

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 54 (1928)
Heft: 8

Artikel: L'usine de Broc et son bassin d'accumulation (lac de Montsalvens)
(suite)
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-41861>

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: 19.02.2026

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 DE PUBLICATION DE LA COMMISSION CENTRALE POUR LA NAVIGATION DU RHIN

ORGANE DE L'ASSOCIATION SUISSE D'HYGIÈNE ET DE TECHNIQUE URBAINES

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

SOMMAIRE : *L'usine de Broc et son bassin d'accumulation (lac de Montsalvens), suite.* — *Les chemins de fer allemands et les automobiles.* — SOCIÉTÉS : *Société suisse des ingénieurs et des architectes.* — BIBLIOGRAPHIE. — Service de placement.

L'usine de Broc et son bassin d'accumulation (lac de Montsalvens)

(Suite).¹

Les installations de la Jogne.

Dans sa séance du 18 mai 1918, le Grand conseil du canton de Fribourg décida par décret la mise en valeur de l'énergie des eaux de la Jogne par la création d'un lac artificiel et la construction d'une usine électrique à Broc.

Les grandes lignes du projet à exécuter étaient fixées à la fois par les conditions topographiques et par le plan général d'utilisation des cours d'eau fribourgeois. Le problème consistait, en somme, à intercaler la nouvelle usine et son bassin d'accumulation entre le canal de fuite de la centrale électrique déjà existante de la Tzintre (Charmey) et le niveau du futur lac de Rossens, c'est-à-dire entre les cotes 801,60 et 678,10 laissant disponible une chute brute de 121,5 m. Qu'il soit dit en passant que l'usine de la Tzintre n'appartient pas aux E. E. F. Elle est la propriété d'une société qui assure la fourniture du courant à la ville de Bulle et à quelques villages des alentours. (Fig. 5.)

Dès le mois de juin 1918 commencèrent les travaux préliminaires sur la Jogne soit l'aménagement des chantiers et le percement de la galerie de dérivation destinée à détourner la rivière à l'endroit où devait s'élever le barrage. (Fig. 6.)

Jusqu'à l'emplacement de son barrage, la Jogne écoule un bassin versant d'une superficie d'environ 173 km². La rivière et ses affluents sont alimentés non seulement par les pluies et les neiges qui intéressent les Préalpes mais encore par un certain nombre de sources dont les points d'infiltration se trouvent certainement en d'autres bassins. Quelques-unes sont assez importantes. Il s'en trouve une, par exemple, à Bellegarde, à caractère vauclusien, dont le débit est en moyenne supérieur à 1 m³ par seconde.

Les principaux affluents de la Jogne sont le Motélon

et le Javroz. C'est dans la vallée de ce dernier que se trouve la chartreuse de la Valsainte. Les observations météorologiques effectuées pendant plusieurs dizaines d'années par les moines de ce couvent ont établi qu'il y tombe en moyenne 2 m d'eau par an, ce qui en fait un des lieux les plus arrosés de la Suisse dont la hauteur pluviométrique annuelle moyenne est de 1300 mm.

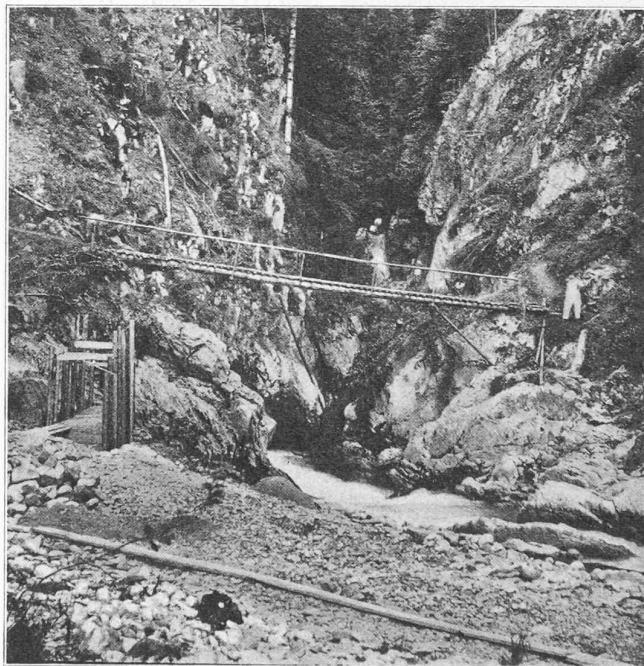


Fig. 6. — Entrée de la gorge.

Le débit naturel de la Jogne est très variable : il tombe à l'étiage à 1,2—1,5 m³ par seconde pour s'élever, lors des grandes crues, à 150 m³ environ. Les observations faites pendant les dix années qui ont précédé la création du barrage, (1907-1917), ont montré que le débit moyen annuel de la rivière varie de 4,4 m³ à 10 m³ par seconde suivant que les années sont très sèches ou très humides. Pendant cette période de dix ans, la valeur moyenne de ce débit annuel a été de 7,5 m³ par seconde. A ce chiffre correspond un volume annuel de 237 000 000 m³. (Fig. 7.)

¹ Voir *Bulletin technique* du 24 mars 1928, page 61.

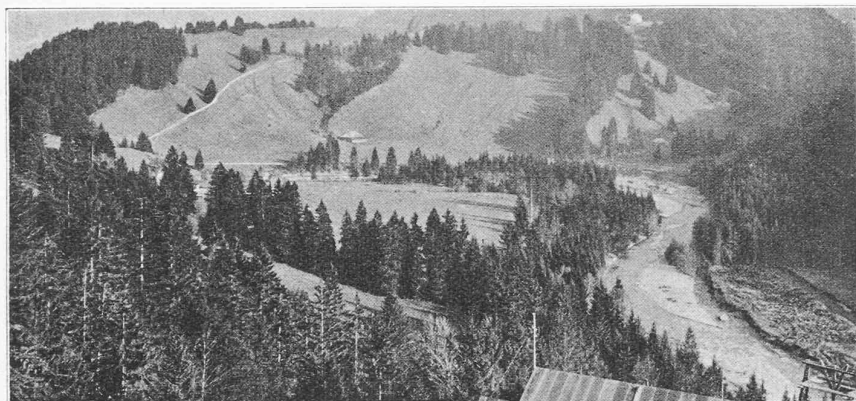


Fig. 7. — Bassin du lac de Montsalvens.

