

INSTITUT DE FRANCE.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

Extrait des *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*,
t. 153, p. 602 (séance du 30 septembre 1912).

GÉOLOGIE. — *Résultats scientifiques de l'Excursion alpine de la « Geologische Vereinigung » : les nappes lépontines à l'ouest d'Innsbruck.* Note de
M. PIERRE TERMIER.

Mon savant collègue et ami le Professeur G. Steinmann, de l'Université de Bonn, a eu l'heureuse idée d'organiser, pour l'été de 1912, une excursion de la *Geologische Vereinigung* dans les Alpes des Grisons et dans les Tauern, et d'inviter à cette réunion les géologues qui s'intéressent à la stratigraphie et à la tectonique alpine. Nous étions une vingtaine au rendez-vous. L'excursion a duré trois semaines, du 19 août au 7 septembre, et nous a conduits de Bludenz, en Vorarlberg, à Spittal, en Carinthie, à travers le Rätikon, le Prätigau, la dépression de Davos, la Via Mala, le Schams, l'Oberhalbstein, le col Longhin, la vallée de l'Inn, le haut Zillertal, les Tauern de Radstadt et, finalement, les montagnes du Katschberg par où se terminent, à l'Est, les Hohe Tauern. Nos guides étaient : pour le Rätikon, M. W. von Seidlitz, de Strasbourg ; pour la Cotschna, l'Oberhalbstein, la Haute-Engadine, M. Steinmann ; pour le Schams, M. H. Meyer, de Giessen ; pour le col Longhin, M. H.-P. Cornelius ; pour la Basse-Engadine, MM. W. Paulcke, de Carlsruhe, et W. Hammer, de Vienne ; pour le Zillertal, M. B. Sander, d'Innsbruck ; pour les Tauern de Radstadt, M. L. Kober, de Vienne ; enfin, pour le Katschberg et la terminaison orientale des Hohe Tauern, M. le Professeur F. Becke, de l'Université de Vienne. Le temps a été souvent très mauvais ; cependant, grâce au dévouement et à la compétence des savants qui dirigeaient la caravane, aucune partie importante du

programme n'a été sacrifiée, et nous avons vu, malgré les intempéries, à peu près tout ce que nous voulions voir. A Innsbruck, où nous devons passer la journée du 29 août, une surprise nous attendait : Eduard Suess se trouvait là, venu tout exprès de Hongrie pour assister avec nous, dans un des amphithéâtres de l'Université, à l'Assemblée générale de la *Geologische Vereinigung*. L'auteur de *Die Entstehung der Alpen* avait tenu, malgré ses 81 ans, à nous apporter, lui-même, le témoignage de son ardente sympathie et l'exemple réconfortant d'une activité scientifique sur laquelle l'âge n'a pas de prise.

La date du 29 août 1912 marquera, je crois, dans l'histoire de la géologie alpine, le triomphe définitif de la théorie des grandes nappes, l'entrée de cette théorie dans l'enseignement classique. On se rappelle peut-être le violent orage que souleva, vers la fin de 1903, l'énoncé, aux *Comptes rendus* des séances de l'Académie des Sciences de Paris, d'une doctrine synthétique nouvelle, qui reposait sur l'existence, dans les Alpes orientales, d'une série de nappes empilées, toutes venues du Sud à la façon des nappes des Alpes suisses, et qui affirmait le charriage des Alpes calcaires septentrionales par-dessus la *Zentralzone*. Et voici que, moins de neuf ans plus tard, un *meeting* de géologues se réunit, dans la même région des Alpes, et se trouve, à la suite d'un voyage de trois semaines, à peu près unanime à constater que cette doctrine est conforme à la réalité ! Il reste encore quelques sceptiques ; il n'y a déjà plus de contradicteurs. Tout le monde, ou presque tout le monde, accorde que les nappes lépontines du Rätikon, du Prätigau, du Schams, de l'Oberhalbstein, de la Maloja, s'engouffrent sous le *tunnel* des nappes austro-alpines, vont reparaitre au jour dans deux *fenêtres* qui crèvent la voûte de ce tunnel : la fenêtre de la Basse-Engadine, longue de 55^{km}, et, 60^{km} plus à l'Est, la fenêtre des Tauern, longue de 160^{km}. Et tout le monde reconnaît que, cette structure de la *Zentralzone* une fois admise, la théorie des grandes nappes, la théorie de 1903, devient nécessaire et s'applique à toutes les Alpes orientales.

