

# Les résultats scientifiques du percement du tunnel du Simplon: géologie-hydrologie-thermique

Autor(en): **Schardt, H.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **31 (1905)**

Heft 10

PDF erstellt am: **08.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-24857>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Bulletin technique de la Suisse romande

ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES. — Paraissant deux fois par mois.

Rédacteur en chef: M. P. HOFFET, professeur à l'Ecole d'Ingénieurs de l'Université de Lausanne.

Secrétaire de la Rédaction: M. F. GILLIARD, ingénieur.

SOMMAIRE: *Les résultats scientifiques du percement du tunnel du Simplon: Géologie; hydrologie; thermique*, par M. H. Schardt, professeur. — *La «voie étroite» et son rôle économique*, par M. Francis Reverdin, ingénieur, à Genève (suite). — **Divers**: Bâtiment scolaire de Colombier (canton de Neuchâtel): II<sup>e</sup> prix. Projet «S.-S.-E.», de M. M. Braillard, architecte, à Genève. III<sup>e</sup> prix «ex-æquo». Projet «Sentier», de MM. Yonner et Jaquillard, architectes, à Neuchâtel. — Collège primaire pour garçons, à Vevey: I<sup>er</sup> prix. Projet «Simplon», de MM. Monod et Laverrière, architectes, à Lausanne. Rapport du Jury du concours à la Municipalité de Vevey. — *Sociétés*: Société suisse des ingénieurs et des architectes: XXI<sup>e</sup> assemblée générale. — Cinquantenaire de la fondation de l'Ecole polytechnique fédérale, à Zurich, les 29 et 30 juillet 1905. — *Concours*: Bâtiment de justice, à Berne. — Association amicale des anciens élèves de l'Université de Lausanne: Offres d'emploi. — Erratum.

## Les résultats scientifiques du percement du tunnel du Simplon.

GÉOLOGIE — HYDROLOGIE — THERMIQUE

Par M. H. SCHARDT, professeur.

Le percement du massif du Simplon par une double galerie<sup>1</sup>, longue de près de 20 km., a permis de réunir un grand nombre d'observations concernant la géologie, l'hydrologie et la thermique souterraine. La comparaison des résultats acquis au cours des travaux de perforation, montre que les prévisions que donnent plusieurs rapports préliminaires s'accordent en partie fort bien avec la réalité; sur d'autres points, elles ont été complétées et par les constatations faites dans le tunnel et par les nouvelles recherches à la surface; enfin, dans une certaine mesure, elles se sont trouvées erronées. Ce sera le but d'une publication définitive, sous forme d'une «monographie scientifique du tunnel du Simplon», de rendre compte d'une manière détaillée des résultats des recherches poursuivies par le sousigné depuis plus de six ans. La présente note ne peut que les résumer d'une façon sommaire.

Les observations qui ont été faites pendant toute la durée du percement, portent sur les points suivants:

1. Relevés géologiques à la surface, en vue de l'établissement d'une carte géologique détaillée, à l'échelle du 1 : 25 000, de la zone limitrophe du tracé du tunnel.
2. Relevés géologiques dans les galeries d'avancement, très détaillés dans la galerie I (1 : 100) et plus sommaires dans la galerie II. Prélèvement d'échantillons tous les 10 m. et à chaque changement de terrain. Cette collection compte environ 2500 numéros.
3. Observations hydrologiques sur les venues d'eau, leur débit, leur température, leur nature chimique et leurs relations avec la nature géologique des terrains traversés.
4. Observations sur la température du rocher dans le tunnel et le long du profil superficiel, en vue de la construc-

<sup>1</sup> Altitude du portail Nord 686 m., du portail Sud 643 m. Point culminant 705 m.

tion d'un profil thermique exact. Des observations continues sur un nombre restreint de points (tous les kilomètres), permettent de se rendre compte des modifications définitives de la chaleur souterraine depuis le percement du tunnel et des fluctuations de celle-ci par suite de la ventilation, réfrigération, etc.

### I. Géologie du massif du Simplon.

Nous devons à *Bernard Studer* les plus anciens renseignements sur la structure géologique du Simplon. Ces travaux datent de 1846 et 1851<sup>1</sup>. Le profil de la figure 1 montre les vues de ce géologue sur la structure d'une zone située à quelques kilomètres au Nord-Est du col du Simplon et du tracé du tunnel en exécution. Les roches dolomitiques indiquées dans ce profil ont une place trop considérable. Cependant, la succession de schistes gris (schistes lustrés), gypse et dolomite, recouvrant le gneiss, correspond bien à la réalité.

