

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 47 (1921)
Heft: 12

Artikel: A propos de Ritom
Autor: Schmidhauser, P.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-36594>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 28.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

Réd. : D^r H. DEMIERRE, ing.

Paraissant tous les 15 jours

ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

SOMMAIRE : *A propos de Ritom*, par P. Schmidhauser, ingénieur, directeur des travaux d'adduction des eaux du lac d'Arnon. — *Loi fédérale régulant l'organisation et l'administration des Chemins de fer fédéraux, projet du Département des Chemins de fer du 30 avril 1921.* — *Les chemins de fer secondaires et la réorganisation des CFF.* — *Concours pour l'élaboration des plans d'un bâtiment destiné à l'Institut dentaire, à Genève (suite).* — **VARIÉTÉS :** *Les travaux de M. Allievi sur la théorie du coup de bâlier*, par R. Neeser, professeur à l'Université de Lausanne. — *Tunnels en charge à revêtement en cuivre.* — **SOCIÉTÉS :** *Société suisse des Ingénieurs et des Architectes.* — *Société technique fribourgeoise et section de la S. I. A., Fribourg.* — **BIBLIOGRAPHIE.** — *Calendrier des Concours.*

A propos de Ritom

par P. SCHMIDHAUSER, ingénieur.

Directeur des travaux d'adduction des eaux du lac d'Arnon.

La lecture des extraits que donne le *Bulletin technique* du « Rapport des experts Rothpletz, Rohn et Büchi sur la formation des fissures dans la galerie sous pression de l'usine de Ritom des C. F. F. », lecture intéressante à plusieurs points de vue, nous a conduit à nous documenter de façon un peu plus complète sur les conditions particulières dans lesquelles se trouve établie l'installation hydro-électrique de Ritom, et à nous livrer à un examen plus approfondi des captivantes questions que ce rapport soulève, et, en particulier, celles concernant la galerie sous pression.

Nous avons sous les yeux :

1^o la traduction française du « Rapport des experts Rothpletz, Rohn et Büchi » ;

2^o la « Communication n° 13 « Il lago Ritom » du Service suisse des Eaux » :

3^o le n° du 25 déc. 1916 du *Bulletin technique* qui donne le plan de situation, le profil en long avec couches géologiques présumées constituant le terrain traversé par la galerie sous pression, ainsi que les 4 types de profils établis avant la construction de la galerie ;

4^o a) le profil en long de l'installation complète avec composition géologique d'après rapport de 1911 des géologues MM. Heim et Arbenz ;

b) les profils longitudinaux de la galerie avec géologie relevée, en cours d'exécution des travaux, d'une part par l'entreprise, d'autre part par la direction locale des travaux ;

c) le plan développé de la galerie sur lequel est figuré l'ensemble des fissures ;

d) un profil transversal figurant la répartition des fissures selon leur position dans le profil et selon leur importance.

Un premier point qui nous frappe en parcourant le long rapport des experts, point qui mérite d'être relevé, c'est le caractère de nouveauté que l'on semble vouloir attacher à la pression intérieure à laquelle on comptait soumettre la galerie d'aménée d'eau de Ritom. Cette pression intérieure devait atteindre un maximum de 4,5 kg. par cm² près de la chambre de mise en charge (château d'eau).

Dans les « Conclusions » qui terminent le chapitre C de ce rapport (voir *Bulletin techn.* du 5-III-1921 page 54, les trois derniers alinéas), les experts disent entre autres :

« Nous pouvons affirmer qu'à l'époque où la galerie de Ritom a été établie, les spécialistes n'attachaient pas assez d'importance à la pression intérieure en général et, tout particulièrement, à la pression intérieure dans un terrain défavorable. »

Et plus loin : « ...sous l'empire de cette conviction, on a oublié d'envisager toutes les faces du problème. »

Au chapitre D, chiffre 2^o, lettre K (*Bulletin* du 16-IV-1921 page 88) nous trouvons cette phrase stupéfiante : « ...la direction des travaux, s'inspirant de l'opinion courante à cette époque, était persuadée que... »

Sous lettre c), paragraphe 1^o du chapitre des responsabilités, nous relevons une autre perle : « ...question qui paraîtra sans doute simple et naturelle aujourd'hui, mais que presque tous les hommes du métier ignoraient encore quand on a construit la galerie de Ritom ».

