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

**Band:** 47 (1921)

**Heft:** 18

**Artikel:** Les dispositions constructives des usines hydro-électriques de l'Oberhasli d'après les projets des Forces Motrices Bernoises (suite et fin)

**Autor:** [s.n.]

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-36607

**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:** 11.07.2025

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

47e année 3 septembre 1921 N° 18

# BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

Réd. : Dr H. Demierre, ing. Paraissant tous les 15 jours

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

SOMMAIRE : *Les dispositions constructives des usines hydro-électriques de l'Oberhasli, d'après les projets des Forces Motrices Bernoises* (suite et fin). — *Programme d'électrification des chemins de fer fédéraux et conséquences financières du remplacement de la traction à vapeur par la traction électrique* (suite et fin). — *Concours pour l'étude des plans d'un laboratoire cantonal de chimie à Neuchâtel* (suite). — *La mesure de la dureté des métaux.* — Divers : *Le commerce extérieur de l'industrie suisse des machines.* — *Fabriques de robinetterie et restrictions d'importations.* — *Dans l'industrie de la parqueterie.* — *Congrès de la chimie appliquée.* — *Exposition de la chimie.* — Bibliographie. — *Calendrier des concours.*

## Les dispositions constructives des usines hydro-électriques de l'Oberhasli

### d'après les projets des Forces Motrices Bernoises.

(*Suite et fin*) [1]

Le *bassin du Gelmer* est obtenu en agrandissant la capacité du lac existant au moyen d'un barrage droit long de 480 m. Cet ouvrage est calculé comme mur de gravité de section triangulaire et prévu en béton avec blocage comme celui du Grimsel avec la seule différence que de grands évidements sont disposés dans l'intérieur du corps maçonné. Le sommet du mur est à la cote 1872, le pied à 1818 et les fondations sont prévues à la cote 1815 de sorte que la hauteur maxima sera de 67 m. Les fouilles comporteront 42 000 m³ de roches granitiques et le cube total des maçonneries est évalué à 240 000 m³. Pour éviter les fissures dans le mur droit, il a été prévu des joints de dilatation. Le lac du Gelmer agrandi couvrira une superficie de 70 ha. et fournira avec une amplitude de 50 m. une retenue d'eau utilisable de 25 500 000 m³ (fig. 8 à 10).

Fig. 8. — Coupe en travers.

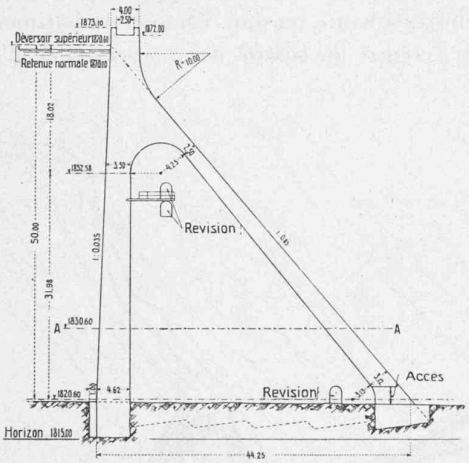
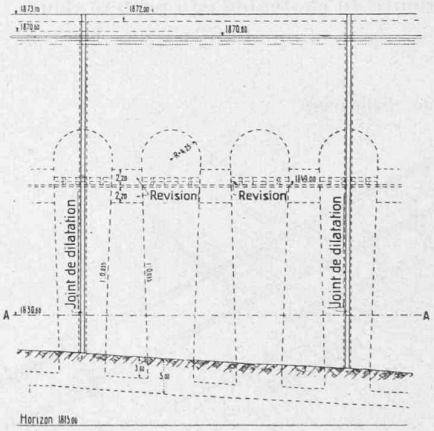



Fig. 9. — Elévation



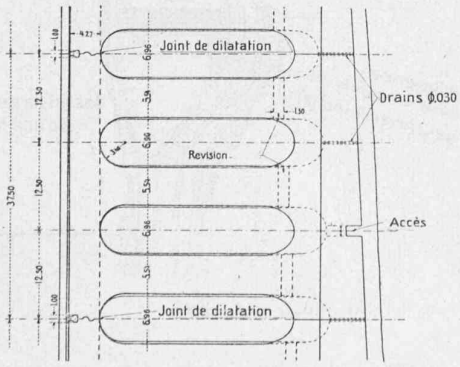




Fig. 10. — Coupe horizontale *A-A*.

