

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 76 (1950)  
**Heft:** 23

**Artikel:** Barrages modernes en Italie (suite et fin)  
**Autor:** Marcello, Claudio  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-57451>

#### 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:** 26.01.2026

**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 francsPour 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. P. JOYE, professeur ; E. LATELTIN, architecte — Vaud : MM. F. CHENAUX, ingénieur ; E. D'OKOLSKI, architecte ; A. PARIS, ingénieur ; CH. THÉVENAZ, architecte : Genève : MM. L. ARCHINARD, ingénieur ; CL. GROSURIN, architecte ; E. MARTIN, architecte ; V. ROCHAT, ingénieur. — 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

**CONSEIL D'ADMINISTRATION DE LA SOCIÉTÉ ANONYME DU BULLETIN TECHNIQUE**

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

**SOMMAIRE : Barrages modernes en Italie (suite et fin), par CLAUDIO MARCELLO, Dott. Ing., Milan. — DIVERS : Une réunion d'urbanistes à Lausanne. — BIBLIOGRAPHIE. — SERVICE DE PLACEMENT.****BARRAGES MODERNES EN ITALIE**(suite et fin).<sup>1</sup>

par CLAUDIO MARCELLO, Dott. Ing., Milan

**V. Aperçu de quelques barrages réalisés en Italie au cours de ces douze dernières années ou en voie d'exécution<sup>2</sup>**

Il s'agit en l'espèce de 9 barrages déjà réalisés et de 7 barrages en cours de construction plus ou moins avancée, ce qui représente le tiers environ de l'activité italienne totale dans ce domaine (24 barrages construits de 1937 à aujourd'hui et 25 actuellement en cours de construction).

**A. Barrages-poids du type massif.**

**Barrage d'Agaro.** C'est un barrage en maçonnerie de pierre au mortier, légèrement arqué en plan, d'une hauteur de 57 m créant une retenue d'environ 20 millions de mètres cubes à une altitude approximative de 1600 m sur le torrent dénommé « Agaro », dans la haute vallée d'Ossola. La figure 7 représente une vue du barrage terminé, prise de l'aval, et dont le volume atteint 149 500 m<sup>3</sup>.

L'étanchéité du barrage, fondé sur un gneiss compact d'excellente qualité, est assurée par un parement en moellons (sur lits de mortier particulièrement riche) derrière lequel on a exécuté des injections de ciment, et par un rideau d'injections dans le rocher.

Au droit des joints de dilatation, distants de 16 m, l'un de l'autre, l'étanchéité est assurée par une tôle de cuivre fixée sur ses bords

entre les moellons, par des fers profilés scellés dans les moellons.

Ce dispositif a été projeté par M. Piero Marionni, auteur du premier projet de barrage.

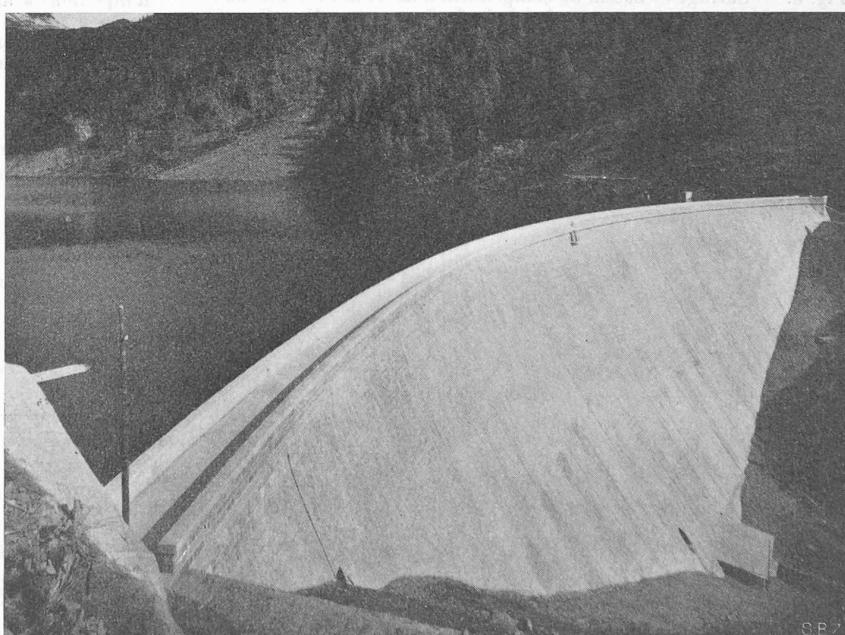
**Barrage de Morasco.** C'est un barrage-poids massif en béton d'une hauteur de 53 m et d'une longueur en crête de 563 m. Il

