INSTITUT DE FRANCE.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

Extrait des *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, t. 155, 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 devions 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'engouffrant sous le *tunnel* des nappes austro-alpines, vont reparaître 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 grenatifères 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 compréhensive* 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 rhetique* 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 austro-alpines 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 marbres. 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. Zyndel 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 reploiements et de glissements intimes où s'intercalent des lames de *couches rouges ;* elle tombe à zéro, au Sud vers Klosters, au Nord près du Lünersee, 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 cîmes, 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 léponitines, ayant sous elles la nappe des Schistes lustrés, sur elles la nappe rhétique. M. Meyer en distingue trois : nappe inférieure des *Klippes* (avec Malm marmoréen); nappe supérieure des *Klippes* (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'invraisemblables 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*, *Crinoïdes*, *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.

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.
50614 Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55

INSTITUT DE FRANCE.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

Extrait des *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, t. 155, p. 678 (séance du 14 octobre 1912.)

GÉOLOGIE. — *Résultats scientifiques de l'Excursion alpine de la « Geologische Vereinigung » : les nappes lépontines dans les Tauern.* Note de M. **Pierre Termier**.

Dans la grande *fenêtre* des Tauern, la nappe des Schistes lustrés est largement déchirée, et l'on voit, sous ces schistes, apparaître des terrains tout autres, savoir : l'étage inférieur de la *Schieferhülle du Zentralgneis*, et le *Zentralgneis* lui-même. L'étage inférieur de la Schieferhülle est formé de marbres (Hochstegenkalk), de dolomies, de quartzites, de micaschistes et de gneiss : tout cela reposant en parfaite concordance sur le Zentralgneis, lequel, bien souvent, est un véritable granite à peine orienté. Fréquemment, le système marbres-dolomies-quartzites est doublé, ou même plusieurs fois répété, avec intercalation de lames de gneiss ou de micaschistes : mais cette répétition est due à des reploiements, comme M. Sander nous l'a montré, de la façon la plus nette, au Krierkar, près de Hintertux. En réalité, la succession normale est la suivante, de haut en bas : Hochstegenkalk, dolomies, quartzites, micaschistes, gneiss schisteux, enfin Zentralgneis. Bien entendu, comme dans toute nappe, l'allure est lenticulaire. Parfois, les Schistes lustrés reposent directement sur le Zentralgneis.

De l'âge des divers termes de cette série profonde, base de la nappe des Schistes lustrés, ou nappe spéciale, on ne sait rien. Les dolomies et les quartzites paraissent bien être du Trias. Mais le Hochstegenkalk? Faut-il

y voir, comme l'a proposé M. Steinmann, du Jurassique, quelque chose comme l'équivalent stratigraphique du calcaire de la Sulzfluh ? On bien du Trias, comme je l'ai admis autrefois ? La question restera insoluble jusqu'à la découverte d'organismes, découverte malheureusement peu probable en des sédiments aussi cristallins. Dans le premier cas, il y aurait deux nappes distinctes : celle des Schistes lustrés, et celle du Hochstegenkalk et du Zentralgneis. Dans le second cas, il pourrait n'y avoir qu'une seule nappe, où le Hochstegenkalk serait le témoin du Trias moyen. Quant aux micaschistes, aux gneiss schisteux, et au Zentralgneis lui-même, qui sont inséparables, ils représentent à mes yeux un faciès cristallophyllien, ou même un faciès granitique, du Permo-Carbonifère; ils me paraissent les équivalents des gneiss et micaschistes permo-carbonifères des Alpes occidentales (Vanoise, Levanna, Val-Grisanche, Grand-Paradis, etc.). En somme, la nappe profonde, ou le système des deux nappes profondes des Tauern correspond, quant aux terrains, à la zone des *séries compréhensives métamorphiques*, à ce que j'ai appelé en 1903 la *zone axiale des Alpes*.

En venant des Grisons, on s'attendrait à trouver sur la nappe des Schistes lustrés, entre cette nappe et la nappe des phyllades paléozoïques du Pinzgau, toute une série de nappes lépontines, correspondant aux nappes multiples du Schams ou de la Basse-Engadine. Le plus souvent, dans les Tauern, on n'en voit qu'une. Mais cette nappe unique a des caractères changeants; et, comme elle est très ployée et *digitée*, souvent même broyée et déchiquetée, on peut se demander si elle est vraiment *unique*. Il est probable qu'il y a réellement plusieurs nappes, lenticulaires et discontinues, se remplaçant mutuellement, ou même se mélangeant et devenant indistinctes.

