

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 75 (1949)
Heft: 9

Artikel: Les barrages de la Società adriaticà d'elettricità en Vénétie
Autor: Semenza, C.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-56863>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 04.05.2025

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

BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les 15 jours

ABONNEMENTS :Suisse : 1 an, 20 francs
Etranger : 25 francs

Pour sociétaires :

Suisse : 1 an, 17 francs
Etranger : 22 francsPour les abonnements
s'adresser à la librairie**F. ROUGE & Cie**
à LausannePrix du numéro :
1 Fr. 25**Organe de la Société suisse des ingénieurs et des architectes, des Sociétés vaudoise et genevoise des ingénieurs et des architectes, de l'Association des anciens élèves de l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne et des Groupes romands des anciens élèves de l'Ecole polytechnique fédérale.****COMITÉ DE PATRONAGE.** — Président : R. NEESER, ingénieur, à Genève; Vice-président : G. EPITAUX, architecte, à Lausanne; secrétaire : J. CALAME, ingénieur, à Genève. Membres : *Fribourg* : MM. † L. HERTLING, architecte; P. JOYE, professeur; *Vaud* : MM. F. CHENAUX, ingénieur; E. D'OKOLSKI, architecte; A. PARIS, ingénieur; CH. THÉVENAZ, architecte; *Genève* : MM. L. ARCHINARD, ingénieur; E. MARTIN, architecte; E. ODIER, architecte; *Neuchâtel* : MM. J. BÉGUIN, architecte; G. FURTER, ingénieur; R. GUYE, ingénieur; *Valais* : MM. J. DUBUIS, ingénieur; D. BURGENER, architecte.

Rédaction : D. BONNARD, ingénieur. Case postale Chauderon 475, LAUSANNE

TARIF DES ANNONCESLe millimètre
larg. 47 mm.) 20 cts.
Réclames : 60 cts. le mm.
(largeur 95 mm.)Rabais pour annonces
répétées**ANNONCES SUISSES S.A.**5, Rue Centrale
Tél. 2 33 26
LAUSANNE
et Succursales**CONSEIL D'ADMINISTRATION DE LA SOCIÉTÉ ANONYME DU BULLETIN TECHNIQUE**

A. STUCKY, ingénieur, président; M. BRIDEL; G. EPITAUX, architecte; R. NEESER, ingénieur.

<

Adriatica di Elettricità», qui distribue chaque année environ 2 milliards de kWh dans quinze provinces qui comprennent toute la Vénétie, la Vénétie Julienne, Bologne et la Romagne jusqu'à Rimini.

Je vous parlerai donc tout particulièrement des barrages les plus récents que ma Société a projetés et construits sous ma direction. Permettez-moi cependant de faire précéder la description détaillée de ces ouvrages d'un bref aperçu général sur l'état de la technique des barrages en Italie, et de quelques considérations à ce sujet.

* * *

Il faut d'abord que vous ayez à l'esprit deux notions fondamentales : premièrement, quand la technique fait dépenser un seul centime de plus que nécessaire pour le résultat qu'elle veut atteindre, tout en tenant toujours compte de la sécurité, c'est une pauvre technique ; secondement, l'Italie est un pays dont les ressources sont limitées, et qui ne peut se permettre, ou tout au moins ne devrait se permettre, aucun luxe. Je crois même pouvoir affirmer, en confirmant ce que j'ai dit précédemment, qu'aucun pays du monde ne devrait se le permettre.

En relation avec ces notions, les barrages-poids perdent de plus en plus, en Italie, la faveur des techniciens parce que peu économiques ; on tend donc à limiter leur construction aux seuls cas où un autre type de barrage ne serait techniquement pas réalisable. On choisira en général des types de barrages d'un volume plus faible qui sont basés sur des études plus poussées et qui correspondent à certaines nécessités économiques : là où c'est possible, des barrages-voûte ou maintenant aussi des barrages poids-voûte, et dans les endroits où la situation morphologique impose un barrage-poids, mais où les conditions de fondation le permettent, des barrages évidés.

Ces dernières années on est aussi revenu aux digues en terre et en enrochement, en les construisant partout où il a été prouvé qu'elles étaient plus économiques que d'autres types de barrages et aussi, naturellement, chaque fois que le terrain de fondation excluait un barrage en maçonnerie.