Le principal objet de notre Excursion était d'étudier les nappes *lépontines*, d'abord à l'ouest d'Innsbruck, entre le Rhin et l'extrémité nord-est de la fenêtre de la Basse-Engadine, puis à l'est d'Innsbruck, dans la chaîne des Tauern ; de raccorder, par conséquent, les observations de M. Steinmann et de ses disciples à celles des géologues autrichiens, M. Becke, le regretté Uhlig et les élèves de ces deux maîtres. Mais avant de parler des nappes lépontines et de dire ce que leur étude nous a appris, il importe de les définir avec précision.

L'usage, en Géologie, de l'adjectif *lépontin* est antérieur à la théorie des grandes nappes. M. Steinmann s'en est servi le premier, en 1895, pour désigner un faciès du Trias, habituel dans la région moyenne des Grisons, distinct du faciès helvétique et du faciès austro-alpin du même terrain, et s'associant intimement avec les faciès *Bündner Schiefer* et *Schistes lustrés* des autres étages du Mésozoïque et de l'Éocène. Dix ans plus tard, en 1905, Eduard Suess, se ralliant à la théorie des grandes nappes, proposait de diviser en trois parties le paquet des nappes superposées : le système helvétique, à la base ; au milieu, le système lépontin ; tout en haut, le système austro-alpin. Dans les Grisons, cette division purement tectonique coïncidait assez bien avec celle qu'on eût pu tirer des différences de faciès : en d'autres termes, les nappes lépontines, dans les Grisons, sont faites de terrain à faciès lépontins. Mais il ne faut pas s'attendre à ce que la coïncidence soit générale. Les faciès changent dans la même nappe ; et il est donc inadmissible de définir une nappe, entité tectonique, par des caractères stratigraphiques. La véritable définition des nappes lépontines est la suivante : *ce sont les nappes qui, dans les Alpes des Grisons, s'intercalent entre les nappes helvétiques et les nappes austro-alpines*, la nappe la plus basse du système lépontin étant la nappe des *Schistes lustrés*, et la nappe la plus basse du système austro-alpin étant la nappe de la Silvretta.

A l'est des Grisons, c'est-à-dire dans les Alpes orientales, on donnera le nom de *nappes lépontines* à celles qui apparaîtront sous la nappe austro-alpine prolongeant la nappe de la Silvretta. Toute cette question de nomenclature, dans les Alpes orientales, sera ainsi ramenée à une question tectonique : l'assimilation à la nappe de la Silvretta d'une certaine nappe, prise désormais comme base du système austro-alpin. Il est clair que cette assimilation pourra être délicate ; on doit donc s'attendre pendant quelque temps encore à un peu d'incertitude sur la limite des nappes austro-alpines et des nappes lépontines dans les Alpes orientales. Pour fixer les idées, nous admettrons que, le long du bord nord des Tauern, la nappe austro-alpine la plus basse est celle des phyllades paléozoïques du Pinzgau, et que, au Katschberg, le même rôle est joué par la nappe des micaschistes grenatiformes et des gneiss.

De toutes les nappes lépontines, la plus importante, je veux dire celle qui a, tout à la fois, le plus de constance et d'originalité, celle dont la continuité est la plus évidente, c'est la nappe des *Schistes lustrés*. Elle est presque partout très épaisse, et l'on se demande parfois si elle n'est pas complexe, ou repliée sur elle-même. Son allure, en grand, est habituel-

lement régulière et tranquille, et contraste avec l'allure plissée, morcelée, déchiquetée des nappes qui la surmontent. Elle est formée essentiellement de *Schistes lustrés*, c'est-à-dire d'une série cristallophyllienne où dominent les calcschistes micacés, mais où se rencontrent aussi de vrais micaschistes, des quartzites micacés et des bancs de véritables marbres; de plus, presque partout, elle renferme des *roches vertes*, serpentines, gabbros, schistes chloriteux, amphiboliques ou pyroxéniques, toujours épidotifères. Ces *Schistes lustrés*, qu'on suit de la Ligurie au Rhin, qu'on retrouve dans la Corse orientale et à l'île d'Elbe, qui reparaissent enfin dans la Basse-Engadine et dans les Tauern, *sont toujours semblables à eux-mêmes*. Nous savons maintenant, *d'une façon certaine*, par les observations faites dans les Alpes occidentales et en Ligurie, que ces *Schistes lustrés* sont une *série comprehensive* allant du Trias supérieur à l'Éocène, série transformée par le métamorphisme régional et devenue cristallophyllienne. Ce sont eux que le Rhin a découpés et creusés dans les gorges de la Via Mala; eux encore qui forment, entre Schuls et Prutz, le fond de la fenêtre de la Basse-Engadine; eux enfin qui constituent l'enveloppe extérieure de la *Schieferhülle* des Hohe Tauern. Leur importance, dans toutes les Alpes, est telle que le nom de *Schistes lustrés*, maintenant connu des géologues du monde entier, mérite de passer désormais dans le langage international. Ce nom n'est point synonyme de Bündner Schiefer: car beaucoup de Bündner Schiefer ne sont pas métamorphiques, au lieu que la haute cristallinité est un caractère essentiel des *Schistes lustrés*. Quant aux expressions *Kalkglimmerschiefer* et *Kalkphyllite* par lesquelles les géologues autrichiens ont désigné jusqu'ici les *Schistes lustrés* des Hohe Tauern, elles sont trop pétrographiques et elles ont été, surtout la deuxième, appliquées à trop de terrains différents, pour convenir à une entité géologique aussi vaste et aussi bien définie.