Fig. 7. — Barrage d'Agaro du groupe d'usines de la vallée d'Ossola. Vue d'aval.

<sup>1</sup> Voir *Bulletin technique* du 4 novembre 1950.<sup>2</sup> Je parlerai exclusivement des travaux que je connais directement en qualité de principal responsable des projets et des constructions. Quant aux autres barrages construits pendant cette période ou actuellement en voie d'achèvement, je me contenterai de donner quelques indications sommaires sur les principaux.

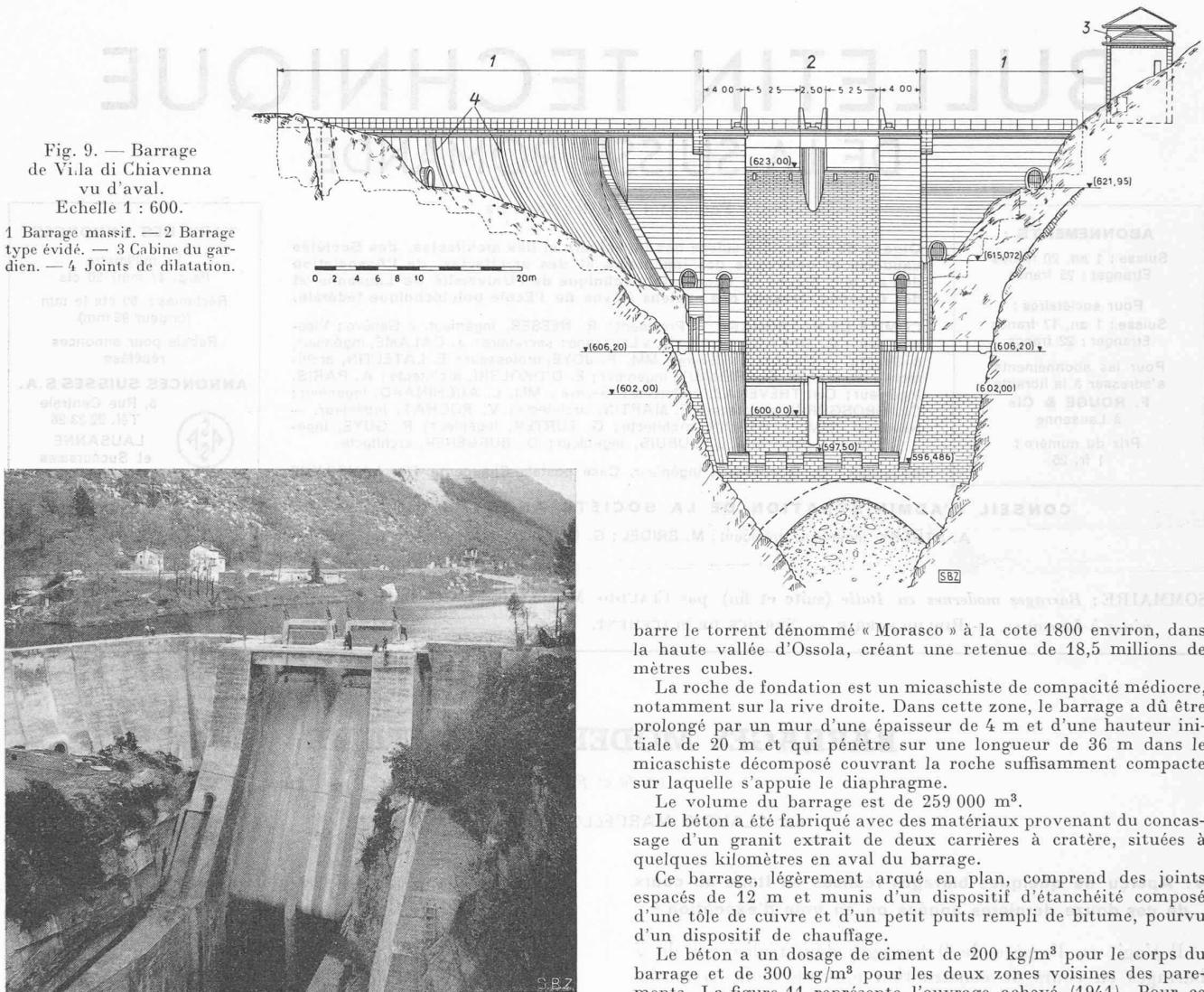


Fig. 9. — Barrage de Vi la di Chiavenna vu d'aval.  
Echelle 1 : 600.

1 Barrage massif. — 2 Barrage type évidé. — 3 Cabine du gardien. — 4 Joints de dilatation.

Barrage massif : 60 m de hauteur (diamètre 25 mm)  