En général, chez nous, le type de barrage sera choisi par celui qui le projette et approuvé par le gouvernement sur la base de considérations techniques seulement. En effet, avant et durant la dernière guerre, aucun obstacle de principe ne s'opposait de la part des autorités militaires à l'adoption des types de barrages que j'ai indiqués plus haut, comme d'ailleurs aucun obstacle ne s'y oppose actuellement. Les autorités militaires qui, en général, comprennent fort bien et d'une façon pratique la nécessité de produire de l'énergie accumulable — problème extrêmement important en temps de guerre comme en temps de paix — se contentent d'arrêter certaines ordonnances pour assurer, dans chaque cas séparément, l'abaissement rapide du niveau de retenue. Par conséquent, elles se contentent d'approuver les caractéristiques des organes de vidange après les avoir étudiés en accord avec le Ministère des travaux publics et le concessionnaire.

En général, il est prescrit que l'on doit pouvoir baisser le niveau de la retenue, s'il est nécessaire, en vingt-quatre heures ou dans un bref délai, jusqu'à la cote à laquelle correspond une épaisseur de 8 à 10 m pour un barrage-poids.

Ce qui est arrivé pendant la guerre a du reste prouvé le bien-fondé de cette disposition. Aucun dégât important n'a été causé à des barrages italiens. D'ailleurs on peut dire qu'aucun ouvrage faisant partie d'un aménagement hydro-électrique n'a été l'objet d'une attaque dirigée contre lui

seul. Il n'y a eu que quelques destructions sur la ligne de feu, d'autres caus

rimientale nécessaire pour que l'on puisse confirmer au moins la direction des efforts et la répartition des contraintes et obtenir une vision claire du comportement réel de l'ouvrage au point de vue statique.

Une détermination quantitative exacte ne peut évidemment pas être demandée au calcul, ni au modèle ; mais l'amélioration constante des deux méthodes de recherches et les contrôles progressifs que l'on peut avoir grâce aux barrages déjà construits doivent permettre de réviser les notions utilisées jusqu'à ce jour pour le projet des barrages. Révision certes très prudente et raisonnée puisqu'il s'agit de protéger des vallées entières. Mais lorsque les résultats des études analytiques et des essais sur modèles et ceux des études expérimentales entreprises sur des barrages semblables déjà construits se correspondent, on ne voit pas pourquoi il ne serait pas possible de diminuer sensiblement les coefficients de sécurité utilisés pour les barrages tout en les conservant plus élevés que ceux que l'on adopte habituellement pour d'autres constructions plus petites. C'est dans cette direction que l'on travaille en Italie, et c'est pour cela que dans nos barrages nous soignons d'une façon tout à fait particulière le contrôle avec instruments de mesure des efforts, des températures, etc. Nous pouvons aussi ajouter que les résistances à quatre-vingt-dix jours et surtout celles à vingt-huit jours ont une grande importance pour les caractéristiques des bétons ; mais elles sont purement momentanées pour l'ouvrage lui-même puisque les parties les plus sollicitées des barrages, surtout des barrages élevés, ne seront soumises à la charge maximum qu'après bien des mois, souvent après quelques années.

Pour en revenir au modèle, nous pouvons dire qu'il est, dans un certain sens, une machine à calculer, qui soutient l'intuition, et vous savez mieux que moi que souvent c'est le calcul qui trahit l'intuition et non le contraire.

Nous entrons ici dans un domaine extrêmement délicat ; mais il est vrai, et nous devons le reconnaître — pour être prêts aussi à nous défendre d'une tendance qui pourrait, si elle est trop poussée, nous conduire dans une mauvaise direction — que notre travail, qui consiste à projeter et à construire, se rapproche parfois de celui de l'artiste. Et c'est notre sens technique qui nous permet d'anticiper et de prévoir les solutions. Il provient, sans doute, de qualités innées et de la passion au travail, mais il ne mûrit et ne devient pleinement efficace qu'après de longues années de pratique. Il a une très grande importance pour des ouvrages complexes, comme les aménagements de chutes d'eaux qui ne peuvent être faits en série. Vu sous cet angle, le domaine des barrages est extraordinairement intéressant : on peut dire qu'il n'existe

l'économie est à rechercher dans la méthode de construction, soit dans l'organisation du chantier et les détails d'exécution. Mais cette seconde économie, si elle peut parfois être du même ordre de grandeur que celle que l'on obtient en élaborant judicieusement le projet, est plus faible la plupart du temps.

