

Compte-rendu de la séance du 19 février 1902.

VENUES D'EAU AU TUNNEL DU SIMPLON

M. le prof. **Schardt** parle des résultats géologiques acquis jusqu'ici pendant le percement du tunnel du Simplon et donne des détails sur les *venues d'eau si considérables* que les travaux de perforation ont rencontrés du côté sud.

Le tunnel a pénétré jusqu'ici, du côté nord, à une profondeur de 6650 mètres et du côté sud à 4425 m., point où la rencontre d'un terrain calcaréo-schisteux micacé, tout broyé et friable, de plus soumis à une forte pression, a arrêté les travaux, dès le mois de décembre 1901.

Le massif du Simplon se compose d'un nombre relativement petit de groupes de terrain, qui sont :

1. Les *schistes lustrés*, se divisant en schistes lustrés micacés et calcarifères, avec bancs calcaires, intercalations de schistes verts et roches amphiboliques ;

2. *Calcaires dolomitiques*, gris, saccharoïdes, micacés (cipolin), *gypse* et *anhydrite*, avec schistes intercalés ;

3. *Micaschistes* et *gneiss schisteux séricitiques*, souvent granatifères et quelquefois calcarifères, avec intercalations d'amphibolites, de schistes chloriteux et d'amphibolites, dits gneiss récents ;

4. *Gneiss schisteux et fibreux* avec roches micacées et amphiboliques (gneiss du Monte Leone) et *Gneiss massif* (gneiss d'Antigorio).

Le groupe 1 est certainement d'âge *mésozoïque* (jurassique). Le groupe 2 doit par analogie être rangé dans le *Trias*. Le groupe 3 est probablement en partie une forme plus *métamorphique* du groupe 1 ; il est en tout cas d'origine sédimentaire, tandis que les roches vertes intercalées sont, comme celles du groupe 1, des roches éruptives ou leurs tufs. Le groupe 4 représente le *terrain primitif* peu modifié par la pression lorsqu'il est massif, et fortement laminé lorsqu'il est à l'état schisteux.

La pétrographie est, comme on voit, en somme assez simple ; il n'en est pas de même de la *géologie tectonique* du Simplon. Tous ces terrains sont bien des fois répétés et s'enchevêtrent si bien qu'il est nécessaire d'admettre une *série de replis superposés*.

M. Schardt montre les divers profils géologiques publiés à l'occasion des expertises de 1877, 1883 et 1890 et rappelle que Gerlach avait, en 1868, et plus anciennement, tout au début des études en vue du percement du Simplon, construit des profils géologiques de ce massif ; celui de 1869 montre en particulier la vraie situation du gneiss d'Antigorio,

ayant l'apparence d'un *pli couché* vers le nord, si bien que les mica-chistes calcarifères qui lui sont infraposés devienent en réalité la continuation de ceux que le gneiss supporte, et ne forment pas, comme on l'a admis plus tard, le noyau du massif du gneiss d'Antigorio. Il y a encore d'autres points où le profil définitif sera sensiblement différent des profils préliminaires au point de vue tectonique.

M. Schardt se réserve de consacrer à cette question une communication ultérieure, lorsque les études qu'il poursuit simultanément à la surface et dans le tunnel seront plus avancées. Les modifications qui résulteront de ces nouvelles études passeront pour ainsi dire inaperçues pour l'entreprise, car, au point de vue technique, il n'y a que trois sortes de terrains : les schistes lustrés avec leurs intercalations, les mica-schistes et gneiss schisteux et le gneiss d'Antigorio. Du côté nord, les prévisions se sont sensiblement réalisées jusqu'ici. Ce n'est que relativement à la longueur du trajet dans le gneiss d'Antigorio, du côté sud, qu'il s'est présenté une différence notable. Tandis que les profils préliminaires prévoyaient une longueur de 5 à 6 km. dans cette roche, avec probabilité de la rencontre des calcaires et mica-schistes sous-jacents, on a quitté le gneiss déjà au km. 4,325, pour entrer dans le calcaire, sans avoir rencontré auparavant les schistes sous-jacents et les calcaires qui les accompagnent. Pourtant, près de Gebbo, à 2 km. au nord-est, ces schistes sont visibles au-dessous du gneiss d'Antigorio ; à l'altitude de 1000 m. ; ils s'enfoncent donc fortement du côté du sud-ouest.