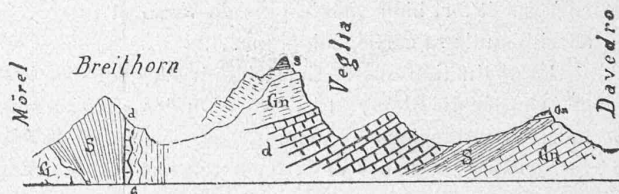


Fig. 1. — Profil du massif du Simplon, d'après B. Studer, passant environ 5 km. au N.-E. de l'axe du tunnel.

LÉGENDE: S, Schistes gris (sch. lustrés); G, Gypse; d, Dolomite et marbres; Gn, Gneiss.

Le projet conçu déjà en 1853 de percer le massif du Simplon au moyen d'un tunnel, a motivé plusieurs travaux de l'ingénieur des mines *H. Gerlach*, qui fut pendant de nombreuses années directeur de mines dans le Val d'Anniviers et collaborateur à la carte géologique de la Suisse<sup>2</sup>; on lui doit les relevés géologiques des Alpes valaisannes Sud. Il s'agissait alors et pendant les années suivantes, soit d'un tunnel de base, long de 18,500 km., soit de plusieurs

<sup>1</sup> B. Studer. Mémoire géologique sur la masse des montagnes entre la route du Simplon et celle du St-Gothard. *Mém. soc. géol. de France*, 1846.

B. Studer. *Geologie der Schweiz*. Bern u. Zürich. 1851, T. II, p. 223.

<sup>2</sup> Gerlach. *Carte géologique de la Suisse*, 1 : 100 000. Feuilles XVII (Sud) et XVIII. 1865.

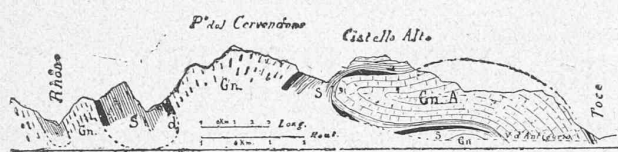


Fig. 2. — Coupe à l'Est du massif du Simplon, par Gerlach (1869).  
(Réduction du 1 : 100 000).

LÉGENDE : S, Schistes métamorphiques ; d, Roches triasiques ; Gn, Gneiss ; Gn A, Gneiss d'Antigorio.

projets de tunnel de faite, reliant entre 1200 et 1400 m. d'altitude les diverses vallées latérales sur les deux versants du Simplon, avec des longueurs naturellement beaucoup plus réduites (9-10 km.). Les manuscrits relatifs à ces études de Gerlach n'ont pas pu être tous retrouvés. Sa publication sur les Alpes pennines<sup>1</sup> renferme cependant un profil géologique passant par une zone située à 6 km. au Nord-Est du tunnel actuel et qui coupe le Pizzo Cervandone et le Cistella Alto. Ce qui frappe le plus dans cette construction, que nous donnons dans la figure 2, c'est le renversement du gneiss d'Antigorio par dessus les « schistes métamorphiques anciens », formation que nous considérons aujourd'hui comme équivalente aux schistes lustrés. Cette superposition du gneiss d'Antigorio sur les schistes micacés calcaires est positivement visible dans la vallée d'Antigorio entre Pomat et Foppiano, de même que dans la vallée latérale de Devero entre Crodo et Goglio. Gerlach désigne cette situation comme un chevauchement (Ueberschiebung) d'environ 10 km. Toutefois, dans la région du tunnel du Simplon, il n'indique pas la continuation de cette disposition étrange. Il parle positivement d'une voûte de gneiss d'Antigorio pour la région entre Iselle et Gondo, bien que la superposition du gneiss d'Antigorio sur les schistes calcaires soit fort bien visible près de Varzo et ressorte tout aussi bien de sa carte géologique.

La distinction que fit Gerlach entre les schistes lustrés de la vallée du Rhône et la formation des « schistes métamorphiques anciens » s'explique par la grande différence pétrographique de ces deux formations et par la présence entre elles d'une zone de gneiss (le gneiss du Monte Leone et du Binntal) qui surmonte ostensiblement les schistes dits métamorphiques, si bien que ceux-ci devaient paraître plus anciens. Néanmoins, Gerlach arrive, en poursuivant les zones de schistes vers le Nord-Est autour de l'Ofenhorn, à concevoir la possibilité de leur convexité, bien que cette conclusion lui paraisse bien moins probable que la première.