* * *

Venons-en maintenant aux barrages de l'Adriatica. Le terrain des Alpes et des Préalpes vénitiennes, où sont situés nos ouvrages, est caractérisé par une prédominance de calcaire de différentes périodes géologiques. Les barrages sont fréquemment construits dans des gorges étroites et profondes. La meilleure solution est le barrage-voûte ou le barrage en forme de dôme.

Comme, en général, la gorge se prolonge assez loin vers l'amont, il faut atteindre un niveau assez élevé pour augmenter le volume normal de retenue, parce que la capacité du bassin d'accumulation serait trop faible si on ne barrait que la gorge elle-même.

Les exemples les plus remarquables de barrages de ce genre sont ceux du Lumiei et du Vajont — dont je vous parlerai. Mais il y a encore d'autres possibilités de construire des barrages avec des caractéristiques parfois aussi exceptionnelles.

Je ne veux pas que vous croyiez que je veuille construire partout des barrages-voûte : je répète que c'est la nature qui commande, et, je peux vous dire que j'ai projeté, et que nous allons construire, plusieurs barrages d'autres types pour des emplacements qui ne se prêtaient pas à des barrages-voûte.

Je vous donnerai maintenant quelques détails sur nos barrages les plus grands : celui du Lumiei, qui est déjà terminé et qui a été contrôlé, le lac plein ; celui du Piave, en pleine construction ; celui du Val Gallina, dont les travaux ont été commencés, et celui du Vajont, dont les travaux débiteront peut-être dans le courant de 1949.

* * *

Le barrage de la Maina de Sauris, sur le torrent de Lumiei, qui se jette dans le Tagliamento — province d'Udine — repose sur un calcaire tout à fait compact du Ladinico (Trias moyen, partie supérieure). Le

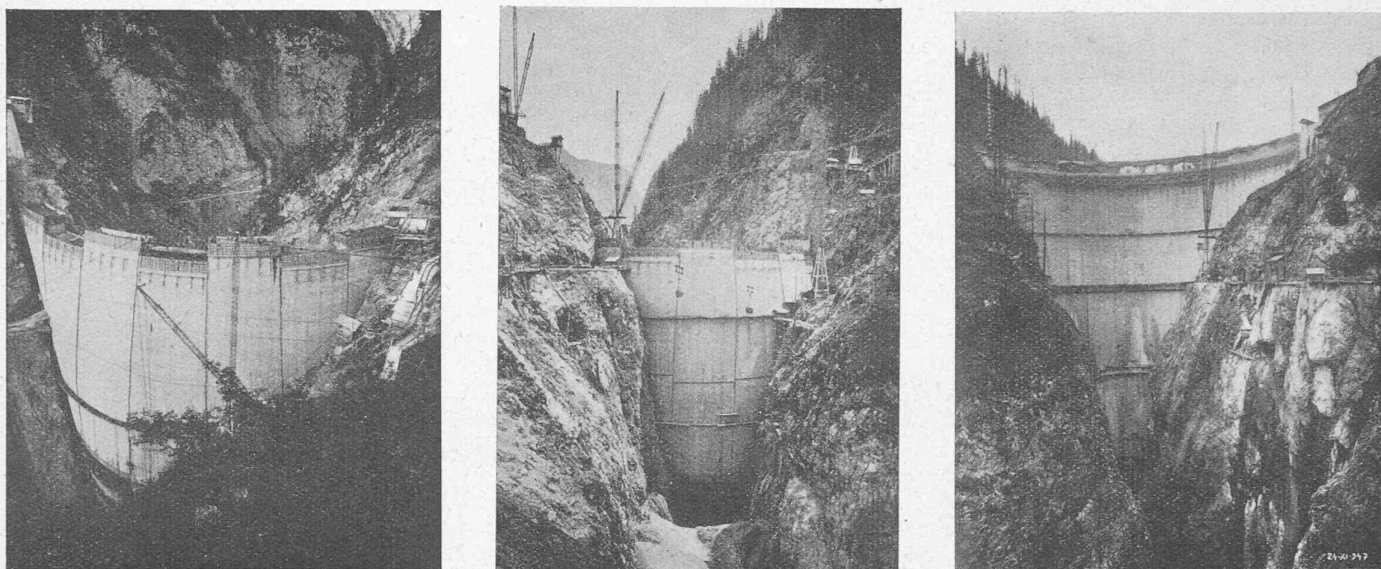


Fig. 3, 4 et 5. — Barrage du Lumiei. — Diverses étapes de la construction.