Fig. 8 à 10. — Barrage du Gelmersee — 1 : 1000.

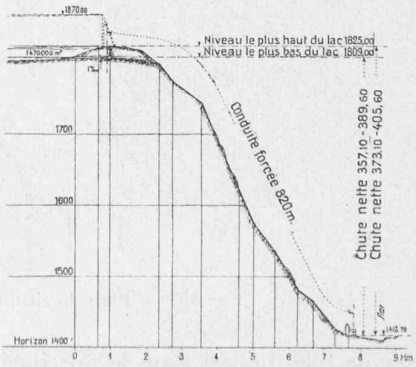
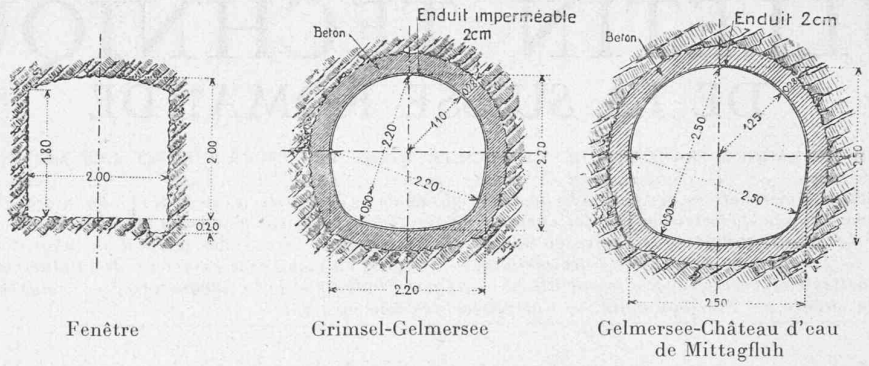



Fig. 12. — Profil en long de la conduite forcée de l'usine auxiliaire du Gelmersee 1 : 1000.

*L'usine de Guttannen.* A la sortie du lac, la galerie d'amenée est munie dans sa prise souterraine d'une double grille et d'une paire de vannes permettant le réglage. La galerie possède une section de 5,19 m², un débit de 15,5 m³. sec., et une longueur de 3890 m. (fig. 11).

[1] Voir *Bulletin technique* du 20 août 1921, page 193.




Fenêtre — Grimsel-Gelmersee — Gelmersee-Château d'eau de Mittagfluh

Fig. 11. Profils-types des fenêtres d'attaque et des galeries sous pression en amont de Guttannen — 1 : 100.

Elle aboutit au *château d'eau* taillé dans le roc granitique de la Mittagfluh à 700 m. au-dessus de la vallée. Il se compose d'une chambre inférieure d'un contenu de 1200 m³ disposée au-dessus de l'extrémité inférieure de la galerie d'amenée, d'un puits vertical de 5 à 7 m. de diamètre et 75 m. de hauteur et d'une chambre supérieure horizontale d'un contenu de 1500 m³ au niveau du lac du Gelmer.

De la chambre inférieure du château d'eau partent deux galeries de section circulaire d'un diamètre de 1660 à 1500 mm. doublées de tôle, taillées dans le roc, inclinées à 200 % et formant *la conduite forcée*. Pour faciliter l'exécution de ces galeries des fenêtres latérales sont percées, dont les attaques sont disposées en étages de 100 m. de distance. Au bas de la paroi de rocher, les deux galeries se fractionnent chacune en trois branches formées de six tuyaux d'acier de 820 à 750 mm. de diamètre intérieur, recouverts d'une couche protectrice contre les pierriers.