Depuis Gerlach, qui fut tué par accident en 1871, les recherches dans la région du Simplon restèrent en suspens pendant dix ans. Le problème était à reprendre par le commencement, car personne n'avait acquis une connaissance aussi complète et aussi étendue de la structure des Alpes du Valais. Le texte qui devait accompagner la carte géologique était resté inachevé.

Ce n'est qu'en 1877 que la Compagnie des Chemins de

<sup>1</sup> H. Gerlach. Die penninischen Alpen. N. Denkschr. d. Schw. Naturf. Gesellsch. T. XXIII. 1869. Reproduit dans les *Matériaux p. la Carte géol. suisse*. T. XXVII. 1883. Profil 1.

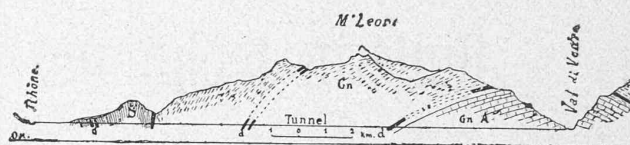


Fig. 3. — Profil géologique du tunnel du Simplon, par E. Renevier (1878).  
(Réduction du 1 : 25 000).

LÉGENDE : S, Schistes lustrés ; d, Calcaires ; G, Gypses ; Gn, Gneiss et micaschistes du Monte Leone ; Gn A, Gneiss d'Antigorio.

fer du Simplon fit entreprendre des études en vue de fixer les conditions géologiques de plusieurs projets de tunnels de base. Elles furent confiées par le Comité d'étude à MM. E. Renevier, Heim et Lory, et donnèrent lieu à deux profils assez semblables, représentant le massif du Simplon sous forme d'une grande voûte, ayant pour noyau le gneiss d'Antigorio, autour duquel se moulaient concentriquement des gneiss schisteux, des micaschistes, des amphibolites et en dernier lieu, du côté de la vallée du Rhône, des schistes gris dits schistes lustrés, accompagnés de gypse et roches dolomitiques. La présence d'intercalations de calcaire marmoré et de schistes calcaires au milieu des micaschistes et des gneiss schisteux est indiquée comme pouvant faire croire à l'existence de plis couchés, ce qui serait aussi une explication de l'épaisseur énorme, de près de 6000 m., de ce complexe de schistes cristallins. La grande épaisseur des schistes lustrés avec leurs intercalations de gypse et dolomite est de même motivée par des replis. La figure 3 donne en réduction les éléments de ce profil<sup>1</sup>. Le professeur Lory, qui n'était pas tout à fait d'accord avec ses collègues, avait admis une série de failles entre les diverses zones du massif du Simplon. Son profil est resté manuscrit et n'a pu être retrouvé.

Les mêmes géologues, renforcés du géologue italien T. Taramelli<sup>2</sup>, eurent à expertiser, en 1882, lors de la constitution de la Compagnie Suisse-Occidentale-Simplon, un nouveau projet de tunnel coudé évitant la zone à haute température souterraine sous le Monte Leone, haut de plus de 3500 m., et cela conjointement avec un projet rectiligne.

Le profil géologique construit ensuite de cette étude est représenté par la figure 4. Il constate la présence, sous le gneiss d'Antigorio, d'une formation de micaschiste calcari-fère, considéré comme la partie centrale de la grande voûte que dessinent les autres couches. L'existence de plis couchés dans cet immense complexe cristallophyllien est toujours admise comme probable ou du moins possible. Un tel pli est cité comme étant visible sur la façade Sud du Monte Leone. La présence de sept intercalations de calcaire dans le complexe cristallophyllien indiquerait au moins trois replis.

Après la fusion de la Compagnie Suisse-Occidentale-Simplon avec celle du Jura-Berne-Lucerne et la constitution

<sup>1</sup> E. Renevier. Structure géologique du massif du Simplon. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.* T. XV. 1878.

<sup>2</sup> Heim, Lory, Taramelli et Renevier. Etude géologique sur le projet de tunnel coudé traversant le massif du Simplon. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.* T. XIX. 1883.

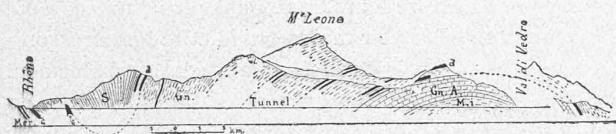


Fig. 4. — Profil géologique du tunnel du Simplon, d'après les observations de MM. les professeurs Heim, Lory, Taramelli et Renevier.