La voûte est simplement appuyée sur une couche continue de béton armé d'une épaisseur minimum de 2 m que nous appelons « pulvino ». Cette couche est une plaque de transmission et de répartition des efforts sur le rocher. On a créé par ce moyen-là, sur tout le périmètre, un joint continu, protégé par un couvre-joint. Les joints de construction, verticaux, espacés de 15 m, sont aussi protégés par des couvre-joints.

Les deux parements sont légèrement armés au moyen d'un double système de fers ronds, dont l'espacement correspond aux efforts calculés ou bien déterminés par les essais sur modèle.

Les efforts de compression ne dépassent pas 50 kg/cm^2 , ceux de traction 8 kg/cm^2 . Le volume total de béton est de $100\,318 \text{ m}^3$, celui des excavations de $63\,000 \text{ m}^3$, pour la

plus grande partie sur le flanc droit de la vallée. Il fallait en effet obtenir une symétrie parfaite au-dessus du petit bouchon de fond qui, lui, est asymétrique.

La section du barrage, très étroite, donne presque la même impression qu'une feuille de papier alors que, sur place, le barrage donne un sentiment de sécurité absolue.

L'élaboration du projet de ce barrage, comme de ceux de Val Gallina et du Vajont, et la direction des essais sur modèle sont dues essentiellement à M. *Oberti*, professeur à l'Ecole polytechnique de Milan.

Dans la roche du flanc droit, légèrement à l'aval du barrage, un couloir assez profond aurait coupé le prolongement théorique des arcs horizontaux du barrage. Il a été rempli de béton, puis on a injecté la surface de contact. Cette mesure, qui a demandé un volume supplémentaire de 3903

publics, Usines productrices et surtout les Chemins de fer de l'Etat) que nous avons réussi en 1943, et surtout pendant les années d'après guerre 1946 et 1947, à pourvoir sans interruption aux besoins de la construction; mais je dois vous avouer que les difficultés rencontrées pour ces transports ont parfois été décourageantes.

Le ciment a été transporté de la fabrique au chantier du barrage dans des récipients cylindriques d'une capacité de 400 kg, selon un système mécanique utilisé en Italie déjà au barrage du Fraele, dans la Valtellina, par la « Azienda Elettrica Municipale » de Milan et en Suisse à Cleuson.

Ces récipients arrivaient à la gare de Villa Santina par wagons, d'où les prenait automatiquement un téléphérique de 18 km de long pour les amener au barrage. Les agrégats provenaient entièrement de roche calcaire concassée, extraite d'une grande carrière en forme d'entonnoir. Le diamètre maximum utilisé était de 80 mm.

La mise en place du béton a été effectuée au moyen de quatre derricks : deux sur rive gauche desservis directement depuis les bétonnières par wagons-bennes et deux sur rive droite desservis par des blondins qui transportaient les bennes d'une rive à l'autre. De cette façon on a pu éviter tout démélange.

La construction du barrage a débuté durant l'hiver 1941-1942 par la galerie de déviation. Les excavations des culées ont exigé presque deux saisons complètes, et ce n'est qu'à la fin de l'automne 1943, soit déjà pendant l'occupation nazie, que nous avons pu commencer la mise en place du béton.

Le bétonnage a recommencé en avril 1946 et a été achevé en novembre 1947. Les excavations, en forme d'entonnoirs, ont été exécutées en commençant par le haut. Les déblais étaient déchargés dans des puits creusés auparavant à l'intérieur de la masse rocheuse à excaver. Du fond de ces puits, les matériaux étaient transportés par galerie jusqu'à l'amont ou à l'aval du barrage. Avec ce système-là, le rocher a été attaqué en plusieurs points simultanément, et l'on a pu éviter que les déblais ne tombent au fond de la gorge, à l'emplacement du barrage, d'où il aurait fallu les

maximum de 293 m, soit entre les cotes 683,5 et 390,5 — altitude de la prise d'eau des installations de Piave - Santa-Croce.

Le schéma est le suivant :

Sur le Piave, un lac artificiel de 64 millions de m³ auquel seront amenées par une galerie de 5 km les eaux du Boite dérivées grâce à un barrage-voûte de petite dimension.