Au Brenner, la nappe intermédiaire (entre Schistes lustrés et phyllades paléozoïques) est la nappe des Tribulaun, formée surtout de Trias, s'enrichissant cependant à sa base, vers Gossensass, d'un étage de micaschistes, et contenant aussi du Lias (à faciès *Adnetenkalk*) dans sa partie haute. Près de Mayrhofen, à la Gschösswand, la nappe intermédiaire est faite d'un Trias peu différent de celui des Tribulaun (quartzites, marbres phylliteux, calcaires et dolomies albitifères); mais, un peu à l'Ouest de la Gschösswand, il s'y ajoute des brèches sédimentaires, très puissantes, fort semblables d'aspect à nos brèches liasiques du Briançonnais, faites surtout de galets triasiques, avec quelques rares galets de calcaire rhétien. Cela paraît être un faciès bréchoïde du Lias, bien différent du faciès Tribulaun. Ces brèches, que nous avons vues au Torjoch, se prolongent, au Nord vers la Hippoldspitze, à l'Ouest dans les Tarntaler Köpfe. La nappe qui les

contient est, dans la région du Torjoch, très écrasée et très plissée; elle montre de curieux *mélanges mécaniques* de quartzites triasiques, de dolomies triasiques, de brèches liasiques. D'immenses lambeaux de ces mélanges traînent, *en recouvrement*, *sur* les phyllades paléozoïques, alors que le vrai gisement de la nappe est *sous* ces phyllades. On les croirait donc, à première vue, austro-alpins, et c'est ce que j'avais admis, en 1903 et en 1904, pour plusieurs d'entre eux, en particulier pour les Tarntaler Köpfe. Il paraît bien résulter maintenant des travaux de M. Sander que tous ces lambeaux épars de terrains mésozoïques sont lépontins.

En tout cas, il est absolument démontré qu'un régime de reploiements multipliés et d'écrasement intense affecte, entre le Brenner et Mayrhofen, les nappes lépontines et la plus basse des nappes austro-alpines. Mon impression est qu'il y a en réalité, dans cette région nord-ouest des Tauern, trois nappes intermédiaires entre Schistes lustrés et phyllades du Pinzgau, mais discontinues, éparpillées, et parfois mélangées entre elles au point de n'être plus séparables : la plus haute serait une nappe à roches vertes, équivalent probable de la nappe rhétique des Grisons; au milieu, serait la nappe à Lias bréchoïde; à la base, tout contre les Schistes lustrés, s'étendrait la nappe des Tribulaun.

Plus à l'Est, dans la vallée de Gastein, les Schistes lustrés sont surmontés par une nappe d'un caractère très spécial, la nappe de Klamm. Bien que peu métamorphiques, ses terrains ne ressemblent, ni au Trias des Tribulaun, ni au Trias de la Gschösswand, ni au Mésozoïque des Tauern de Radstadt. Leur âge est inconnu. Ce sont surtout des calcaires (Klammkalk), habituellement gris sombre, plus rarement clairs et rubanés ; il y a aussi des schistes, gris ou noirâtres, un peu sériciteux. Cette nappe de Klamm s'enfonce au Nord sous les phyllades paléozoïques, sans interposition d'aucune autre nappe.

Plus à l'Est encore, nous arrivons aux Tauern de Radstadt, dont la structure, longtemps énigmatique, paraît maintenant assez simple, grâce aux travaux d'Uhlig et de son élève M. Kober. Là, comme dans le Zillertal, des contournements et reploiements de grande amplitude introduisent dans le détail beaucoup de complications : et l'on peut se demander si l'on a affaire à une nappe unique, à digitations multipliées, ou si l'on se trouve en présence de plusieurs nappes distinctes. Pour M. Kober, aujourd'hui, il n'y a, dans cette région, qu'une nappe lépontine au-dessus de la nappe des Schistes lustrés. A cette nappe unique il donne le nom de nappe de Radstadt. Elle comprend du Trias (quartzites, dolomies et cargneules), des

