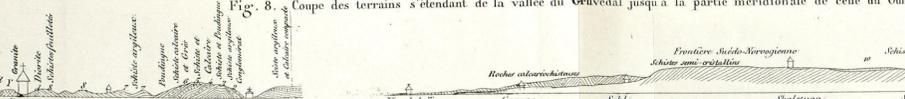
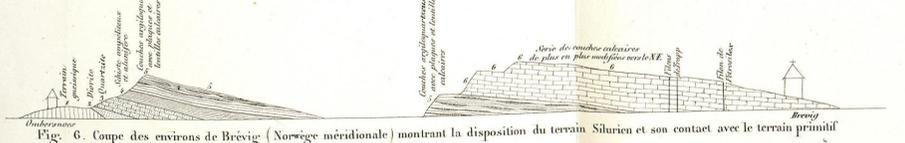
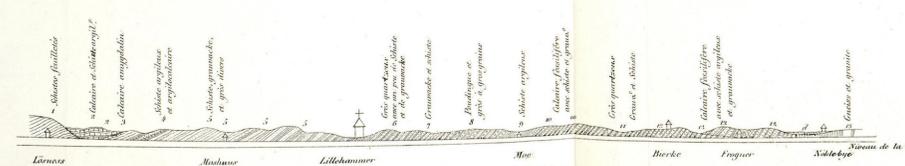
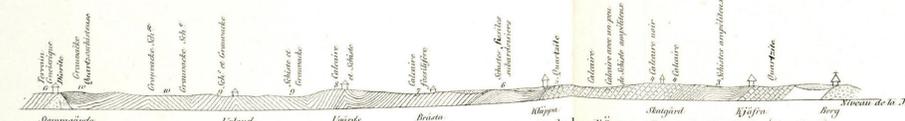
**Explication des Signes conventionnels et des Couleurs.**

|   |       |  |    |   |
|---|-------|--|----|---|
| Terrains Secondaires  | C C   | Terrain crétacé  | H  | Haute de terrain                        |
|   | J J   | Terrain jurassien  |    | Mais de haute                           |
| Terrains de transition  | D D   | Terrain devonien (Fouge gris rouge)  |    |   |
| Fossiles ou paléozoïques  | S' S' | Terrain silurien   | S' | Supérieur                               |
|   | S S   |  | S  | Inférieur                               |
|   | G G   | Trapp amphibolitique épandue sur le terrain Silurien   |    |   |
| Roches phonitiques intrusives dans les terrains paléozoïques          | T T   | Porphyre feldspathique   |    |   |
|   | E E   | Porphyre pyroxénique rattachant au Porphyre feldspathique  |    |   |
|   | P' P' | Granite et Syénite syenitiformes passant de l'un à l'autre   |    |   |
| Terrains Sédimentaires  | P P   | Formation quartzeuse postglaciaire   | P' | dans le N.E. de la Norvège              |
|   | N N   | Formation quartzeuse et calcaire sédimentaire  | N  | dans le Finmark et en Laponie           |
|   | Xp Xp | Formation calcaire sédimentaire et postglaciaire de la province de Drontheim                                       | N  | dans la Norvège centrale et occidentale |
|   | Q Q   | Formation de quartzite accompagnée de schistes cristallins du Jurassien et du K. Telle                             |    |   |
|   | M M   | Formation de mica schiste du Nordland et du Finmark  |    |   |
| Terrains Cristallins primitifs  | G G   | Gneiss du Finmark liés à l'inférieure, quartzeux, absents de cette contrée.  |    |   |
|   | C C   | Terrain granitique de la Norvège, accompagné d'autres roches cristallines schisteuses et autres pierres de granité |    |   |
|   | T T   | Granite mine du Nordland, souvent mêlé de gneiss   |    |   |
|   | S S   | Syénite passant au granite   |    |   |
| Roches phonitiques intrusives dans les terrains cristallins primitifs | E E   | Porphyre pyroxénique se rapprochant du basalte   |    |   |
| Signification des lettres   |       |  |    |   |
| Désignation des Systèmes de Dialectes                                 |       |  |    |   |

+++++ Limites de la Scandinavie et de la Laponie Basse.  
 ++++++ Limites de la Pise et de la Norvège.  
 - - - - - Limites des diverses provinces de la Suède et de la Norvège.  
 - - - - - Limites Géologiques.  
 --- --- --- Tronçons de dépôt sable-granite calcaireux.  
 (Sont dans les Suédois) qui s'étendent sur plusieurs myriamètres de longueur en Plande, Westmanic, Norvège.  
 Les lettres S et L, O et W (l'Alaska du mot scandinave pour Lille, Ofre, Ytre) signifient grand et petit, supérieur et inférieur.  
 E indique des monts d'origine volcanique, situés au dessus de la limite de la végétation arborescente. E signifie l'époque.  
 Wm East exprime un gîte profond et bon de roches basiques.  
 11111 Appareils hydrographiques et ferroviaires du Sud Est de la Norvège  
 22222 Appareils hydrographiques, Appareils ferroviaires et ferroviaires du Sud Est de la Suède  
 33333 Appareils hydrographiques de la Scandinavie centrale.  
 44444 Appareils hydrographiques de la Laponie centrale.  
 55555 Appareils hydrographiques de la Finlande méridionale.