Barrage type évidé : 20 m de hauteur  
Rapide pour assouvir les besoins  
électriques  
ANONCE SUIVEZ-SE A.  
Le Génie Civil  
TVA 25 25  
LAUSANNE  
le Saccusse

barre le torrent dénommé « Morasco » à la cote 1800 environ, dans la haute vallée d'Ossola, créant une retenue de 18,5 millions de mètres cubes.

La roche de fondation est un micaschiste de compacité médiocre, notamment sur la rive droite. Dans cette zone, le barrage a dû être prolongé par un mur d'une épaisseur de 4 m et d'une hauteur initiale de 20 m et qui pénètre sur une longueur de 36 m dans le micaschiste décomposé couvrant la roche suffisamment compacte sur laquelle s'appuie le diaphragme.

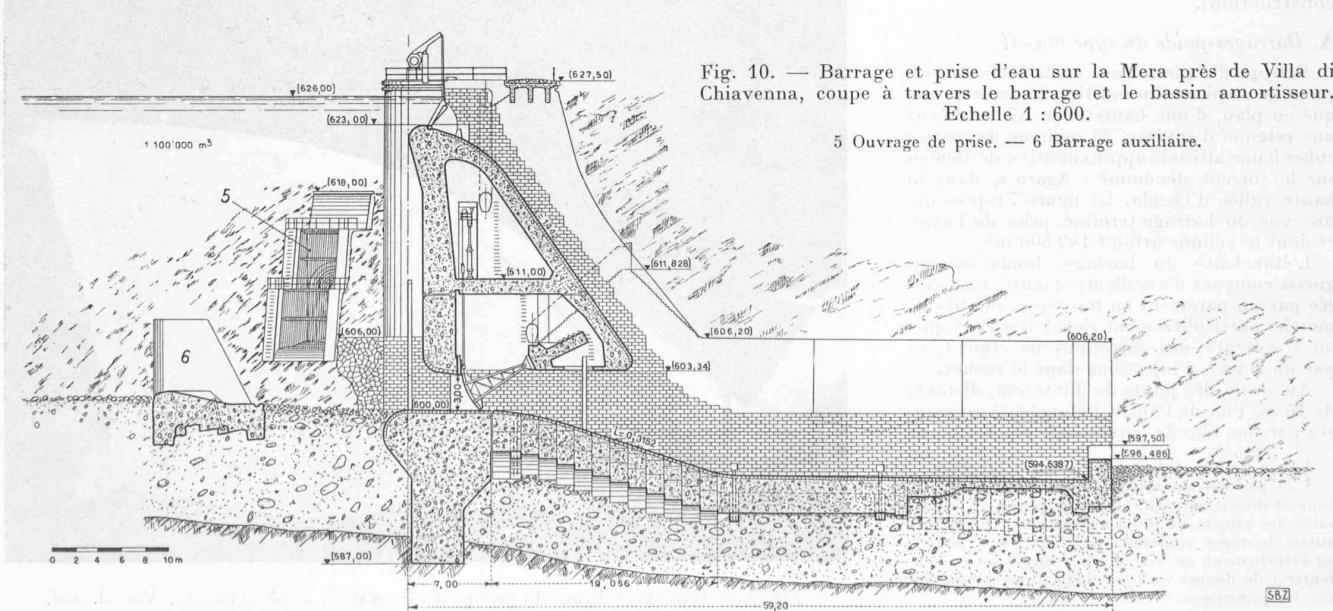
Le volume du barrage est de 259 000 m<sup>3</sup>.