Et enfin, la dernière phrase du rapport commence ainsi : « La rapide évolution des installations à haute pression explique un certain manque d'expérience dans la construction des galeries sous pression... »

Ce sont là des assertions bien étranges, car il y a lieu de remarquer que, à notre connaissance, il existait en 1911 au moins quatre galeries supportant des pressions variant entre 5.5 et 20 kg. p. cm², et que l'on construisait, à ce moment-là, une galerie inclinée appelée à supporter une pression maxim. de 32 kg. Un aperçu de ces installations a été donné par M. H. Chenaud, ingénieur, dans les n°s du 17 sept. 1910 et du 10 janv. 1911 du *Bulletin technique*.

Or, en ce qui concerne Ritom, la première expertise géologique semble dater de 1911, et le contrat passé avec les entrepreneurs, pour l'exécution de la galerie sous pression et autres ouvrages connexes, est daté du 14 mars 1918.

Le laps de temps qui s'est écoulé entre 1911 et 1918 n'a donc pas permis à ceux qui ont assumé la tâche d'établir le projet définitif de Ritom de se documenter, ni de tirer parti des expériences faites dans les cinq installations précitées ? Et comment peut-on affirmer avoir **oublié** pendant plus de huit ans et, sous l'empire d'une conviction, d'envisager toutes les faces du problème ?

La haute estime que nous éprouvons pour les sommets en matière hydraulique que nous avons le bonheur de posséder, et notre dignité, ne nous permettent pas d'accepter des phrases telles que celles que nous avons relevées dans le rapport des experts.

A quoi se réduiraient les qualités spéciales d'un ingénieur hydraulicien s'il « oubliait » d'attacher l'importance voulue à la pression intérieure en général ? et les qualités de tous les ingénieurs spécialisés dans d'autres branches, s'ils oublieraient pendant plus de huit ans d'envisager toutes les faces d'un problème posé ?

Quant à la rapide évolution des installations à haute pression à laquelle il est fait allusion, il convient de dire qu'il existait, avant la construction de Ritom, chez nous et ailleurs, nombre d'installations utilisant des chutes supérieures à celle de Ritom. Pour n'en citer que trois, mentionnons :

- 1^o le lac de Tannay, usine de Vouvry, 92 atmosphères ;
- 2^o le lac de Naguilles, usine d'Orlu (Pyrénées) 94 atmosphères ;

- 3^o le lac de Fully, usine de Fully, 160 atmosphères.

Cette évolution a, en effet, été rapide ; et la façon magistrale dont a été exécutée l'installation de Fully, battant de beaucoup le record mondial avec sa chute fantastique de 1600 mètres, permet de supposer que l'homme qui l'a créée, et ses collaborateurs, n'ont pas oublié d'envisager toutes les faces du problème qui leur était posé, et qu'ils ont attaché à la pression toute l'importance désirable. Il est intéressant de constater que, si rapide que fut cette évolution, elle ne donna lieu qu'à bien peu de surprises, et très rarement à des surprises aussi graves que celle enregistrée à Ritom, constatation réconfortante qui réhabilite les spécialistes en matière hydraulique visés par M. Rothpletz sans doute involontairement.

Mais qu'importe, en la matière, que la pression sur les turbines de Ritom soit de 80 atm. en chiffre rond ; la pression dans la galerie « lac — chambre de mise en charge » n'est que de 4,5 atm., et cette pression n'aura jamais l'honneur d'être classée parmi les hautes pressions.