Le lac ayant été abaissé jusqu'au niveau de la moraine, cote 780, un écran étanche fut appliqué sur toute la surface du terrain perméable. On employa à cet effet un puddle, 50 % d'argile, 20 % de sable, 30 % de gravier, dont la composition avait été établie par des essais préliminaires. Les six premiers mètres de cet écran furent damés dans une tranchée verticale creusée jusqu'à la moraine de fond. La partie supérieure fut simplement plaquée sur le terrain et reçut, comme protection contre l'action du soleil et des vagues, une couverture de pierres et de terre. La pente du talus, en cette région, est de 1 : 2,3. Ces mesures se sont révélées efficaces : les pertes ont diminué dans une très grande proportion. Elles ne sont plus guère maintenant que de vingt-huit litres par seconde et proviennent sans doute aucun des parties de la rive que par raison d'économie on renonça à colmater. (Fig. 9.)

Des trois cours d'eau qui alimentent le lac, la Jogne et le Motélon charrient fort peu d'alluvions : leurs bassins d'alimentation, très boisés, sont bien protégés contre l'érosion. Il n'en est pas de même du Javroz. Les flancs de sa vallée, constitués en grande partie par le Flysch, ne sont en général que fort peu protégés par une couverture forestière. Ils sont donc très exposés au ravinement et le Javroz entraîne dans ses crues de grandes quantités de matières alluviales. De très importants travaux ont déjà été entrepris dans le haut bassin de ce ruisseau : correction du lit, reboisement des parties dénudées, etc., en vue de fixer le sol, de diminuer les apports du Javroz et d'empêcher l'envasement du lac.

A l'altitude où il se trouve, le bassin de Montsalvens bénéficie de la fonte hivernale des neiges qu'on observe presque chaque année. On est assuré qu'il reçoit au moins une fois, en décembre ou janvier, un appoint considérable qui peut même le remplir complètement. Ce fait est très important car la Sarine est

à ce moment là en crue et les centrales qu'elle alimente peuvent suffire seules aux besoins normaux de l'exploitation. Il est donc possible, durant ces périodes, de garder à peu près complètement la centrale de Broc hors service et de laisser s'accumuler dans le lac presque toute l'eau de la Jogne.

La réserve ainsi constituée est doublement précieuse car la centrale de Broc n'est pas seule appelée à en profiter en cas de retour agressif du froid sec, toujours à craindre en janvier et février. Cette réserve constitue, en ces moments difficiles, un appréciable apport pour les usines de Hauterive et de l'Oelberg, situées plus en aval, en cascade sur la Sarine. La chute totale dont bénéficient alors les *E. E. F.* est de 204 m s'échelonnant comme suit : Broc 121 m, Hauterive 63 m, Oelberg 20 m.

Le barrage.

Son emplacement était fixé par le terrain lui-même. En aval du village de Charmey, en un endroit appelé La Russille, la vallée de la Jogne, assez large d'abord, se transforme brusquement en une gorge étroite dont l'entrée resserrée est encadrée par deux éperons rocheux placés là, comme à point nommé, pour former les appuis du barrage. Le seuil de l'entrée de la gorge était à la cote 750. (Fig. 10.)

La roche en place, calcaire Titonique du Jura, très résistant, présentait aussi bien sur le fond que sur les côtés, un aspect excellent et s'offrait comme un appui parfaitement rigide qui permit d'emblée le choix d'un barrage en forme d'arc.