La conduite franchit ensuite l'Aar et aboutit dans *la salle des machines de l'usine de Guttannen* correspondant aux six groupes de turbines de 20 000 HP chacune qui y sont disposées. Le bâtiment des machines ainsi que celui des *appareils et transformateurs* sont placés perpendiculairement à la direction de la vallée sur la rive gauche de l'Aar déviée. Le bâtiment des transformateurs est flanqué de deux tours portant les supports pour le départ des conduites à haute tension. En aval du bâtiment des machines se creuse le *bassin de compensation* d'une teneur de 50 000 m³ pour l'usine d'Innertkirchen. Ce dispositif, joint au déplacement de l'Aar et de la route du Grimsel, nécessite des mouvements de terre considérables ; mais d'autre part l'emplacement choisi au milieu des sapins séculaires du Grünwald est peut-être le seul qui offre une sécurité absolue contre le danger d'avalanches dans toute cette partie de la vallée (fig. 13 et 14).

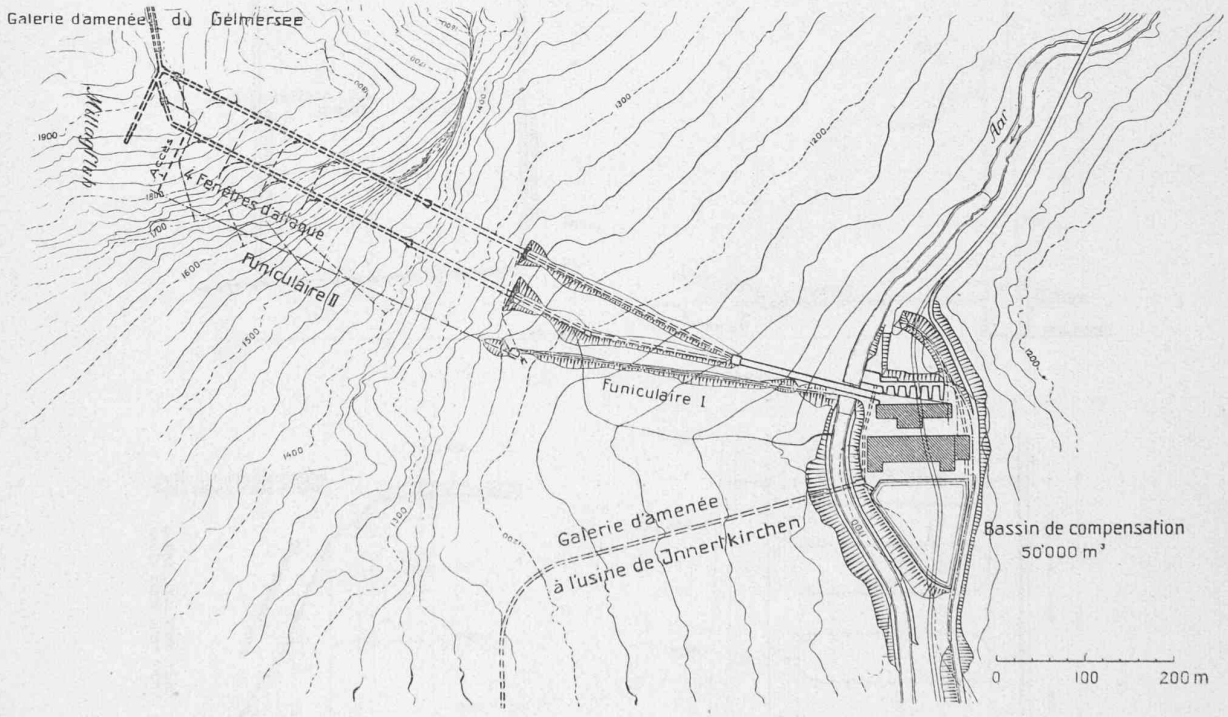



Fig. 13. — Plan de situation de l'Usine de Guttannen — 1 : 8000.

*L'usine d'Innertkirchen.* La prise d'eau pour *la galerie*

*d'amenée* est disposée de façon à pouvoir être desservie soit par le bassin de compensation, soit directement par les turbines, soit enfin par l'Aar. La galerie, après avoir passé sous l'Aar corrigée, entre dans des éboulis qu'elle traverse sur une longueur de 600 m. au moyen d'un profil renforcé. A partir de là elle rencontre partout le rocher. Sa longueur totale est de 7725 m., sa section de 6,05 m² et sa capacité de 18 m³. sec. (fig. 15).