schistes noirs pyriteux probablement rhétiens, enfin les calcaires jurassiques, souvent marmoréens, où M. Diener a trouvé jadis des *Bélemnites*. Cette nappe de Radstadt, très plissée, parfois reployée sur elle-même, s'enfonce au Nord et à l'Est sous la plus basse des nappes austro-alpines, que M. Kober appelle nappe de Mandling. A l'Est, la nappe de Mandling est faite de gneiss, d'amphibolites, de micaschistes plus ou moins grenatifères; au Nord, elle comprend, de bas en haut, des phyllades, des quartzites très épais (Radstätterquarzite de M. Frech), des calcaires, grauwackes et schistes d'apparence paléozoïque, enfin le Trias bien connu du *Mandlingzug*. De belles fenêtres s'ouvrent çà et là, montrant la nappe de Radstadt sous la nappe de Mandling. Les mylonites sont fréquentes, allant jusqu'au mélange de terrains d'âges différents. En raison de leur nature friable, les cargneules se sont prêtées, plus que toute autre roche, à la mylonitisation; et l'on trouve souvent des cargneules broyées, empâtant des débris de marbre jurassique. Il ne faudrait pas en conclure que les cargneules soient *toujours* des mylonites : la cargneule est une entité stratigraphique certaine, dans les Tauern comme dans toute la chaîne des Alpes.

Le seul point qui m'ait paru un peu douteux, dans cette façon d'expliquer les Tauern de Radstadt, c'est l'attribution au Paléozoïque des Radstätterquarzite. Ces quartzites, pétrographiquement, sont identiques aux quartzites triasiques de la nappe de Radstadt : je me demande s'ils n'appartiennent pas, eux aussi, au Trias. S'il en était ainsi, on aurait une nappe lépontine de plus, intercalée entre la nappe de Radstadt et celle de Mandling.

En marchant vers le Sud, vers le Lungau et le Katschberg, on voit peu à peu la nappe de Radstadt diminuer d'épaisseur. Dès Sanct-Michael, elle n'existe plus qu'à l'état de lentilles éparses, noyées dans les micaschistes et les gneiss de la nappe austro-alpine. Les lentilles, souvent très petites, sont faites de dolomie, de calcaire, de marbre, ou de quartzite : et il y a fréquemment des mélanges de ces roches entre elles. La plupart des lentilles ne montrent que du Trias : peut-être certains marbres sont-ils jurassiques. En somme, la nappe de Radstadt, dans le Lungau, est remplacée par une *Quetschzone* (von Seidlitz), une *Mischungzone* (Zyndel), où les débris de cette nappe sont enveloppés par les roches cristallines de la nappe supérieure. Ces roches cristallines, qui enveloppent ainsi les débris du Mésozoïque de la nappe de Radstadt, sont transformées elles-mêmes en des schistes luisants, les *diaphtorites* de M. Becke; elles ont perdu tout leur feldspath, converti en séricite. Sur elles, et sans démarcation précise, on trouve, avec leurs caractères habituels, les micaschistes grenatifères et les gneiss. La *diaphtori-*

tisation est liée à la zone d'écrasement et de broyage, à la Mischungzone : c'est une modification chimique consécutive à l'écrasement.

Le col du Katschberg, profonde dépression qui marque l'extrémité orientale des Hohe Tauern, est ouvert dans cette Mischungzone. Aux alentours du col, et jusqu'à la cime du Tschaneck qui le domine à l'Ouest, plusieurs lentilles de Trias affleurent, au milieu des schistes diaphtoritisés. A l'Est, la Mischungzone s'enfonce, avec une inclinaison moyenne d'une trentaine de degrés, sous les vieux gneiss et les vieux micaschistes de la nappe austro-alpine; à l'Ouest, elle repose, avec la même inclinaison, sur les Schistes lustrés. Du haut du Tschaneck, nous avons eu sous les yeux le plus beau tableau qu'un tectonicien puisse rêver. La chaîne des Hohe Tauern, gneissique et granitique, hardiment découpée, descendait vers nous, comme drapée jusqu'à mi-hauteur dans sa couverture schisteuse, et venait s'abîmer sous la Mischungzone où nous étions placés. En nous retournant, nous voyions la Mischungzone elle-même descendre, d'un mouvement pareil, sous un immense pays déprimé et ondulé, d'aspect morne, pays formé, cependant, lui aussi, de terrains cristallins, mais de terrains cristallins ployés en *carapace*. Et je ne pouvais mieux comparer cette descente majestueuse des Hohe Tauern sous la carapace des vieux gneiss et des vieux micaschistes, cette disparition d'une magnifique chaîne dans le sein d'un pays monotone, qu'à l'engloutissement d'un grand navire sous la houle indifférente.