Les premières fouilles révélèrent que l'éperon rocheux

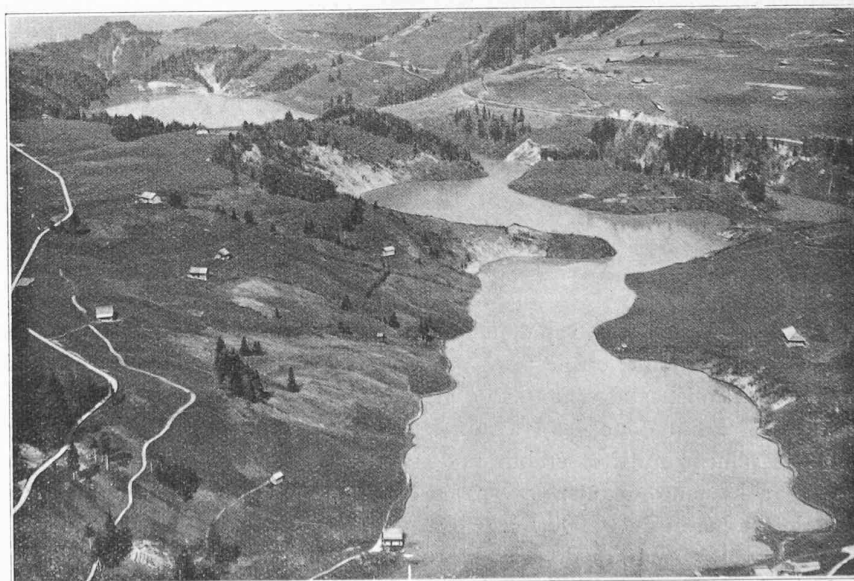
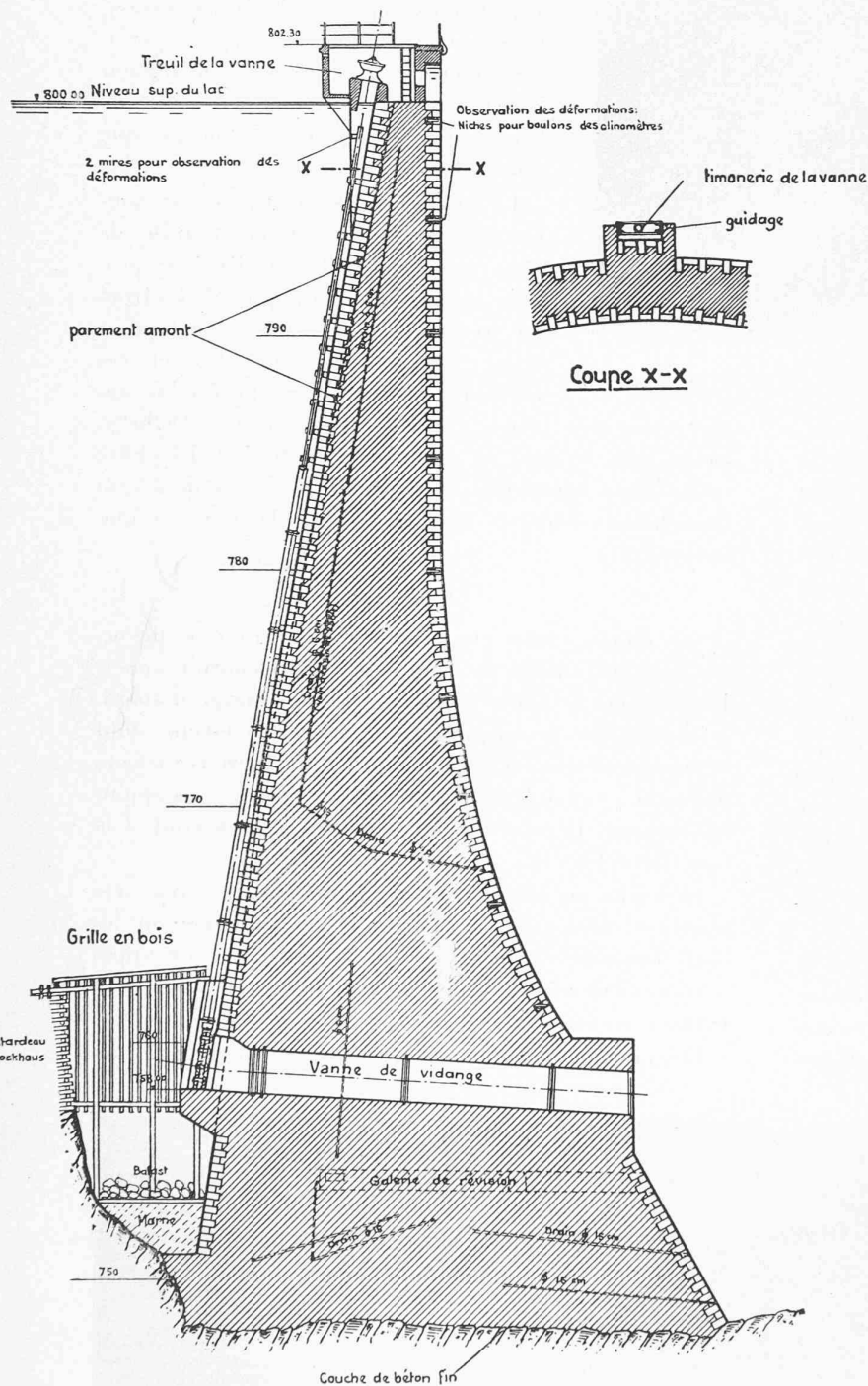
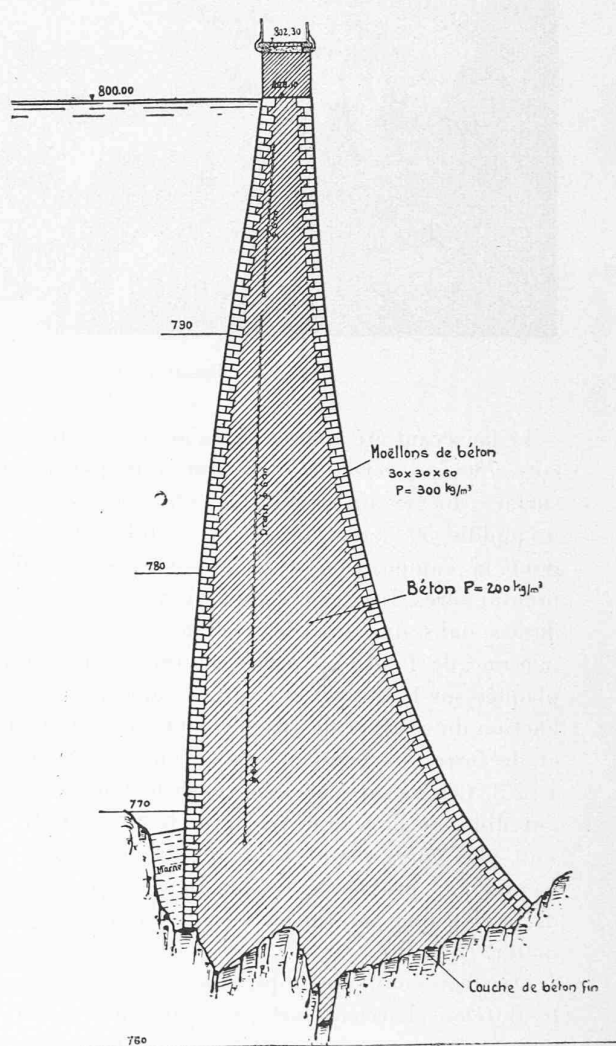


Fig. 8. — Lac de Montsalvens, vu à vol d'oiseau.

Coupe A-A



Coupe B-B



Coupes en travers du barrage de Montsalvens.
Echelle 1 : 500.

Ces coupes sont repérées sur le plan de situation, planche hors texte ci-jointe.