Que Ritom ait constitué un problème délicat sous plusieurs rapports, nous n'en disconvenons pas ; mais qu'il nous soit permis de dire que ce problème eût facilement pu être résolu, dans un tout autre ordre de conception, à l'entièvre satisfaction de tous.

Le rapport géologique du 25 octobre 1911, présenté par MM. Heim, Arbenz et Staub, mentionne entre autres, en ce qui concerne le tracé qui a été adopté :

« Qu'il s'agit ici d'une roche schisteuse assez perméable à l'eau de source par suite des nombreuses fentes qu'elle présente. On trouve dans divers horizons géologiques des grès et quartz crevassés. Les intercalations particulièrement riches en mica, et par conséquent tendres, qui sont dans le schiste micacé auront une influence défavorable sur la construction de la galerie sous pression, cependant si la masse sus-jacente est

» moindre, il n'y a guère à redouter que certaines parties fassent pression.

« Les conclusions se rapportant à la résistance de la roche dans la galerie sont défavorables.

« Le terrain de l'emplacement où doit s'élever le château d'eau, notamment, est considéré comme mauvais : » dépressions superficielles à crevasses parallèles à la pente, danger d'écoulement d'assez grands blocs de rocher.

« La situation de la galerie est déclarée peu favorable en raison de la nature de la roche.

« Il est recommandé de chercher une autre solution à cause de la mauvaise qualité du terrain. »

D'autres consultations ont eu lieu sur lesquelles il serait superflu de s'étendre ici. MM. Rothpletz, Rohn et Büchi eu concluent : « Que la Direction générale des C. F. F. a fait tout ce qui était possible pour se renseigner, au point de vue géologique et hydrobiologique, sur les questions entrant en considération, et qu'elle s'est adressée à cet effet à des personnes compétentes ». On nous affirme que d'autres tracés ont été étudiés, que, d'une manière générale, les questions soulevées par les experts géologues n'ont point été perdues de vue et qu'il en a été tenu compte (*sic.*)

Puis, le 12 octobre 1912, les C. F. F. demandèrent une expertise à M. le professeur G. Narutowicz qui présenta son rapport le 20 février 1914 (voir *Bulletin tech.* du 5 mars 1921, page 50).

Ce qui nous frappe, ce n'est pas l'adoption, en définitive, du premier tracé, mais c'est la forme technique donnée à cette installation. Le rapport géologique attire suffisamment l'attention sur les mauvaises conditions que présentait la roche pour l'établissement d'une galerie sous pression. Il eût été facile, semble-t-il, de suppléer à ce défaut de résistance de la roche en donnant une autre forme à l'ouvrage tant quant à sa conception générale que quant à l'exécution dans ses détails.

Les profils géologiques relevés pendant l'exécution des travaux par la direction locale des travaux et par l'entreprise, affirment que les appréhensions des géologues étaient justifiées ; on y mentionne même la présence de gypse aux hecromètres 4 et 6. En maints endroits, les Rapports mensuels de la direction des travaux signalent que la galerie traverse des zones particulièrement tendres dans lesquelles l'excavation se fait partiellement à l'aide de la pioche sans intervention d'explosifs.

Tout cela devait faire réfléchir, et l'on ne conçoit pas pourquoi on n'a pas recouru à une nouvelle expertise géologique avant de procéder au revêtement en béton de la galerie, ni pourquoi on ne s'est pas demandé si ces mauvaises roches étaient capables de supporter sans aucune déformation la pression intérieure de 4,5 kg. par cm².

Le profil de revêtement type IV circulaire, légèrement armé eût certainement été mieux indiqué que les types I et II qui ont été appliqués presque exclusivement, et

nous serions bien près de déclarer qu'il eût été suffisant sur le tiers amont environ de la longueur de la galerie¹.