Ces différences avec les prévisions étaient certainement bienvenues pour l'entreprise. Il n'en a pas été de même pour les venues d'eau énormes rencontrées ensuite entre les km. 3,800 et 4,420, et pour le terrain à pression au km. 4,420.

On avait effectivement prévu d'assez fortes infiltrations d'eau au contact et dans le calcaire du Teggiolo, bien que la grande distance de la surface — près de 1200 m. — ne paraissait pas rendre la chose très probable. La joie d'avoir quitté le gneiss très dur, presque 1500 m. avant le point prévu, a donc subi une forte « douche » par ces venues d'eau qui, au surplus, ont accusé des températures de plus en plus froides.

M. Schardt montre à l'aide d'un grand profil géologique au 1 : 5000 la position des venues d'eau par rapport à la répartition des terrains. Elles ont apparu d'abord dans le gneiss, mais les plus volumineuses sortent du calcaire, près du km. 4.400.

Un profil de la zone aquifère avec plan horizontal des deux galeries au 1 : 250, montre les détails de la situation de plus de 80 sources ou groupes de sources, atteignant un volume total de 850 litres par seconde, presque une rivière ! Un seul jet, apparu au km. 4,397, a arrêté les travaux pendant plus d'un mois, dès le 30 septembre. Le profil montre aussi l'impossibilité de la provenance de ces eaux du Lago d'Avino. Un essai de coloration pratiqué sur la Cairasca, le 3 décembre 1901, a donné également un résultat absolument négatif.

M. Schardt a soumis ces sources mensuellement à des observations thermométriques et hydrotimétriques, en vue de suivre de près les variations qui doivent nécessairement se produire, lorsque par un travail souterrain on saigne des eaux traversant le rocher. D'importantes indications concernant leur régime peuvent être recueillies de cette manière. Il montre, par quelques exemples, comment les percées de nouvelles ouvertures aquifères ont modifié l'état des précédentes et comment, au fur et à mesure de l'avancement, les sources sont devenues de plus en plus froides. Mais il y a mieux : les mêmes sources ont débité¹ *au fur et à mesure de l'avancement des travaux et même depuis l'arrêt de ceux-ci, de l'eau de plus en plus froide*. De plus, le degré hydrotimétrique a aussi varié en même temps ; toutes ces eaux sont devenues plus dures, c'est-à-dire gypseuses. Les plus froides n'ont plus qu'une température de 11°5 C. et 75° de dureté¹. En même temps, le rocher lui-même s'est refroidi sensiblement. Au km. 4,400, où il y avait au début 18°2 C., il n'y avait plus, au 31 décembre, que 16°2², et ainsi proportionnellement aux autres stations à 3,800, 4,000 et 4,200. Il faut en conclure *qu'il ne s'agit pas de venues d'eau permanentes correspondant à un cours d'eau souterrain qui, conséquemment, devrait rester constant*, ce qui serait une grande calamité, vu l'insuffisance, dans ce cas, du canal déjà construit sur plus de 3 km. *Il s'agit de la vidange d'un réservoir souterrain, c'est-à-dire d'une masse d'eau remplissant des fissures multiples et des cavités souvent en communication les unes avec les autres, formant un vaste réseau de vides souterrains, dont la vidange est en voie de s'accomplir*. Ce mode de pénétration de l'eau explique la différence de température et de dureté. La circulation se fait surtout dans le calcaire, aussi est-ce là que se trouvent les eaux les plus froides. C'est du calcaire que l'eau pénètre en éventail dans le gneiss et se chauffe. Aussi les sources les plus éloignées du calcaire sont les plus chaudes. Malgré leurs différences réciproques, ces venues d'eau communiquent les unes avec les autres. L'imprégnation du rocher devait s'étendre primitivement jusque tout près de la surface, où existaient les plus grandes cavités, et aboutir au trop plein, soit aux sources superficielles alimentées par l'eau souterraine. Ces sources sont connues. M. Schardt a constaté en effet que les *sources de Nembro* d'environ 100 l. s. (1300 m. d'altitude) qui coulaient encore abondamment fin octobre, avaient tari avant le 20 novembre. Elles nous donnent la mesure du *minimum* d'eau pouvant subsister après la vidange des réservoirs souterrains. C'étaient des sources non gypseuses. Il est donc juste d'admettre la possibilité que d'autres sources soient asséchées à leur tour. Cela pourrait être le cas des sour-