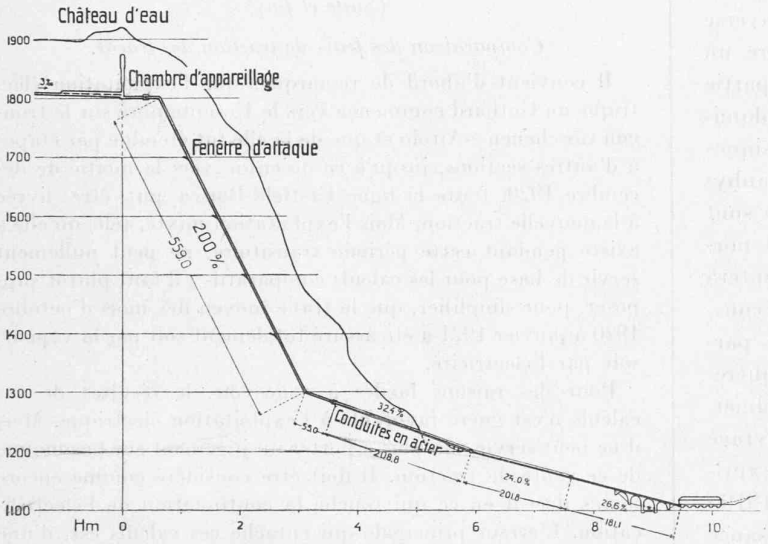



Fig. 14. — Profil en long de l'usine de Guttannen — 1 : 12000.

La disposition du *château d'eau* et de la *conduite forcée* est semblable à celle de l'usine de Guttannen. Le château d'eau est aménagé à l'intérieur de la montagne, en arrière de l'aiguille calcaire dite « Bottigerdaumen » au-dessus du hameau de Bottigen. La conduite forcée qui le réunit à la centrale d'Innertkirchen est formée par deux galeries de section circulaire, parallèles, revêtues de tôle, et fractionnées dans la partie inférieure en six tuyaux d'acier correspondant aux six unités turbo-génératrices. La possibilité est réservée d'amener ultérieurement les eaux venant du glacier de Trift et de la Vallée de Gadmen, ce qui augmenterait l'énergie disponible pendant les mois d'hiver d'environ 6 millions de kWh. Mais les frais d'établissement considérables ne deviendront économiques qu'à partir du moment où l'on transformera le lac d'Engstlen, rendu étanche, en bassin d'accumulation. En attendant il est plus avantageux d'utiliser ces eaux par l'usine auxiliaire de Bottigen.

**Frais d'établissement et prix de l'énergie.**

*Le devis estimatif* comprenant la totalité des constructions, l'établissement du chemin de fer *M.-G.* et la transformation à 150 kW, ainsi que la conduite à haute tension reliant les deux grandes usines de Guttannen et d'Innertkirchen, se monte à 125 millions de francs, sans compter les intérêts intercalaires. La durée totale de la construction est évaluée à huit ans, mais il est prévu de fournir de l'énergie déjà bien avant que les barrages soient achevés. Une première étape prévoit pour l'usine de Guttannen une installation de 60 000 HP. A la fin de la cinquième année de construction elle fournira 43 millions de kWh. et sa production augmentera d'année en année jusqu'à atteindre son maximum à la fin de la huitième année.

*Les dépenses annuelles d'exploitation*, comprenant le service des intérêts calculés au taux de 6 ½ %, les amortissements, droits concessionnaires et impôts, dépenses pour l'exploitation et l'entretien des usines, le tout calculé très exactement se monte à 9 % du coût total. En prenant pour base un coefficient d'exploitation de 70 %, on pourra réaliser, sans tenir compte de l'énergie de saison, un prix de revient de 4 cent. pour le kWh. d'énergie constante prise à Innertkirchen, prix qui, par une exploitation toujours plus intensifiée sera susceptible encore d'une certaine réduction.

L'énergie produite dans l'Oberhasli devra être transportée pour la plus grande partie dans la Suisse centrale au moyen de conduites spéciales pour lesquelles on prévoit une tension de 150 000 volts, soit jusqu'à Mühleberg, Luterbach ou par le Brünig à Lucerne, pour être reliée au réseau de la « Société suisse pour le transport et la distribution de l'électricité » (superréseau suisse ou S. K.).