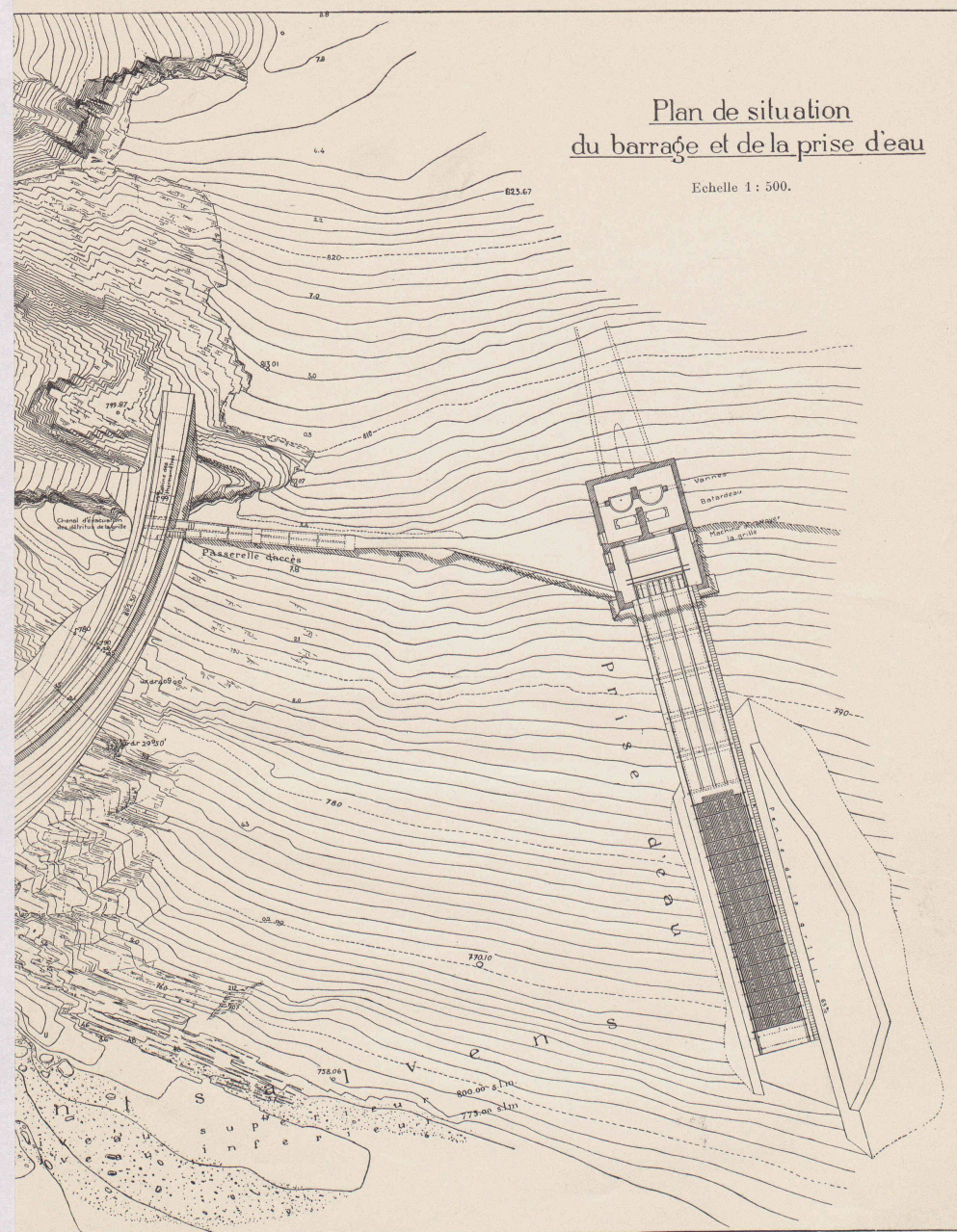
de gauche s'incline très rapidement sous la moraine qui le recouvre, laquelle, on l'a vu à propos du lac, est surmontée de couches alternantes de glaise, de sable et de gravier. Il fallut donc, les travaux étant en cours, modifier le plan primitif et établir une grande culée sur la rive gauche pour épauler le barrage ce qui augmenta le cube de béton de 10 000 m³.

C'est sous l'éperon de gauche que fut percée la galerie de dérivation d'une section de 40 m² avec une pente de 6 %.

Les fouilles du barrage commencèrent en janvier 1919. Au début de décembre 1920, l'ouvrage était complètement achevé.

Le barrage arqué de la Jogne est le premier de ce type construit en Suisse. L'arc permet une construction svelte, élastique et économique : il prête au mur assez de souplesse pour qu'il puisse se déformer quelque peu sous l'action du retrait du béton, de la poussée des eaux et des variations de température. (Fig. 11.)

Ce n'est qu'à partir de la cote 755 que le barrage est



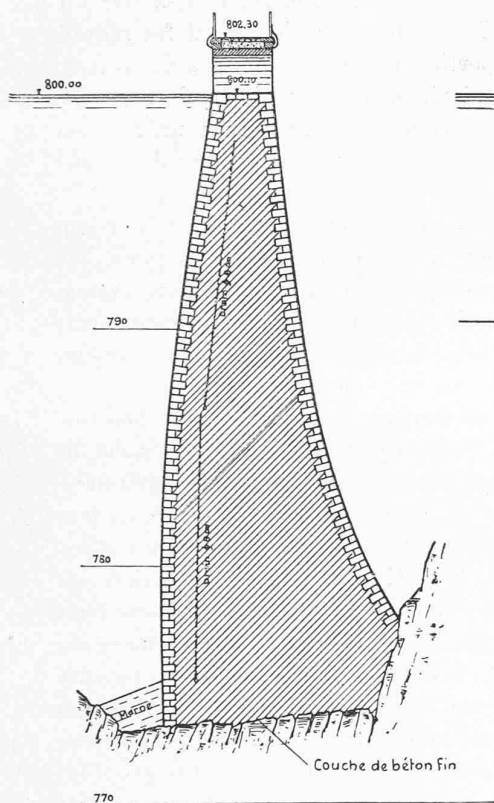
A gauche, le déversoir à clapet automatique remplacé, au moment de la surélévation du niveau du lac, à 800,80, par des vannes à secteur.