(Réduction du 1 : 50 000).

LÉGENDE : Comme à la figure 3 ; *Mi*, Micaschistes inférieurs.

de la Compagnie Jura-Simplon, l'entreprise du tunnel du Simplon paraissait être proche de son exécution. Le tracé proposé était voisin de celui du tunnel rectiligne de 1882. Les études géologiques complémentaires qui devaient s'étendre sur plusieurs variantes, proposées par l'ingénieur Thommen, furent confiées en 1890 à l'auteur de ces lignes. Le rapport relatif à ces recherches, accompagné d'une carte géologique et d'un profil géologique, fut terminé à la fin de la même année. Ce n'est cependant qu'un agrandissement mal réussi du profil et la récapitulation de la série des terrains pouvant se rencontrer le long de l'axe du tunnel qui furent publiés<sup>1</sup>. Le profil géologique (fig. 5) fut joint au

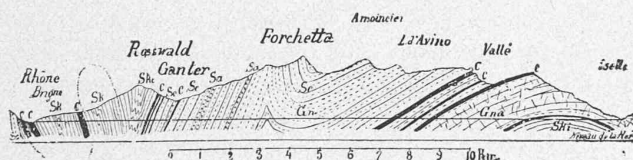


Fig. 5. — Profil géologique du massif du Simplon dans l'axe des projets de 1890 et 1893 (H. Schardt, 1890).

LÉGENDE : *Sk*, Schistes lustrés ; *C*, Calcaire, marbre, dolomite, gypse, trias, etc. ; *Sa*, Schistes cristallins ; *Sa*, Schistes amphiboliques ; *Gn*, Gneiss ; *Gn A*, Gneiss d'Antigorio.

projet définitif<sup>2</sup> et plus tard, en 1898, comme pièce officielle, à la demande de concession<sup>3</sup> pour le tunnel ; celui-ci fut mis en exécution la même année, bien que le tracé définitif soit un peu différent de celui de 1890. Ce profil montre encore, sur la structure du Simplon, des vues analogues à celles des profils de 1877 et 1882, il constate cependant la présence d'une cuvette synclinale entre le massif du Monte Leone et la chaîne du Wasenhorn, sur l'emplacement du col du Kaltwasser. Le problème des plis couchés ne put pas être résolu au cours de cette expertise.

Toutefois le moment n'était pas loin où une solution de cette question pouvait intervenir, et il est probable qu'une nouvelle expertise, peu avant la mise en exécution du percement du tunnel, eût été fort utile, car elle aurait permis de mettre en évidence un certain nombre de vues nouvelles qui s'étaient fait jour depuis 8 ans et dont le profil dit « officiel » ne montre pas trace. En effet, l'année 1894 a vu paraître le « *Livret-guide géologique de la Suisse* », préparé en vue du congrès géologique international tenu cette année à Zurich. Trois des collaborateurs de cette publication se sont occupés du Simplon et des régions immédia-

tement limitrophes. Cette publication<sup>4</sup> constate les faits suivants :

1° *Les micaschistes calcarifères qui apparaissent sous le gneiss d'Antigorio, de même que toutes les intercalations calcaréo-schisteuses et calcaires ou dolomitiques qui apparaissent dans les gneiss et schistes cristallins, sont des équivalents plus métamorphiques des schistes lustrés de la vallée du Rhône et des roches calcaires, dolomitiques et gypsifères qui les accompagnent.*

2° *Les schistes lustrés doivent être envisagés comme étant d'âge jurassique, ce qui est prouvé par la présence de bélemnites jusque dans le voisinage de Brigue. Les formations calcaréo-dolomitiques (marbres à l'état métamorphique) et les gypses et anhydrites qui les séparent du gneiss et des schistes cristallins, seraient conséquemment d'âge triasique.*

3° *Le renversement du gneiss d'Antigorio par dessus les schistes dits métamorphiques anciens (lisez : schistes lustrés métamorphiques) se continue jusque dans la région du tunnel et probablement plus à l'Ouest. Conséquemment, le gneiss d'Antigorio ne forme pas ici une voûte réelle, mais seulement un pli couché ou écaille recourbée en forme de voûte. Sous les schistes métamorphiques et les marbres que recouvre le gneiss d'Antigorio, se montre de nouveau du gneiss, ce qui prouve péremptoirement l'existence du pli du gneiss d'Antigorio. De même, toutes les intercalations de calcschiste et de marbre dans les gneiss du Monte Leone et dans la chaîne du Wasenhorn doivent résulter de plis couchés à flancs parallèles. Le profil de la figure 6 donne l'essentiel de ces nouvelles conceptions. On voit de suite la profonde modification que présentent les relations réciproques des diverses assises de terrains.*