Le premier tronçon de cette conduite entre Innertkirchen et Guttannen sera installé tout de suite et mis en exploitation avec 16 000 volts pour les besoins des chantiers de construction. On aura ainsi l'occasion d'observer le tracé pendant quelques années, notamment en hiver, et de recueillir de précieuses expériences pour l'exploitation ultérieure en grand. Comme première installation on prévoit deux conduites à trois fils d'aluminium de 127,6 mm² dans la direction Mühleberg-Jura-Bâle avec raccordement au superréseau suisse à Perles, direction Olten. Les dépenses annuelles correspondant au prix d'établissement de la ligne, y compris les pertes de courant, élèvent les prix de revient à environ 5 cent. par kWh. d'énergie constante annuelle. Ces prix sont en état de sou-

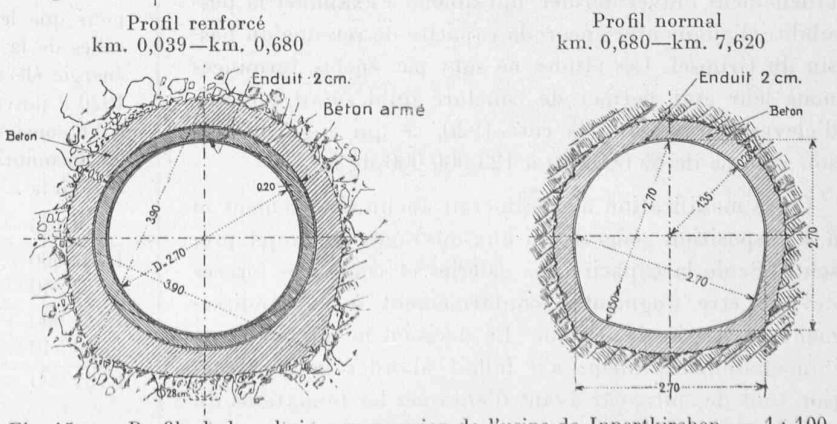



Fig. 15. — Profils de la galerie sous pression de l'usine de Innertkirchen — 1 : 100.

tenir la concurrence avec ceux de tous les grands projets hydroélectriques actuellement en discussion.

Un soin spécial a été apporté à l'étude des conditions géologiques des terrains dans lesquels sont placés les ouvrages principaux. De nombreux préavis ont été élaborés par des géologues de réputation dont le dernier et le plus important provient des professeurs Heim et Arbenz qui concluent à l'étanchéité absolue des bassins et tunnels situés principalement dans le granit et le gneiss. Seule la galerie d'amenée de l'usine d'Innertkirchen traverse comme il a déjà été dit, dans sa partie supérieure un éboulis qui ne présente aucune difficulté, et dans sa partie inférieure sur une longueur de 50 m. des roches dolomitiques, enfin sur 200 à 300 m. des formations jurassiques très favorables. On ne rencontre ni carnioule, ni anhydrite ; des venues d'eau de quelque importance ne sont pas à craindre, et les températures seront partout normales, de sorte que l'exécution des tunnels ne présentera ni danger, ni difficulté quelconque. Les géologues constatent que la configuration de la roche granitique, partout apparente, et polie par le glacier, est particulièrement favorable à l'établissement du barrage au Gelmer. Quant au grand mur du Grimsel qui représente l'ouvrage le plus important de tout le projet, les experts s'expriment comme suit dans leur rapport du mois d'août 1919 : « Dans toute la Suisse, il n'y a pas à notre connaissance un endroit qui se prête mieux à l'établissement d'un grand barrage et d'un bassin de retenue, que l'emplacement choisi, avec sa vaste cuvette absolument aride, bordée de toutes parts de roches granitiques compactes et étanches, fermé à sa partie inférieure par une gorge étroite et profonde, aux parois escarpées, et dépourvues d'éboulis. Partout la roche solide et inébranlable, sans danger de glissement, et avec cela au fond du bassin de réception la présence du majestueux glacier comme puissant régulateur climatérique. Le rapport se termine par ces mots : « C'est avec une confiance absolue que nous pouvons envisager l'exécution et l'achèvement de l'important projet qui nous est présenté. »

Ces circonstances exceptionnellement favorables, tant par rapport au bassin de retenue qu'au barrage proprement dit, jointes au manque d'eau qui s'est fait sentir si cruellement l'hiver dernier, ont amené à examiner la possibilité d'augmenter encore la capacité de retenue du bassin du Grimsel. Les études ne sont pas encore terminées mais leur état permet de conclure qu'il serait possible d'élever la retenue à la cote 1920, ce qui augmenterait son volume de 55 600 000 à 122 000 000 de m³.