# COUPES ET VUES GÉOLOGIQUES RELATIVES A LA NORWÈGE, LA SUÈDE ET LA FINLANDE



Signes conventionnels pour les figures 21 à 25  
 Y Granite ancien, à grains moyens  
 Z Granite moderne, à gros grains  
 M Mica-schiste  
 A Schiste amphibolite  
 MCA Mica-schiste contenant des veines lamellaires, interstratifiées, qui consistent en calcaire lamellaire, sans amphibole

Fig. 1. Coupe Orographique et Géologique de la Scandinavie, s'étendant de la côte de Norvège, sous 61° latitude, au littoral d'Hardikswall, dans le Golfe de Botnie.

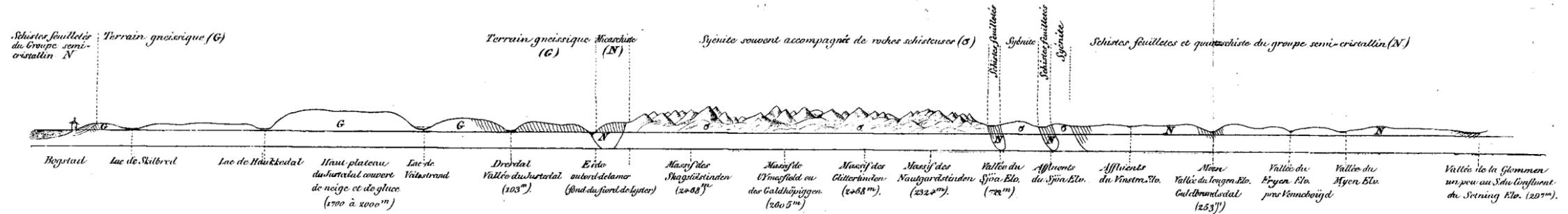


Fig. 2. Suite de la coupe cidessus.

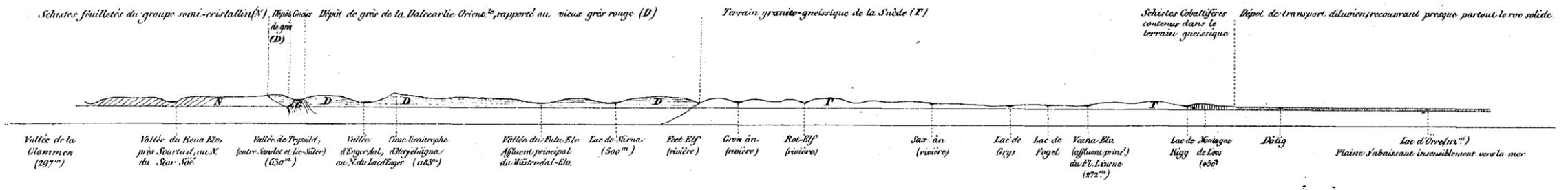


Fig. 3. Coupe Orographique et Géologique de la Scandinavie, s'étendant de la côte de Norvège, sous 62° 20' de latitude, au littoral de Sundswall, dans le Golfe de Botnie.

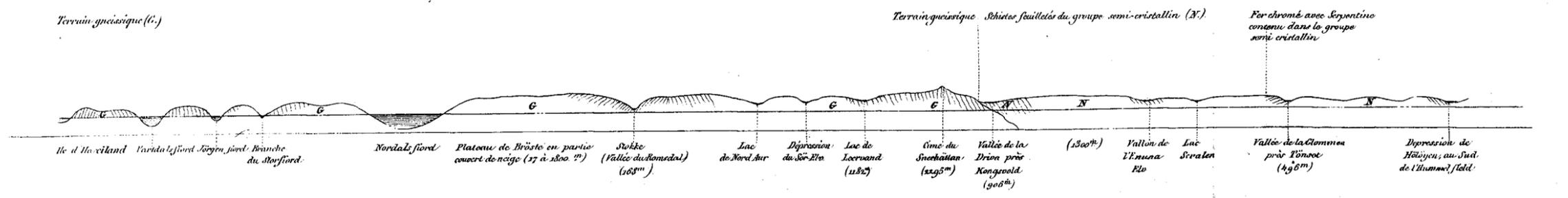
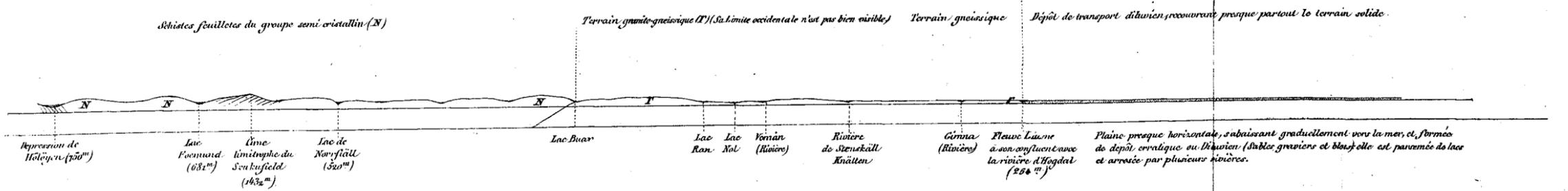


Fig. 4. Suite de la coupe cidessus.



Echelle de { 1 Millionième pour les Longueurs  
2 Millionnièmes pour les Hauteurs  
Dessiné par J. Durocher.

Gravé chez Erhard, Schickel.

Imprimé chez Esquelin, Quai Voltaire, 17.