Après la nappe des Schistes lustrés, la plus originale et, tout au moins dans les Grisons, la mieux définie et la plus constante des nappes lépontines est celle que M. Steinmann a nommé *nappe rhétique* et qui vient tout au sommet, ou presque tout au sommet, du système lépontin. Elle est caractérisée par l'union des roches éruptives basiques (basalte, spilite, diabase, variolite, gabbro, serpentine, celle-ci parfois accompagnée de veinules de néphrite) et des dépôts marins de grande profondeur (radiolarites, schistes rouges). Ces dépôts appartiennent probablement au Jurassique. On trouve aussi, dans la même nappe, du Trias (quartzites, marbres phylliteux, calcaires, dolomies), des schistes noirs ou bigarrés d'âge incertain, parfois un peu de Verrucano, parfois enfin du granite ou des gneiss. Souvent

réduite à une épaisseur très faible, ou même localement supprimée, elle se renfle, dans le sud des Grisons, jusqu'à avoir, aux environs de la Maloja, 1^{km} de puissance. Sa *racine* est placée par M. Steinmann un peu au sud du Monte della Disgrazia. De là jusqu'au lac de Constance, la nappe rhétique s'étend sur près de 100^{km}, surmontée par la plus basse des nappes austroalpines ou par une nappe intermédiaire (Bardella, Albula, Aela, Err, etc.). On la reconnaît encore, çà et là, sur le bord de la fenêtre de la Basse-Engadine, grâce au caractère tiré de l'abondance des roches éruptives basiques. Sa présence dans les Tauern de l'Ouest est douteuse ; mais, dans les Tauern de l'Est, c'est probablement à cette même nappe rhétique qu'il convient de rapporter le *deuxième étage des roches vertes* signalé par MM. Becke, Kober, Seemann et Stark, étage séparé des Schistes lustrés par une nappe renfermant du Mésozoïque (région du Sonnblick, Heiligenblut, etc.).

Entre la nappe rhétique et la nappe des Schistes lustrés, on trouve, presque partout, une série de nappes empilées, souvent trois, peut-être même cinq dans certaines régions. Elles diffèrent entre elles par les faciès des divers étages du Mésozoïque et de l'Éocène ; elles ne renferment ni *roches vertes*, ni roches éruptives basiques, ni radiolarites ; les terrains n'y sont pas ou presque pas métamorphiques. La plupart de ces nappes, dans les Grisons, ont des étages de brèches, et qui sont de divers âges : liasiques, crétacées ou même éocènes. Toutes contiennent des étages de schistes noirs, analogues aux *Bündner Schiefer*. Dans quelques-unes, le Jurassique supérieur est à l'état de marbre. Dans toutes, le Trias a les mêmes caractères, ou à peu près, et se montre formé de quartzites, marbres phylliteux, dolomies et calcaires, cargneules et gypses. Mais, contrairement à ce qui arrive pour la nappe des Schistes lustrés et pour la nappe rhétique, aucune de ces nappes ne reste longtemps semblable à elle-même. Dans chacune d'elle, les faciès des terrains autres que le Trias varient. Il en résulte que les assimilations, d'une région à l'autre, sont presque impossibles, en tout cas très hypothétiques. On voit, dans toutes les coupes, des analogies ; il n'y a pas deux coupes qui soient absolument semblables. Les dissemblances sont naturellement augmentées par les suppressions et déformations mécaniques, dont l'intensité, parfois, est à confondre l'imagination. C'est dire que toute tentative de numérotage des nappes lépontines, actuellement, serait vaine. Nous ne savons même pas si la nappe des schistes monotones du Prätigau est l'une des nappes lépontines comprises entre Schistes lustrés et nappe rhétique, ou si elle est simplement la continuation septentrionale de

la nappe des Schistes lustrés. C'est vers cette dernière solution qu'inclinait jusqu'ici M. Steinmann ; mais les derniers travaux de M. F. Zündel rendent la première solution plus probable. Ces schistes monotones du Prätigau sont les vrais Bündner Schiefer, au sens le plus ancien de l'expression ; ils ne sont pas ou presque pas métamorphiques ; ils sont extrêmement épais ; ils ne renferment pas de *roches vertes* ; ils alternent parfois avec des calcaires, des grès, de fines brèches ; quelques bancs (tout en haut de la nappe) contiennent des *Globigérines*, d'autres ont donné des *Orbitolines* : le tout est évidemment une *série compréhensive*, analogue à celle des Schistes lustrés, mais peut-être pas identique, et ayant en tout cas échappé au métamorphisme régional.