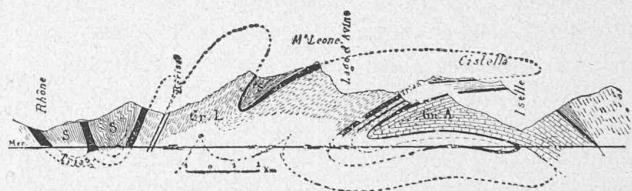


Fig. 6. — Coupe à travers le massif du Simplon, d'après H. Schardt. (1893).

(Réduction du 1 : 100 000).

LÉGENDE : *S*, Schistes lustrés ; *Gn L*, Gneiss du Monte Leone ; *Gn A*, Gneiss d'Antigorio.

L'année suivante, lors de la réunion de la Société helvétique des Sciences naturelles à Zermatt, en 1895, le professeur C. Schmidt ne présenta pas moins de 10 profils transversaux par le massif du Simplon<sup>5</sup>. Le recouvrement des schistes calcarifères métamorphiques par le gneiss d'Antigorio est indiqué seulement jusque dans les environs d'Iselle ; mais non plus à l'Ouest. Les intercalations de calcschiste avec roches triasiques de la zone centrale (Monte Leone, etc.), sont indiquées comme formant des synclinaux

<sup>1</sup> J. Dumur. *Traversée du Simplon. Rapport sur les études 1890-91*. Berne, 1891.

<sup>2</sup> *Simplontunnel. Projekt 1893*. Berne, 1894.

<sup>3</sup> *Recueil des pièces officielles relatives au percement du Simplon*. Berne, 1902.

<sup>4</sup> *Livret-guide géologique de la Suisse*. Lausanne, 1894. Libr. Payot. Voir les articles de C. Schmidt, H. Schardt et H. Golliez.

<sup>5</sup> C. Schmidt. *Géologie du massif du Simplon*. *Arch. d. sc. phys. et nat.* Genève. T. XXXIV. 1895. La planche de profils n'a pas passé en librairie.

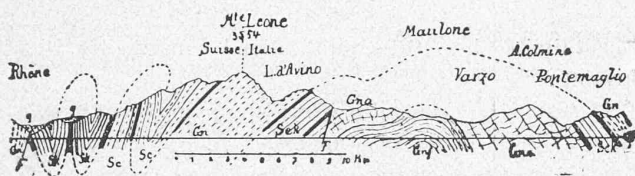


Fig. 7. — Profil à travers le massif du Simplon, d'après M. Traverso (1895).

LÉGENDE : *Sk*, Schistes lustrés ; *g*, Gypse ; *C*, Calcaire ; *Sc*, Micaschistes ; *Gn*, Gneiss schisteux et fibreux ; *Sck*, Calcschistes gneissiques ; *Gna*, Gneiss granitoïde d'Antigorio ; *Gnf*, Gneiss feuilleté (micaschistes inférieurs) ; *F*, Faille.

écrasés entre des anticlinaux de gneiss et micaschistes, reposant au-dessus d'un grand anticlinal central de forme surbaissée.

Le grand ouvrage du géologue italien *Traverso*<sup>1</sup>, paru la même année, donne un profil passant quelques kilomètres au Nord-Est du tracé du tunnel et allant en divergeant de plus en plus d'avec celui-ci. Il est représenté en réduction dans la figure 7. Ce profil a un intérêt tout particulier pour nous, parce qu'il revient à l'opinion des premiers géologues, en donnant le gneiss d'Antigorio, les calcschistes micacés sous-jacents (nommés gneiss feuilleté) et le gneiss qui apparaît au-dessous de ceux-ci, comme formant le noyau du massif, autour duquel se moulent en couches concentriques et en superposition normale des formations de plus en plus récentes. Les schistes lustrés de la vallée du Rhône formeraient deux horizons, l'un triasique, l'autre jurassique. Les schistes cristallins présenteraient de même plusieurs niveaux : micaschistes avec calcaires et gneiss schisteux, reposant à leur tour sur un calcschiste gneissique. On voit donc que des années de recherches n'ont pas suffi pour élucider les relations d'âge des terrains de ce massif, comme nous venons de le dire. Même la superposition anormale du gneiss d'Antigorio, si visible dans la vallée d'Antigorio et indiquée par Gerlach, en 1869, puis dans le Livret-guide suisse (1894), est absolument méconnue. M. Traverso indique encore quelques failles, l'une entre les schistes lustrés et les gneiss du bord Nord de la vallée du Rhône, l'autre entre le gneiss d'Antigorio et les schistes cristallins du côté Nord, le long de la dépression de Vallé. Ces conclusions de Traverso sont intéressantes à constater, en présence de l'imminence d'un changement complet de vues qui se préparait.