Dans les zones tendres de la roche, nous sommes de l'avis de MM. Rothpletz, Rohn et Büchi que ce type IV n'eût pas été suffisant pour résister à la pression intérieure ; il eût fallu le munir d'une armature beaucoup plus sérieuse et augmenter quelque peu l'épaisseur du béton sur certains tronçons.

Ainsi, si d'autres considérations n'entraient encore en ligne de compte, comme nous le verrons plus loin, la galerie aurait vaillamment supporté la pression de 4,5 kg. Quant à la chambre de mise en charge (château d'eau), c'est une autre affaire.

Il n'est pas permis d'exécuter un ouvrage de cette importance dans un si mauvais terrain. Sa hauteur atteint environ 50 mètres. Sa base, si nous sommes bien renseigné, est circulaire et a un diamètre intérieur de 10 mètres. A 4,5 kg. par cm², cela représente une pression d'eau totale de 3530 tonnes sur le fond.

A quoi vient s'ajouter la charge due au poids de cet énorme édifice souterrain. Et tout cela a été construit dans une roche réputée fort peu propice à cet effet bien longtemps déjà avant le commencement des travaux, et qui, pendant l'exécution de ceux-ci, s'est révélée plus mauvaise encore.

N'eût-il pas mieux valu la supprimer tout simplement ? Nous ne voulons pas l'affirmer, n'ayant pas sous les yeux toutes les données nécessaires à cet effet, mais il nous paraît que c'eût été la seule vraie solution dans ce cas particulier.

C'est donc ainsi que les C. F. F. ont donné le jour, comme le disent les experts dans leur rapport du 23 août 1920, à « un enfant malade sur lequel on ne peut se livrer à des expériences sans mettre sa vie en danger ».

Les experts sont d'avis qu'en maintenant le déversoir à la cote 1803 et, si certaines conditions qu'ils indiquent sont remplies, rien ne s'opposera plus à la mise en service de la galerie et de la chambre de mise en charge.

La quantité annuelle d'énergie électrique que le lac Ritom pourra fournir a subi de ce fait une diminution de 2 à 3 %, ce qui ne serait pas bien grave si tout se bornait à cela.

Mais notre attention a été attirée, au cours de l'examen des pièces que nous avons sous les yeux, par un fait auquel le rapport des experts ne paraît pas devoir attacher toute l'importance qu'il comporte, et qui pourrait avoir des conséquences désastreuses pour l'ensemble de l'ouvrage. Nous souhaitons vivement que nos prévisions ne se réalisent pas, mais ne pouvons cacher les craintes sérieuses que nous éprouvons.

Il s'agit de la *teneur en gypse* :

- 1^o du sable employé ;
- 2^o de l'eau employée pour le gâchage ;
- 3^o de l'eau que le tunnel est appelé à conduire et qui actionne les turbines.

¹ Voir ces profils à la page 89 du *Bulletin technique* du 16 avril 1921.

Les intéressantes recherches faites par MM. R. Mellet et Léon-W. Collet, dont les résultats sont consignés dans la « Communication n° 13 du Service suisse des Eaux », ont démontré que l'eau du lac était gypseuse, faiblement à la surface, fortement dans les couches profondes, et de nouveau moins fortement dans les couches très profondes. Elles ont révélé l'existence de sources sous-lacustres plus ou moins minéralisées.

MM. R. Mellet et Léon-W. Collet ont prélevé des échantillons d'eau à diverses profondeurs, en 1913 avant l'abaissement du niveau du lac (cote du plan d'eau 1831,5), et en 1918 après l'abaissement du niveau du lac jusqu'à la cote 1812,50. L'analyse de ces échantillons a démontré que, abstraction faite de l'hydrogène sulfuré que l'on ne trouve pas à la surface mais dans les couches profondes, la minéralisation de ces eaux était partout la même au point de vue qualitatif, en 1918 comme en 1913. « C'étaient des eaux séléniteuses, contenant en dissolution surtout des sulfates de calcium et de magnésium, seulement de très faibles proportions de carbonates, traces de chlorures, de fer, d'alumine et de matières organiques ». Au point de vue quantitatif, cette minéralisation augmentait assez rapidement de la surface vers les couches profondes, en 1913 et en 1918, mais selon une courbe qui n'est pas la même pour 1913 que pour 1918. Cela s'explique sans doute par le fait que l'on a tiré de l'eau de fond pour abaisser le lac jusqu'à la cote 1812,50 en 1918.