LE BARRAGE SUR LA DOGNE, A MONTSALVENS

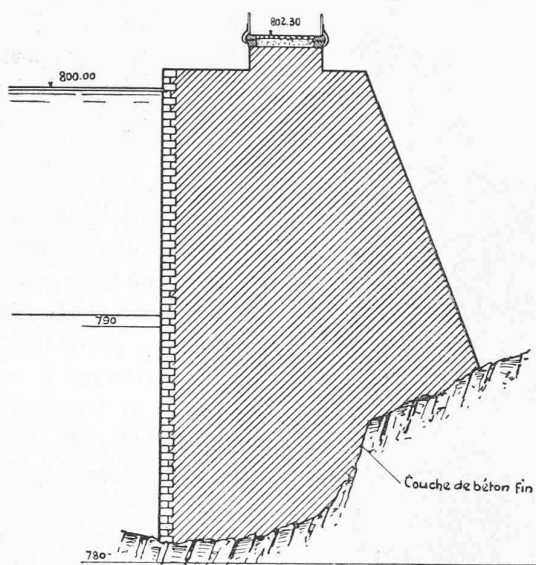
Seite / page

leer / vide /
blank

Coupe C-C



Coupe D-D



Coupes en travers
du barrage de Montsalvens.

Echelle 1 : 500.

Ces coupes sont repérées sur le plan de situation, planche hors texte ci-jointe.

à proprement parler en arc ; la région inférieure, très épaisse dans le sens de l'axe, totalement encastree, coincée pour ainsi dire dans le roc, forme un socle absolument rigide.

Le barrage de la Jogne a exigé un volume total de béton de 26 000 m³ y compris les culées latérales : avec un barrage à gravité, 40 000 à 50 000 m³ de béton eussent été nécessaires.

L'étude du barrage, l'établissement de ses plans, la surveillance de sa construction, furent confiés au bureau technique *H. E. Gruner*, de Bâle qui s'est fait une spécialité de ce genre de construction. La méthode de calcul employée à cette occasion est développée par M. le *Dr. Ing. Alfred Stucky* dans sa publication : « Etude sur les barrages arqués », (« Bulletin Technique de la Suisse Romande » 1922), dans laquelle le barrage de la Jogne fait l'objet d'un exposé particulièrement développé. Nous renvoyons à cette publication les ingénieurs que ces questions de calculs intéressent ; ils y trouveront aussi certaines observations essentiellement techniques concernant le barrage qui furent faites au cours de sa construction comme après son achèvement.

Les fondations du barrage descendent

à la cote 747-748. Il est arrasé à la cote 800,10, respectivement 800,30 ; sa hauteur est donc de 52 m. La partie amont du barrage soit l'extrados est constituée par une surface conique, tandis que la partie aval, l'intrados, présente une forme évidée rappelant une conque ; son rayon va en décroissant à partir du sommet où il est de 36,50 m.

La longueur totale du barrage est de 110 m à la crête. Son couronnement a une largeur de 3 m aux appuis, de 2 m. à la clef. L'épaisseur du mur va en augmentant du sommet à la base ; au pied de l'ouvrage, elle est de 22 m. (Fig. 12.)

Au delà de la culée de gauche, le barrage est prolongé par un déversoir destiné à évacuer le trop plein du lac. Un pont de service surmontant le barrage unit les deux rives en passant par-dessus le déversoir. Autrefois, une partie du trop plein du lac pouvait passer sous les arches du pont et s'écouler le long du parement aval.

Ces arches ont été murées lors de l'exhaussement du lac en 1926 et maintenant le déversoir est la seule issue pour les eaux. Le déversoir est muni de deux vannes pivotantes dont la crête supérieure est à la cote 800,80 et qui, ouvertes, peuvent livrer passage à 145 m³ d'eau par seconde, débit maximum des plus grandes crues de la Jogne.

Le pied du barrage est traversé par une conduite métallique de vidange de 2 m de diamètre, enrobée dans le béton du mur, fermée à l'amont par une vanne système *Escher Wyss* commandée au moyen d'un treuil

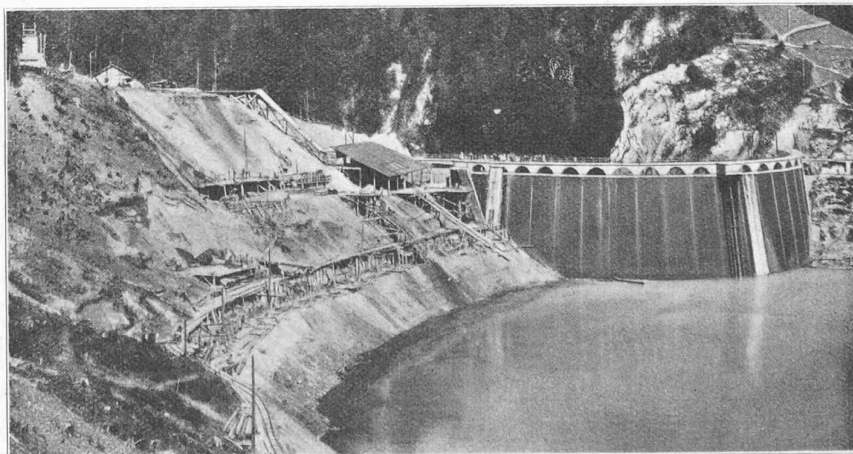


Fig. 9. — Chantier des travaux de colmatage, à la Gîte d'Avaux.

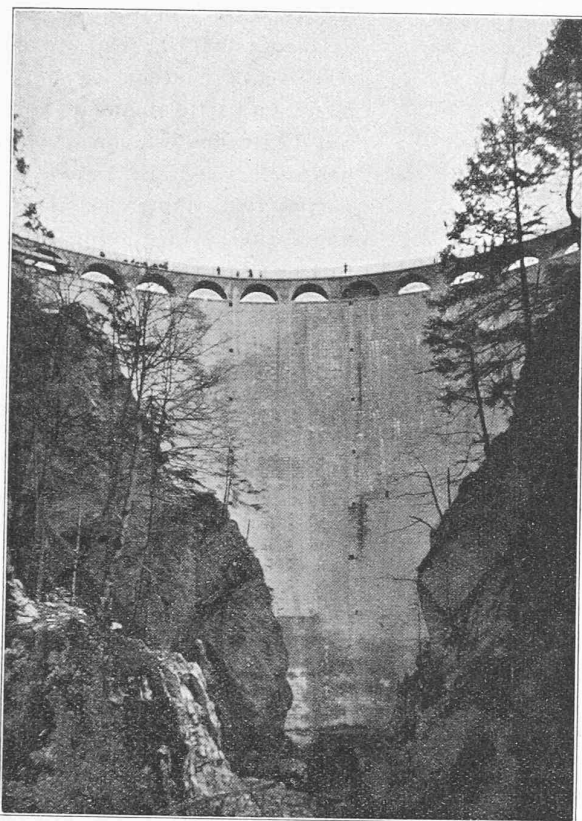


Fig. 10. — Le barrage sur la Jogne, à Montsalvens, vu de l'aval.