(A suivre).

<sup>1</sup> Stefano Traverso. *Geologia del Ossola*. Geneva. Tip. Aug. Ciminago. 1895.

## La « voie étroite » et son rôle économique.

Par M. Francis REVERDIN, ingénieur.

(Suite)<sup>1</sup>.

### II

Nous pouvons appliquer les observations que fait M. von Wensch à certaines des lignes secondaires suisses, qui ne

<sup>1</sup> Voir N° du 10 mai 1905, page 116.

réussissent pas à faire leurs frais. Dans plus d'un cas il eût mieux valu, en effet, voir moins grand et se borner à construire des lignes à voie étroite, qui auraient probablement rendu autant de services et, par suite de la diminution du capital à engager, eussent pu donner avec le même trafic un rendement satisfaisant.

D'après la statistique fédérale des chemins de fer suisses, il y avait, en 1902, 5 lignes secondaires à voie normale dont les dépenses d'exploitation dépassaient les recettes brutes. Ce sont celles de Wald-Rueti, Fribourg-Morat, Pont-Brassus, Porrentruy-Bonfol et Uerikon-Bauma. Sauf la première et la dernière, qui se relie à d'autres chemins de fer par leurs deux extrémités, les autres sont des lignes se terminant en cul-de-sac. Toutefois celle de Fribourg-Morat est maintenant prolongée jusqu'à Anet, où elle rejoint la Directe Neuchâtel-Berne.

La statistique ne donnant pas le détail du rendement des lignes formant le réseau fédéral, on ne peut connaître les résultats des lignes secondaires qui y sont englobées, en assez grand nombre dans la Suisse centrale ; mais il est bien probable que, prise isolément, plus d'une est en déficit.

Si l'on examine les conditions de celles que nous avons citées et qui figurent dans le tableau I, on remarque que la proportion du poids utile au poids total est faible. Elle est notablement inférieure au chiffre moyen pour l'ensemble des chemins de fer suisses, qui est de 16,42 %. Les chiffres de voyageurs-kilomètres et de tonnes-kilomètres sont aussi bien en dessous des moyennes générales (328 075 voyageurs-kilomètres et 212 165 tonnes-kilomètres), ce qui montre combien le trafic est insuffisant.

L'exploitation eût pu se faire plus économiquement si ces lignes avaient été construites à voie étroite, en particulier celles qui n'établissent pas de communications avec d'autres chemins de fer. Les frais de construction auraient permis d'économiser sur le capital, et quelque imparfait que l'on prétende qualifier le service par voie étroite, on doit avouer qu'il aurait suffi dans ces conditions de trafic, sans aucune difficulté.

Que l'on puisse, avec la voie étroite, faire face à un trafic semblable, c'est ce qu'il est facile de prouver en mettant en regard les conditions dans lesquelles s'exploitent d'autres lignes, ayant des dispositions même moins favorables, ainsi celles d'Appenzell, Frauenfeld-Wyl, Lausanne-Echallens, Saignelégier-Chaux-de-Fonds et Tramelan-Tavannes, qui sont réunies dans le tableau II.

Ces lignes transportent plus de voyageurs par kilomètre, un peu moins de tonnes, mais la proportion du poids utile au poids total est sensiblement meilleure, ce qui est une des premières conséquences du système de la voie étroite. Une économie d'un tiers environ dans la construction, s'ajoutant à celle que l'on réalise dans l'exploitation, permet d'obtenir un rendement satisfaisant.

On peut mieux encore se rendre compte de la valeur d'une ligne à voie étroite, comme capacité de transport, si l'on voit ce que les lignes de montagne en Suisse sont à même de faire et en quelques mois de l'année pour la plupart. Ainsi prenons pour exemple celles du Brunig, de