Nous n'avons pas connaissance que de nouvelles analyses aient été faites après que le lac eut de nouveau été rempli. Il serait fort intéressant de comparer la courbe de minéralisation actuelle de l'eau du lac plein, avec les courbes de 1913 et de 1918, et plus spécialement avec celle de 1913.

Pour le moment, nous savons qu'il existe sous le lac des sources séléniteuses. D'autre part, le rapport de MM. Rothpletz, Rohn et Büchi nous apprend qu'en août 1920 l'eau du lac (celui-ci vraisemblablement était plein), prise au tube de remplissage de la galerie, accusait une teneur en gypse de 0,83 gr. par litre. Nous renvoyons nos lecteurs au n° 16-IV-1921 du *Bulletin*, chapitre 3^e, intitulé « Eaux souterraines ».

Oui, certes, l'eau renfermant du gypse en de semblables proportions désagrège les bétons *ordinaires*. Et lorsque la teneur en gypse atteint $\frac{1}{3}$ de la saturation, la désagrégation se produit déjà très rapidement. Selon des expériences que nous avons faites, quelques mois suffisent. Mais nous ne sommes plus d'accord avec les auteurs du rapport lorsqu'ils affirment que ce travail de désagrégation s'opère « si le béton n'est pas complètement plongé dans ladite eau », ni lorsqu'ils disent, en parlant d'échantillons de béton qu'ils ont fait prélever : « Cet examen a confirmé les experts dans leur crainte que le béton de la partie supérieure n'eût déjà perdu de sa résistance à cause du gypse que renferme l'eau, et ils appréhendent que cette influence ne continue à se développer surtout si la galerie n'est pas mise

sous pression. » Les experts parlent ici de l'eau des sources rencontrées dans le tunnel.

Nous savons, par expérience, que le béton de composition normale est rapidement désagrégé par l'eau gypseuse même s'il entre en contact avec cette eau plusieurs années après sa fabrication, et même s'il est complètement noyé dans cette eau. La désagrégation se produit un peu plus rapidement si le béton de composition normale entre en contact avec l'eau gypseuse sitôt après sa fabrication, et plus rapidement encore si le béton a été préparé avec de l'eau et des matériaux gypseux. La mise sous pression de la galerie de Ritom ne permettrait donc nullement d'éviter ce travail de désagrégation.

On sait qu'avec le déversoir, établi à la cote 1803,0 sur demande des experts, la galerie ne sera pas noyée jusqu'au faîte sur les 100 à 150 premiers mètres de sa longueur et qu'elle le sera toujours de là jusqu'à la chambre de mise en charge. C'est ce fait qui, semble-t-il, explique la crainte des experts « que l'action destructive de l'eau de montagne sur le béton ne produise ses effets dans la partie supérieure de la galerie sur une longueur d'une centaine de mètres ». C'est aussi le fait que l'eau des sources souterraines n'accuse une teneur vraiment dangereuse en gypse que sur le premier hectomètre.

Mais il y a un autre facteur auquel on ne fait pas allusion, *c'est la forte teneur en gypse de l'eau du lac*. Cette teneur est plus forte, et de beaucoup, que celle de la plus dangereuse des sources rencontrées dans le tunnel, et la galerie a été construite en béton de préparation *normale* ou *ordinaire* pour conduire, remplie jusqu'au faîte, et même sous une pression de 4 à $4\frac{1}{2}$ atmosphères, une eau qui accuse une teneur en gypse que l'on nous dit atteindre 0,83 gr. par litre.