Du bassin du Piave, une galerie de 24 km de long et de 4,5 m de diamètre amenant les eaux à deux autres réservoirs, le premier après 18 km dans la vallée du Vajont qui se jette dans le Piave, près de Longarone ; le second après 24 km dans le Val Gallina. Ces deux bassins ont respectivement une capacité utile de 58 et de 6 millions de m³.

Du Val Gallina, deux galeries parallèles de 2,5 km de long aboutissent à la grande centrale de Soverzene équipée de quatre groupes à axe vertical, avec turbine Francis ; la puissance de chaque groupe est de 55 000 kW, ce qui donne pour la centrale une puissance maximum de 220 000 kW.

La production annuelle de la nouvelle usine est de 650 millions de kWh, sans compter l'augmentation de production de 150 millions de kWh des installations Piave - Santa-Croce, par suite de l'augmentation du débit moyen utilisable.

Ainsi tout le système nord-oriental du Piave, utilisant les eaux sans perte aucune de chute de la cote 830 à la cote 13, et qui jusqu'à maintenant produisait 720 millions de kWh entre Piave - Santa-Croce et Piave - Ansiei, pourra en produire 1520 millions, répartis uniformément sur les douze mois de l'année et ceci grâce à une série de bassins de retenue dont le volume utile total est de 260 millions de m³.

D'autres extensions sont prévues comme la dérivation des eaux du Maè, affluent du Piave sur rive droite, vis-à-vis du Vajont, et la construction d'un barrage sur le Maè lui-même. La production nouvelle atteindra ainsi près d'un milliard de kWh. Il va sans dire qu'avec le développement des installations à l'amont de Soverzene la séparation en deux du bassin du Piave,

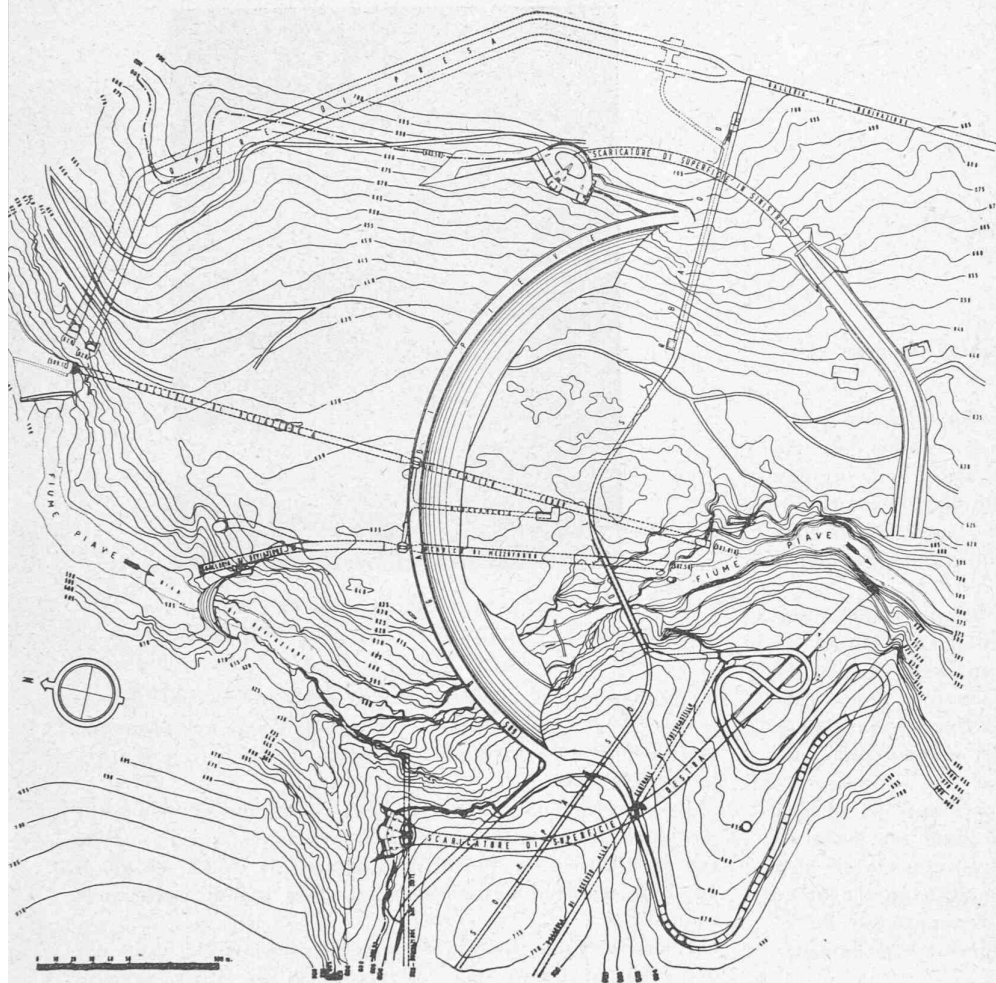
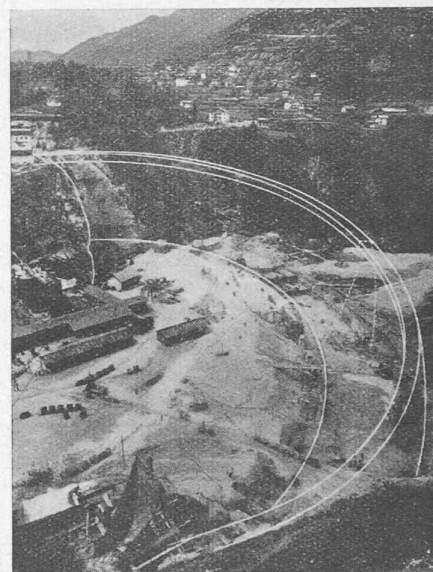