A peu de distance au sud du Katschberg, la Mischungzone s'écrase et finit. Les derniers affleurements du Trias de la nappe de Radstadt sont à la Torscharte, au-dessus de Maltein. Dans le Maltatal, les vieux gneiss et les vieux micaschistes viennent au contact des Schistes lustrés, réduits eux-mêmes, localement, à 200^{m} d'épaisseur — alors que les mêmes Schistes lustrés ont fréquemment, dans les Tauern, plusieurs milliers de mètres de puissance apparente.

Partout, en cette région orientale des Hohe Tauern, les nappes lépontines profondes sont affectées de violents plissements. Dans le massif du Hochalm, admirablement étudié par M. Becke, une déchirure du Zentralgneis, longue de 20^{km} et large, au maximum, de 4^{km}, la *Lieserfenster*, montre, *sous ce gneiss*, le Hochstegenkalk plongeant fortement au Nord. On voit d'ailleurs, dans le Murtal, l'épaisseur du marbre : elle diminue du haut en bas de la plongée. Sous le marbre, il y a du Zentralgneis. On a affaire ici, évidemment, à un synclinal de la nappe, courbé comme la nappe elle-même, c'est-à-dire à une *digitation* (Maurice Lugeon). Si l'on suit la digi-

tation vers son origine, ou vers le Sud, on la voit se cacher sous le gneiss : mais, un peu plus loin, au Melnikkar, le gneiss est percé par une série d'anticlinaux ramenant au jour des marbres, des quartzites et des schistes. Ce sont des replis de la digitation, dont la véritable origine est, par conséquent, plus au Sud encore.

Telles sont les nappes lépontines, depuis le Rhin à l'Ouest, jusqu'au Katschberg à l'Est. Nous les avons vu s'engloutir au Katschberg. Reparaissent-elles, plus loin vers l'Orient, par exemple au Semmring ? C'est probable ; mais il faut attendre, pour se prononcer sur ce point, l'achèvement de quelques travaux en cours. Si elles reparaissent, je doute que ce retour à la lumière s'étende jusqu'aux Schistes lustrés : ceux-ci, et *a fortiori* les nappes plus profondes, sont, je crois bien, définitivement cachés.

De cette vision d'ensemble des nappes lépontines on peut tirer deux conclusions d'ordre général :

D'abord, le *dynamo-métamorphisme* n'existe pas : ce nom doit disparaître de la Science. Les actions dynamiques *déforment* les roches, mais ne les *transforment* pas. J'ai dit cela il y a neuf ans déjà ; mais, à cette époque, on pouvait douter encore. Aujourd'hui le doute n'est plus permis. Dans les nappes les plus écrasées, les plus laminées, les terrains qui, avant leur *mise en nappe*, n'étaient pas métamorphiques, ne le sont pas devenus ; toutes leurs roches sont demeurées reconnaissables. Les nappes à terrains métamorphiques sont issues d'un pays où, avant le plissement, le *métamorphisme régional* avait fait son œuvre. Certains phénomènes chimiques (développement de la séricite, cristallisation du quartz) sont, sans doute, facilités par l'écrasement : mais ils sont loin d'aller jusqu'au vrai métamorphisme, qui est une transformation complète de la roche en une autre roche définie.

La deuxième conclusion, c'est que, dans les pays de nappes, le rôle géologique des mylonites est encore beaucoup plus important que nous ne supposions. Il n'y a guère que cinq ou six ans qu'on a signalé des mylonite dans les Alpes. C'est M. von Seidlitz qui, le premier, a appelé l'attention sur leur fréquence, et même leur constance à la base de certaines nappes. Maintenant, on les trouve partout : et l'on n'en est plus seulement aux mylonites de roches, on en arrive aux *mylonites de nappes*, c'est-à-dire au mélange, sur des centaines de mètres d'épaisseur, des débris de plusieurs nappes.

L'Excursion ne nous a conduits, ni jusqu'au *bord alpino-dinarique*, ni

même jusqu'à la zone des racines des nappes. Dans cette zone et sur ce bord, il reste encore beaucoup à faire. De toutes les questions de la tectonique alpine, celle des rapports des Alpes avec les Dinarides, celle de savoir si les Dinarides sont bien passées sur les Alpes, en *traîneau écraseur*, comme je le prétends depuis neuf ans, est la plus urgente et la plus passionnante. Je demande avec confiance à mes jeunes confrères d'Autriche de consacrer à ce grand problème le meilleur de leurs efforts.

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SEANCES DE L'ACADEMIE DES SCIENCES,
50614 Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.