Le Rätikon montre, au-dessus de la nappe des schistes du Prätigau, une nappe caractérisée par un étage de Malm à faciès marmoréen (calcaire de la Sulzfluh), par la présence aussi de *couches rouges* crétacées, enfin par l'existence constante, à sa base, d'une lame de granite écrasé, réduite quelquefois à moins de 1^m d'épaisseur. La puissance des calcaires blancs de la Sulzfluh peut aller à 1000^m, par suite de repliements et de glissements intimes où s'intercalent des lames de *couches rouges* ; elle tombe à zéro, au Sud vers Klosters, au Nord près du Lünensee, de sorte que toute cette nappe a la forme d'une lentille longue d'environ 30^{km}, épaisse au maximum de 1^{km}. C'est la *Klippendecke* de M. Steinmann. Au-dessus d'elle vient un étage qui est *un mélange de débris de nappes* (*Quetschzone* de M. von Seidlitz) : on y trouve de tout, mylonites granitiques ou gneissiques, brèches et schistes du Lias, schistes noirs à *Fucoïdes*, brèches à *Orbitolines*, témoins broyés de la nappe rhétique (Verrucano, Trias, spilite, serpentine), enfin de grandes lentilles de granite et de diorite collées contre la base de la nappe de la Silvretta et appartenant peut-être déjà à cette nappe, dont elles seraient de simples copeaux détachés. Sur ce chaos de débris de nappes flotte, dans les hautes cimes, la nappe de la Silvretta, ici à l'état de micaschistes ou de gneiss, ailleurs à l'état de terrains mésozoïques : elle a l'allure lenticulaire, mais elle n'est ni déchiquetée, ni écrasée.

Entre le Schams et l'Oberhalbstein, on traverse plusieurs nappes léponlines, ayant sous elles la nappe des Schistes lustrés, sur elles la nappe rhétique. M. Meyer en distingue trois : nappe inférieure des *Klipes* (avec Malm marmoréen) ; nappe supérieure des *Klipes* (avec brèche jurassique du Falknis) ; nappe des *brèches* (avec Lias et Rhétien fossilifères et avec brèches crétacées à *Orbitolines*). A la base de chacune de ces trois nappes et à la base aussi de la nappe rhétique, il y a une lame de granite (Rofnaporphyr).

L'écrasement est extraordinaire, surtout vers la base du paquet, dans les deux nappes des *Klippes* : et l'on observe, sur des épaisseurs pouvant atteindre 100^m, d'in vraisemblables mylonites, où le granite se mélange aux sédiments, mylonites souvent laminées et ressemblant alors à des sortes de gneiss où il y aurait des noyaux de calcaire jurassique et de dolomie triasique.

Dans la *fenêtre* de la Basse-Engadine, les complications de détail sont peut-être plus grandes encore. Tout au fond, on a les Schistes lustrés, à Schuls, à Compatsch, à Finstermünz, à Pfunds, à Prutz; tout en haut, immédiatement sous la nappe de la Silvretta, on a la nappe rhétique, mais lenticulaire et à l'état de grands débris. Entre Schistes lustrés et nappe rhétique, il y a du granite ou du gneiss en vastes lentilles, et des sédiments variés : quartzites, marbres et dolomies du Trias, brèches crétacées et tertiaires (*Rozbreccien* de M. Paulcke), Trias gypseux avec cargneules, Lias sous la forme de Klippes éparses avec nombreux fossiles (*Belemnites*, *Cri-noïdes*, *Arietites*), schistes noirs du type Bündner Schiefer, etc. Combien cela fait-il de nappes distinctes? On ne sait au juste. Trois au moins : celle des Klippes de Lias, immédiatement au-dessous de la nappe rhétique; plus bas, celle du Trias gypseux; plus bas encore, celle des brèches de Roz. Ces nappes sont repliées sur elles-mêmes et se répètent. Vers le nord, elles s'amincissent ou même disparaissent successivement : autour de Prutz, il semble n'y avoir, entre les Schistes lustrés et les gneiss austro-alpins, qu'une seule nappe continue, formée surtout de Trias, et, en outre, çà et là, quelques témoins isolés de la nappe des brèches et de la nappe rhétique.