Fig. 9 et 10.
Barrage du Piave.
Plan de situation
et photo-montage.



sur le plateau avait été construit dans la section de la vallée la plus étroite, il aurait eu un parement aval qui se serait prolongé très profondément dans la gorge, créant ainsi une situation statique désagréable, à

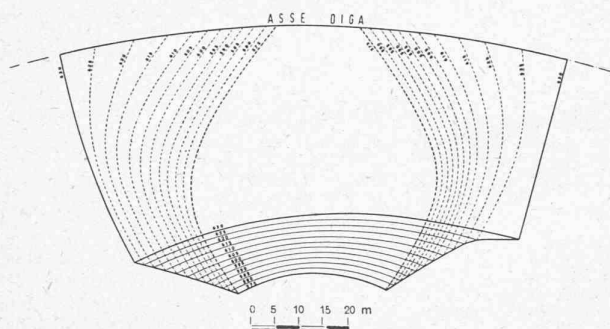


Fig. 11. — Barrage du Piave. — Plan du tampon.

dans le choix du système statique, de l'effet de voûte qu'offrait cette courbure et non de l'utiliser comme sécurité supplémentaire. C'est ainsi que je suis arrivé au barrage voûte-poids. Cette idée a été confirmée par l'examen de plusieurs barrages exécutés hors d'Italie, spécialement par le barrage Gibson et les barrages construits récemment dans le Massif central.

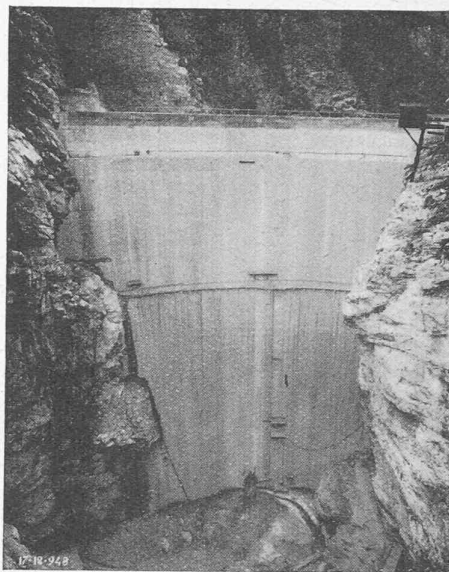
La forme définitive du barrage fut adoptée après une série d'études analytiques et expérimentales exécutées de façon systématique. L'arc supérieur a un rayon moyen de 160,9 m, un développement de 390 m environ, une corde de 305 m ; il est à 55 m au-dessus du plateau, ce qui donne un rapport corde-hauteur de 5,5, rapport un peu supérieur à celui du barrage Gibson.

J'ai parlé du rayon moyen parce qu'en réalité le couronnement est polycyclique, alors que la base est parfaitement circulaire. Cela veut dire que les sections verticales changent d'un point à l'autre de la voûte pour que la directrice des anneaux supérieurs tende à se rapprocher de la ligne des pressions. Les sections sont incurvées vers l'amont, avec un léger surplomb.

L'épaisseur normale, à la base, est de 26 m, soit environ le 65 % de celle d'un barrage-poids de même hauteur ; aux naissances, les surépaisseurs sont de l'ordre de 20 %.