¹ Degrés hydrotimétriques français.

² La température normale prévue aurait dû être de 37 à 39°, donc 21 à 23° de déficit de chaleur.

ces de la *Prese de Gebbo* (1010 m.) qui sont gypseuses. Leur débit est de 150-200 l. s.; elles coulaient encore le 12 février 1902. Si ces sources disparaissent à leur tour, on devrait s'attendre à un volume d'eau constant de 300 l. s. Déjà la vidange des réservoirs souterrains semble s'approcher de sa fin, car les dernières observations (11 février 1902) ont accusé une augmentation de la température de plusieurs sources. La fin sera indiquée par un échauffement général des sources et du rocher conduisant à l'établissement d'un régime stable. Le refroidissement n'est dû qu'au passage d'une grande masse d'eau froide à travers les fissures voisines du tunnel (10 000 000 m³ depuis le 30 septembre 1901). La position du trop-plein du réservoir souterrain, à près de 650 m. au-dessus du tunnel, explique la formidable pression; elle rend cependant presque inexplicable l'arrivée de l'eau par des passages relativement spacieux à de telles profondeurs. Ces passages, au moins ceux du calcaire, étaient corrodés par dissolution; pour corroder il faut que l'eau circule dans le rocher. Elle ne formait donc pas seulement un *réseau d'imprégnation*, mais une *masse circulante*, jusqu'à 650 m. et plus au-dessous du niveau du déversoir! C'est là un phénomène peu connu jusqu'ici. L'eau coulant superficiellement ne peut éroder qu'à une assez faible profondeur au-dessous de son niveau et encore faut-il qu'elle circule avec rapidité. Quel est donc l'agent qui peut faire circuler ainsi l'eau souterraine à des centaines de mètres de profondeur? Les observations thermiques du tunnel du Simplon l'ont démontré en accusant dès l'approche des passages d'eaux un *refroidissement graduel du rocher*. C'est donc la chaleur souterraine qui actionne une véritable circulation fermée dans les innombrables canaux du calcaire surtout. L'eau froide descend dans les uns et remonte dans d'autres, après s'être chauffée dans la profondeur, *comme dans un gigantesque thermosiphon*. En circulant elle corrode; les fissures capillaires préexistantes dans tous les calcaires s'ouvrent graduellement par corrosion lente et *permettent à ce système de s'enfoncer toujours plus profondément*, presque sans limite! L'emprunt de chaleur *est dépensé pour actionner cette circulation incessante*, qui n'a pas pour cause directe la gravitation seule, mais la différence de densité entre l'eau froide et l'eau chaude! Ce problème est certainement un des plus intéressants qu'il ait été donné à l'homme de scruter.

Quant au terrain tendre qui a arrêté les travaux du côté sud, dès le mois de novembre, M. Schardt remarque que c'est une roche calcaréoschisteuse et micacée broyée, remplissant une faille, qui conséquemment ne peut pas avoir une grande épaisseur. On y a pénétré jusqu'ici sur une dizaine de mètres. Son épaisseur ne dépassera guère 30 m.