et d'une timonerie depuis le couronnement. Une grille de bois défendait l'entrée de cette conduite aux débris de bois flottants qui auraient pu y pénétrer et s'y coincer. Cette conduite a rendu de grands services dans l'intervalle qui s'est écoulé entre l'achèvement du barrage et la mise en service de l'usine de Broc, soit dans l'hiver 1920-1921, en permettant de faire bénéficier déjà de l'accumulation les centrales de Hauterive et de l'Oelberg sur la Sarine. Son but principal était de rendre possible, durant la mise en charge et les essais auxquels celle-ci donna lieu, le maintien du niveau du lac à une cote quelconque inférieure au seuil du déversoir. Le sort de cette vanne est d'être peu à peu envasée.

La roche en place dans laquelle devait être implanté le barrage fut soigneusement décapée et débarrassée de tous matériaux meubles. On nettoya le mieux possible ses diaclases et des tuyaux d'injection y furent placés qui permirent de rendre le soubassement absolument étanche. Sur le roc mis à nu fut étendu d'abord un lit de mortier de 3 à 5 cm. d'épaisseur, puis une couche de béton fin dosé à 300 kg. de ciment.

Sur cette assise s'éleva le barrage. Les matériaux devant entrer dans sa construction firent au préalable l'objet d'un choix minutieux. Comme liant, on adopta le ciment normal *Holderbank* après de très nombreux essais effectués particulièrement pour déterminer la nature du sable et gravier à introduire ainsi que leur proportion dans le mélange. On fut ainsi amené à

choisir, pour la partie inférieure du barrage, un béton de 250 kg. de ciment pour $0,5 \text{ m}^3$ de sable et $0,800 \text{ m}^3$ de gravier. Pour la partie supérieure, c'est-à-dire au-dessus de la cote 765, la quantité de ciment fut réduite à 220 kg., la proportion de sable et de gravier restant la même. Le sable était un mélange de $\frac{2}{3}$ de sable naturel et $\frac{1}{3}$ de sable concassé et le gravier un mélange dans le même rapport de gravier naturel et de gravier concassé.

De très fréquents prélèvements en vue d'essais étaient effectués directement à la bétonnière et les points du barrage où était appliqué le béton échantillonné étaient exactement notés. La résistance à l'écrasement après vingt-huit jours varia de 250 à 350 kg. par centimètre carré et atteignit même une valeur plus élevée.

Les deux faces du barrage sont revêtues de blocs de béton de $60 \times 30 \times 30 \text{ cm}$ contenant 50 kg de ciment de *Holderbank* pour 34 litres de gravier naturel, 100 litres de gravier concassé et 25 litres de sable artificiel. La face extérieure de ces blocs est recouverte d'un enduit glacé, ciment et sable à 1 : 1. En cours de construction, ces blocs servirent de coffrage. Leur mise en place était effectuée avec le plus grand soin : ils étaient placés sur un lit de mortier, 1 : 3, et recevaient sur la face intérieure une couche de béton fin. Derrière ces blocs, le béton était jeté à l'état mi-sec et damé au moyen de fondeuses pneumatiques. A titre de précaution, des tuyaux d'injection furent disposés permettant de refouler du mortier entre les parements et la masse de béton ; mais cette

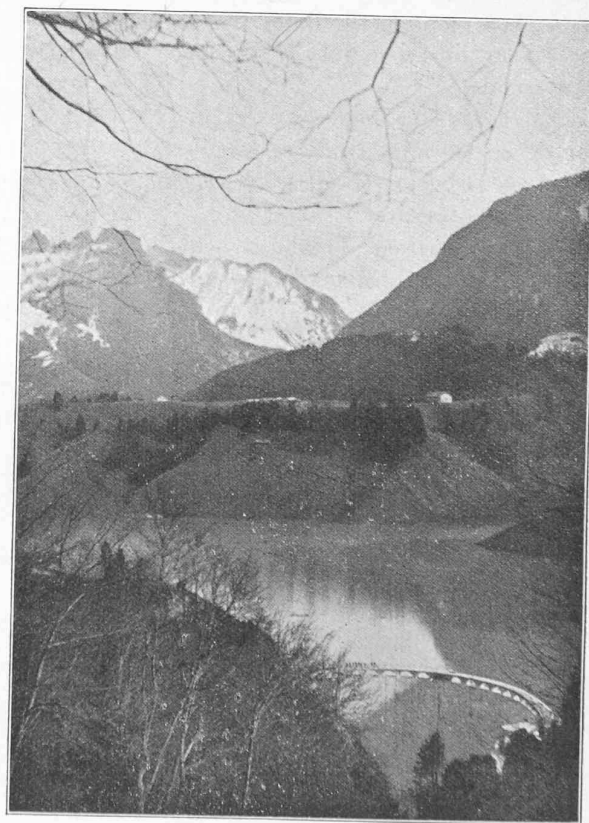


Fig. 11. — Le barrage sur la Jogne et le lac de Montsalvens.