Quant au tampon, d'une longueur de 53 m, il a une épaisseur variant de 26 à 36 m dans l'axe de la gorge.

Le volume total du barrage est de l'ordre de 380 000 m³,



vérification d'après la méthode Trial Load de l'American Reclamation Service, qui, à vrai dire, est assez longue. Enfin, le comportement du barrage est actuellement contrôlé sur un modèle à l'échelle 1 : 40 pour lequel on a construit spécialement à Bergame un bassin d'essai en béton armé.

Les résultats fournis par le modèle sont extrêmement intéressants. Ces jours-ci on est en train de passer de la première phase à la seconde, qui donnera les dernières indications pour le travail de l'année prochaine.

Comme je l'ai déjà dit, ce bassin d'essai constitue le centre d'un institut qui sera bientôt agrandi et qui contiendra d'autres installations importantes pour des essais sur modèles.

Les résultats des études théoriques et expérimentales étant en parfait accord, nous avons été absolument tranquilisés. Le premier résultat est l'élimination des efforts tranchants, le second, l'importance de la pression absorbée par les arcs par rapport à celle des consoles, beaucoup plus grande qu'on ne pouvait le penser. Une des raisons réside aussi dans la déformabilité de la roche considérée dans son ensemble avec ses fissures et ses discontinuités, déformabilité déterminée par des essais sur un tronçon de galerie soumis à des fortes pressions. La roche a un module d'élasticité beaucoup plus petit que le béton et la déformabilité des fondations est grande.

Pour préciser les chiffres, je dirai que si le module d'élasticité des carottes de sondage était de l'ordre de 400 000 à 600 000 kg/cm²; celui de la masse rocheuse, dans son ensemble, variait de 20 000 à 20 000 kg/cm². L'expérience a été répétée après que l'on eut injecté la roche; les résultats passèrent alors à 50 000 ou 60 000 kg/cm². Par prudence les calculs ont tout de même été basés sur un module de 100 000 kg/cm².

Nous avons admis dans nos calculs que la sous-pression était inexistante. Pour l'éliminer, on a disposé un réseau de tubes de drainage et de galeries de contrôle qui recueillent en même temps les eaux.

Nous avons aussi procédé à des essais sur modèle pour le tampon.