Cette modification n'entraînerait aucun changement ni à la disposition générale, ni aux ouvrages du projet présenté. Seule la capacité des galeries et conduites forcées devrait être augmentée conformément à l'agrandissement du bassin de retenue. La décision ne s'impose pas immédiatement, même s'il fallait aborder la construction tout de suite, car avant d'entamer les fondations du grand mur il faut construire le barrage provisoire et la galerie de déviation, ce qui procure largement le temps nécessaire pour achever l'étude en cours et soumettre les conclusions aux autorités compétentes.

St.

---

## Programme d'électrification des chemins de fer fédéraux et conséquences financières du remplacement de la traction à vapeur par la traction électrique.

(*Suite et fin*) [1]

*Comparaison des frais de traction des trains.*

Il convient d'abord de remarquer que l'exploitation électrique au Gothard commença vers le 15 septembre sur le tronçon Göschenen—Airolo et que de là elle fut étendue par étapes à d'autres sections, jusqu'à ce qu'enfin ,vers la moitié de décembre 1920, toute la ligne Erstfeld-Biasca put être livrée à la nouvelle traction. Mais l'exploitation mixte, telle qu'elle a existé pendant cette période transitoire, ne peut nullement servir de base pour les calculs comparatifs ; il faut plutôt supposer, pour simplifier, que le trafic moyen des mois d'octobre 1920 à janvier 1921 a été assuré totalement soit par la vapeur, soit par l'électricité.

Pour des raisons faciles à concevoir, le résultat de ces calculs n'est guère favorable à l'exploitation électrique. Mais il ne peut servir non plus à porter un jugement sur l'économie de ce genre de traction. Il doit être considéré comme encore moins décisif en ce qui touche la continuation de l'électrification. L'erreur principale qui entache ces calculs est, d'une part, que l'on compare les prix *futurs* du charbon avec les prix de revient de l'énergie électrique, qui sont appelés à remplacer les dépenses en combustible et qui ont été excessivement élevés par suite des événements de guerre, et, d'autre part, qu'on limite cette comparaison à un laps de temps où l'électricité commence seulement à supplanter la vapeur et où le service entier de la traction des trains n'a pas encore été adapté aux nouvelles conditions et ne pouvait pas l'être. Il ne sera donc possible d'obtenir le coût de l'exploitation électrique que lorsque le prix de revient de l'énergie pourra être connu exactement et que l'organisation du service sera complètement adaptée aux conditions entièrement changées.

Un calcul établi par les C. F. F. et tenant compte, dans la mesure du possible, de ces facteurs, montre que, pour la section Erstfeld—Biasca, l'énergie électrique, rapportée à la prise de courant des locomotives devrait coûter, par mois,

| | |
|---|---|
| au prix de 150 fr. la tonne de charbon | 415 140 fr. |
| au prix de 110 fr. la tonne de charbon | 312 840 fr. |
| au prix de 70 fr. la tonne de charbon | 210 540 fr. |

pour que les dépenses totales de l'exploitation à vapeur et celles de la traction électrique se balancent. Ces dépenses en énergie électrique se rapportent au trafic des mois d'octobre 1920 à janvier 1921, soit à la quantité d'énergie de 1 731 900 kWh consommée en moyenne dans un mois pour ce trafic par les locomotives électriques. Le coût du kWh devrait donc revenir à :

$$\frac{415\,140}{1\,731\,900} = 24{,}0 \text{ ct. au taux de 150 fr. la tonne de charbon.}$$

$$\frac{312\,840}{1\,731\,900} = 18{,}1 \text{ ct. au taux de 110 fr. la tonne de charbon.}$$

$$\frac{210\,540}{1\,731\,900} = 12{,}2 \text{ ct. au taux de 70 fr. la tonne de charbon.}$$

[1] Voir *Bulletin technique* du 6 août 1921, page 187.