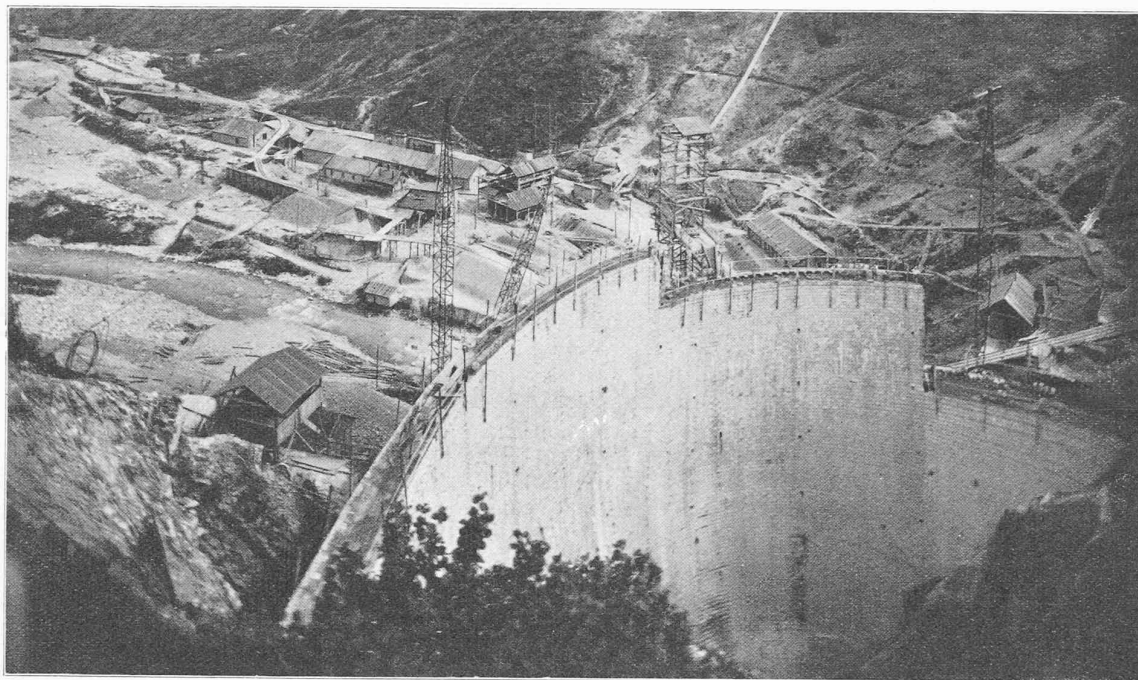


Fig. 12. — Barrage de Montsalvens arrasé, à gauche, à la cote (800) supérieure, future, du lac.
Au fond, installations et la Jogne, rivière.

opération a démontré que presque partout le béton adhérait fortement aux blocs. Après achèvement du barrage, les joints entre blocs furent grattés et remplis d'un mortier de ciment, 1:2, et le parement amont fut badigeonné à l'Inertol.

Lorsque des masses considérables de béton sont mises en œuvre comme ce fut le cas à la Jogne, des phénomènes physiques interviennent lors de la prise ou postérieurement qui peuvent avoir une influence sur la résistance finale de l'ouvrage et dont il faut tenir compte. Ces phénomènes, élévation de la température, dilatation, retrait du béton, étaient assez mal connus lors de la construction du barrage de Montsalvens. En principe, un tel ouvrage doit former un monolithe encastré entre les flancs de la vallée et faire corps avec eux. Mais l'expérience enseigne que dans une telle masse des fissures se produisent inévitablement si des précautions spéciales ne sont pas prises pour parer à cet accident.

C'est pourquoi, à la Jogne, afin d'éviter, dans la mesure du possible, les fissures toujours à craindre dues à la contraction du béton durant sa prise, le barrage fut divisé en cinq voussoirs que l'on éleva séparément à partir du socle jusqu'à la crête, ménageant entre eux quatre vides traversant le barrage d'une face à l'autre et suffisamment larges pour que l'on y pût travailler commodément. On avait ainsi cinq tronçons indépendants, ceux du centre de 35 m. de hauteur, pouvant obéir librement aux efforts internes développés par la prise. Les intervalles entre les voussoirs devaient jouer le rôle de joints de dilatation. Ils furent munis de redans. Six semaines après l'achèvement des voussoirs, ces intervalles furent à leur tour bétonnés et l'on y scella les plaques de cuivre élastiques afin d'empêcher toute fuite éventuelle.

La construction du barrage fut terminée dans l'automne de l'année 1920 mais le remplissage du lac ne put être commencé que le 21 janvier 1921. Il s'écoula

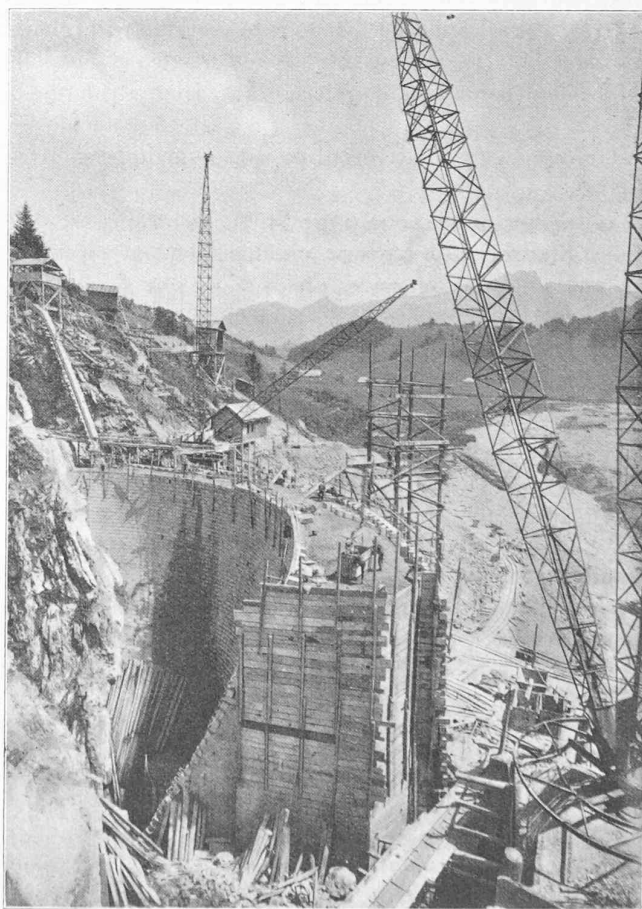


Fig. 12 bis. — Le barrage en construction.