En présence de ce fait, il paraît inutile de s'attarder sur les plus ou moins mauvaises qualités des « eaux gypseuses de montagne » rencontrées par-ci, par-là ; le facteur qui de beaucoup est le plus important, c'est la grosse masse de l'eau qui circulera ou dormira dans la galerie, c'est l'eau du lac, celle qui a la plus forte teneur en gypse. Et si cette teneur devait se révéler un peu plus faible par la suite, le danger n'en serait pas moins grand. On peut donc prédire, et cela nous paraît aussi certain que douloureux, que le travail de désagrégation, qui avait déjà commencé en juillet 1920 comme les experts l'ont constaté, va se continuer régulièrement et sur toute la longueur de la galerie y compris la chambre de mise en charge et le puits des vannes au lac.

Les faibles résistances à la compression que l'on nous indique (voir *Bulletin* du 16-IV-1921 pages 90 et 91) semblent confirmer nos appréhensions. Aucun de ces chiffres n'atteint ce qu'on est en droit d'attendre d'un béton renfermant 235 kg. de ciment Portland ; les experts ont du reste signalé la chose ; mais il y a lieu de remarquer que les 1^{er}, 3^e et 6^e de ces chiffres sont tout simplement *inquiétants*. N'en déplaise à MM. les

experts, nous craignons que ces résistances extraordinairement faibles ne doivent être attribuées principalement à l'action destructive de l'eau, c'est-à-dire à l'eau gypseuse de la montagne pour une petite part, et à l'eau fortement gypseuse conduite du lac dans le tunnel pour une très grande part.

Il n'est dit nulle part que l'on ait recouru à un béton de composition spéciale ; certains passages du rapport au contraire semblent affirmer que tous les bétons ont été exécutés au ciment Portland comme cela se fait d'ordinaire.

Or nous savons, pour l'avoir expérimenté en 1912, dans un tronçon de galerie d'aménée d'eau traversant des terrains donnant des eaux presque saturées de gypse, que l'on peut, par une composition spéciale du béton de ciment, empêcher complètement l'action destructive de cette eau. C'est le béton dans la composition duquel on fait intervenir le trass.

Et cette composition n'était, certes, pas nouvelle en 1912 lorsque nous l'avons appliquée.

Comment expliquer que ceux qui ont conçu et construit Ritom n'ont pas vu toute la gravité de cette question ?

On nous dit qu'en août 1917 « *la Direction générale a attiré l'attention du Service de l'électrification sur les dangers de décomposition que présentait pour le mortier la teneur de l'eau en gypse et en hydrogène sulfuré. Le Service de l'électrification n'a, à ce qu'il paraît, pas saisi toute l'importance de cette question* » et, c'est nous qui l'ajoutons, n'en a fait aucun cas.

C'est vraiment regrettable, surtout si, comme nous le craignons, l'*« enfant malade »* venait à mourir sous peu. Voici donc que deux fautes graves ont été commises, que la « centralisation » devait éviter aux dires de ses partisans, et que l'initiative privée n'aurait sans doute pas commises.

Voyons : vous viendrait-il à l'idée de commander une tourte chez un charron et une roue de brouette chez un confiseur ? Non, car il y aurait cent à parier contre un que toutes deux en sortiraient mal rondes.

Les Diablerets, 6 mai 1921.

Loi fédérale réglant l'organisation et l'administration des Chemins de fer fédéraux

Projet du Département des Chemins de fer du 30 avril 1921

La loi dite de « rachat », du 15 octobre 1897, qu'il s'agit de reviser aujourd'hui, comprend deux parties principales : les *dispositions sur l'acquisition des chemins de fer par la Confédération* et les prescriptions pour l'*organisation de l'administration des chemins de fer fédéraux*. Les dispositions sur le rachat des chemins de fer font l'objet des art. 1 à 4, 6 et 49 de ladite loi du 15 octobre 1897 et