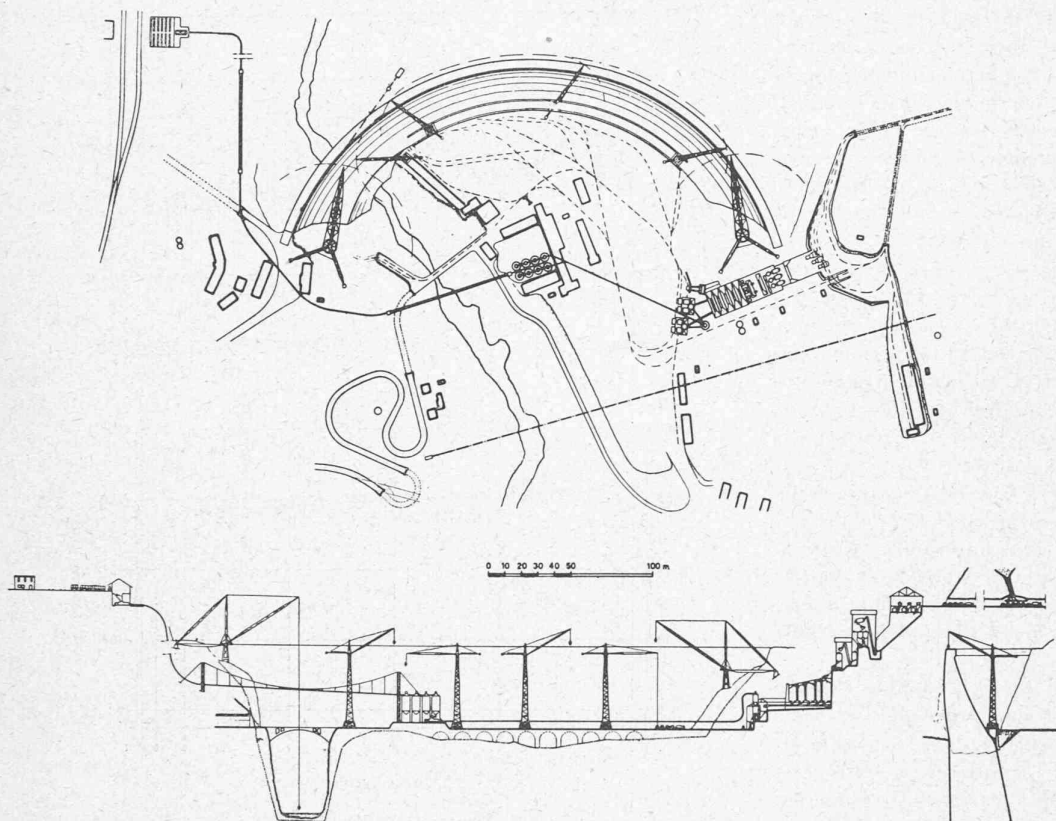


Fig. 16.
Barrage du Piave.
Installation du chantier.
Plan et élévation.

L'abandon de ce procédé a été motivé aussi par la considération suivante : étant donné les différences de températures appréciables que l'on remarque entre la surface extérieure des blocs et la zone immédiatement derrière, les flux thermiques qui se seraient formés dans le sens longitudinal du barrage entre le centre des blocs de bétonnage et la surface des joints auraient pu provoquer des tensions intérieures défavorables pour le comportement définitif du barrage.

Les ciments spéciaux vers lesquels, suivant la pratique américaine, l'on tend aujourd'hui en Italie, ont comme vous voyez des avantages techniques remarquables qui permettent une correspondante réduction de dosage — ce qui entraîne d'autres avantages techniques et compense largement la petite différence de prix que les producteurs demandent.

On peut dire que les producteurs italiens de ciment suivent avec beaucoup de soins la tendance du Service des barrages et des constructeurs vers une différenciation dans les types.

Un autre procédé que nous avons adopté pour combattre les phénomènes thermiques consiste à rendre tout à fait indépendants des efforts de traction les parties extérieures des joints entre blocs au moyen d'une couche bitumeuse.

Nous avons aussi en cours des essais comparatifs sur la gélivité.

La construction du barrage a commencé en 1942 et 1943 par les travaux préparatoires : batardeau et galeries de dérivation. Les excavations n'ont commencé qu'en 1945 et à la fin de 1946 la construction du barrage proprement dit a été confiée à l'entreprise Torno, de Milan, qui a exécuté remarquablement bien le barrage du Lumiei et qui met au service de son travail sa compétence dans le domaine technique et dans celui de l'organisation, et tout son enthousiasme. Les installations de chantier terminées en 1947, le bétonnage a commencé en 1948 : 132 000 m³ de béton ont déjà

Ce béton a un dosage de 200 kg/m³ de ciment, alors que le béton du parement amont a un dosage de 250 kg/m³ sur une épaisseur moyenne de 2 m 50. Tout le béton est vibré, sur place, au moyen de pervibrateurs Notz.

Les résultats obtenus, démontrés par des échantillons prélevés dans le corps du barrage et grâce à des trous forés dans le bouchon, sont très bons tant au point de vue résistance qu'à celui de l'étanchéité. Le poids spécifique du béton a dépassé 2600 kg/m³.

Les ouvrages annexes du barrage comprennent le batardeau amont, barrage-voûte mince, assez important quoique petit puisque sa hauteur est de 31 m et son épaisseur maximum de 2 m, en outre des vidanges de fond et à mi-hauteur traversant en galerie la terrasse rocheuse de Pian delle Ere.

Elles furent déjà exécutées en 1942 pour être utilisées comme galeries de déviation. Enfin, un évacuateur de crues de surface situé sur la rive gauche. Le débit maximum que peuvent évacuer tous ces organes peut atteindre 1200 m³/sec.

En cas de crue absolument exceptionnelle on peut aussi admettre, sans qu'il en résulte le moindre inconvénient du point de vue de la sécurité, que l'eau s'écoule par-dessus le barrage, à travers le parapet qui est prévu en tubes métalliques reliant les poteaux de béton armé, ces derniers garantissant une bonne aération de la veine liquide.

La prise d'eau est aussi située sur rive gauche. Elle est constituée par deux galeries parallèles d'un diamètre de 3,50 m, équipées toutes deux d'une grille fine à grosses mailles et de deux vannes.

(A suivre)

Accumulation de l'Hongrin avec usine hydroélectrique à Veytaux

Par Ch. PASCHOUD, Lausanne ¹