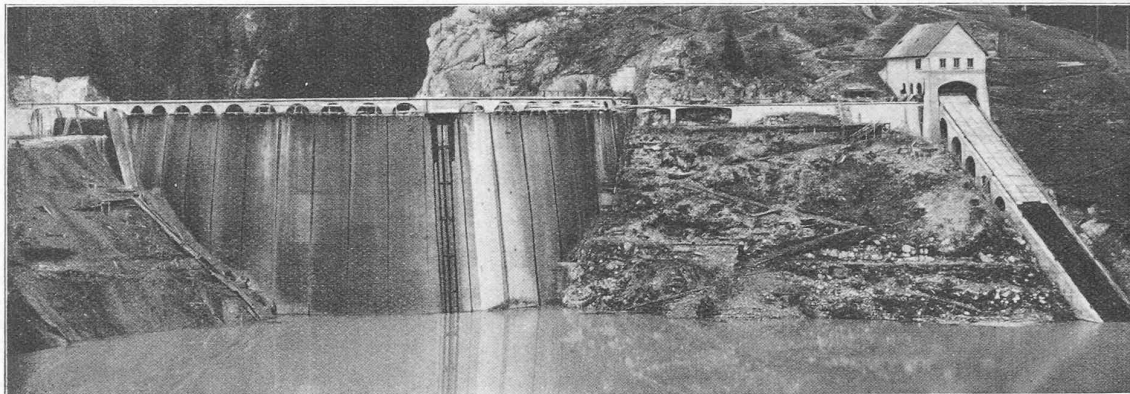


Fig. 13. — Barrage de Montsalvens avec, à droite, la prise d'eau et, à gauche, le déversoir.

donc un certain temps entre l'achèvement du barrage et sa mise en charge. (Fig. 13.) Dans la nuit du 16 au 17 novembre 1920, qui fut très froide, deux fissures se manifestèrent au joint de droite provenant d'un décollement du joint et des voussoirs adjacents. On remédia à cet accident en injectant du ciment dans les fissures dont la plus grande largeur ne dépassait pas 1,5 mm. Lors de la mise en charge, ces fissures étaient parfaitement obstruées.

Dans une construction comme le barrage de la Jogne, les sous-pressions et les infiltrations éventuelles à travers le béton peuvent parfois causer des surprises désagréables. C'est pourquoi, à la Jogne, afin de mesurer les premières, on prit la précaution de disposer en certains points particulièrement importants des tuyaux verticaux ou obliques débouchant dans la galerie de révision et auxquels pouvait s'adapter un manomètre : c'est tout au plus si l'un ou l'autre tuyau livrèrent passage à quelques gouttes d'eau.

Contre les infiltrations, un système de drains est disposé à l'intérieur du barrage, parallèlement au parement amont ou verticalement et aboutissant soit sur la face aval soit dans la galerie de révision. Aucune venue d'eau ne fut jamais constatée ce qui démontre la parfaite étanchéité du parement amont.

Le barrage fut construit en régie cointéressée par un consortium d'entrepreneurs fribourgeois, MM. Fischer, Hogg et Jaeger, ainsi que la prise d'eau, la chambre de mise en charge et l'infrastructure des conduites forcées.

Tous les matériaux, sauf le sable, furent amenés par camions automobiles jusqu'en dessous du village de Crésuz, au point de départ d'un funiculaire aérien qui les descendait au fond de la vallée. Le sable naturel fut extrait de la moraine à proximité du barrage, quant au gravier naturel on dut aller le chercher sur les bords de la Sarine près de Broc.

Les E. E. F. installèrent sur les lieux un transformateur électrique triphasé, 350 kVA, 8000/500 volts, duquel rayonnait un réseau de distribution sur tout le chantier pour actionner les nombreux moteurs en service.

Une source jaillissant au flanc de la Gîte d'Avaux fut captée qui fournit l'eau nécessaire pour les travaux ;

refoulée par une pompe dans un réservoir, cette eau était amenée par gravité aux endroits voulus. Quant à l'eau potable, elle fut simplement prélevée sur la conduite d'alimentation de la ville de Bulle qui, nous l'avons vu, passe par-dessus un des bras du lac.

Une troupe de deux cents à trois cents ouvriers étant occupés presque en permanence aux travaux du barrage, de la prise d'eau et de la galerie d'amenée, il fallut pourvoir à leur logement et à leur nourriture, les villages voisins n'offrant pas les ressources suffisantes. Aussi édifia-t-on des baraquements sur le flanc droit de la vallée comportant 28 chambres dans lesquelles trouvèrent place 240 lits. Une cantine de 225 couverts et un foyer du travailleur furent également mis à la disposition des ouvriers.

Sur le chantier lui-même se trouvaient les ateliers des charpentiers, de mécanique, de menuiserie, la forge, les dépôts pour l'outillage, les différents bureaux et un laboratoire pour les essais du béton.

On utilisa largement l'air comprimé que fournissaient cinq compresseurs pour les fouilles du barrage, les travaux d'excavation de la prise d'eau et de la galerie, et plus tard pour le damage du béton par fondeuses pneumatiques.

Les matériaux amenés à pied d'œuvre étaient lavés, concassés, triés, avant de passer dans les bétonnières qui déversaient le béton dans des wagonnets. Deux grands derricks, dont le mât avait 32 m. de hauteur, furent installés chacun d'un côté de la vallée. L'un et l'autre desservaient un cercle de 30 m. de rayon et permettaient la mise en place de 110 à 120 m³ de béton en dix heures. Un chevalement édifié devant le barrage servait surtout à élever les blocs des parements et deux funiculaires aériens amenaient le béton à la culée gauche du barrage et au déversoir ainsi qu'à la prise d'eau et au premier tronçon de la galerie dont la description est donnée plus loin.

Ainsi que nous l'avons déjà dit, les fouilles du barrage débutèrent en janvier 1919. Dans les premiers jours de décembre 1920, l'ouvrage était achevé. On obtura alors la galerie de dérivation et, le 21 janvier 1921, commença le remplissage du bassin de retenue. (A suivre.)