Le béton a été fabriqué avec des matériaux provenant du concassage d'un granit extrait de deux carrières à cratère, situées à quelques kilomètres en aval du barrage.

Ce barrage, légèrement arqué en plan, comprend des joints espacés de 12 m et munis d'un dispositif d'étanchéité composé d'une tôle de cuivre et d'un petit puits rempli de bitume, pourvu d'un dispositif de chauffage.

Le béton a un dosage de ciment de 200 kg/m<sup>3</sup> pour le corps du barrage et de 300 kg/m<sup>3</sup> pour les deux zones voisines des parements. La figure 11 représente l'ouvrage achevé (1941). Pour ce barrage aussi, on a exécuté un diaphragme étanche sous la forme d'injections à haute pression.

On a réalisé au voisinage du parement amont un système de drainage. Le premier projet de ce barrage est également dû à M. Piero Marinoni.



*Le barrage de Larecchio*, de peu d'importance, est du type poids massif, réalisé en béton, arqué en plan, pour barrer, aux environs de la cote 1800, le Rio Tomello, affluent de droite du Toce, et créer ainsi un petit bassin de compensation de  $2,8 \times 10^6 \text{ m}^3$  de retenue. La hauteur maximum du barrage en question est de 33 m, sa crête atteint 164 m de développement.

Le volume de béton est de 38 000  $\text{m}^3$ .

Le béton, dont les agrégats sont extraits d'un plateau d'alluvions dominant le barrage, contient 200 kg de ciment par mètre cube dans le corps du barrage et 300 kg au voisinage des parements. Le barrage a été achevé en 1942.

On a installé, dans les trois barrages ci-dessus (Agaro, Morasco et Larecchio), des dispositifs pour la mesure des pressions s'exerçant dans la zone de contact entre la roche de fondation et le corps du barrage.

*Barrage Villa di Chiavenna*. C'est un barrage-poids du type mixte créant un bassin de compensation hebdomadaire de  $1,1 \times 10^6 \text{ m}^3$  sur la « Mera », à proximité de la frontière suisse ; sa construction a été achevée l'été dernier.

Ce barrage, brisé en plan, se développe sur 122 m de longueur et a une hauteur maximum de 44,50 m et un volume de béton de 22 000  $\text{m}^3$ .

Les deux parties de chaque côté de la rivière sont du type poids massif en béton, tandis que la partie centrale comprend une structure évidée en béton armé supporté par deux contreforts massifs.

Deux grands pertuis de  $5,40 \times 3 \text{ m}$  chacun sont aménagés dans cette partie centrale et obturés par des vannes secteurs pour la vidange de fond. Deux vannes automatiques à contre-poids sont disposées sur le couronnement.

Les caractéristiques de l'ouvrage sont visibles sur les figures 9 et 10 qui donnent respectivement les coupes longitudinales et transversales.

Je crois opportun de souligner que ce barrage n'atteint le rocher du lit fluvial que par son diaphragme inférieur, dont l'épaisseur est de 5 m, tandis que toute la partie en aval, y compris le bassin d'amortissement, est fondée sur une voûte appuyée sur les flancs de la vallée et qui n'atteint pas le fond rocheux recouvert d'alluvions.

Ce barrage a été muni, lui aussi, d'un vaste système de drainage dans la zone de fondation, composé de nombreux orifices pratiqués

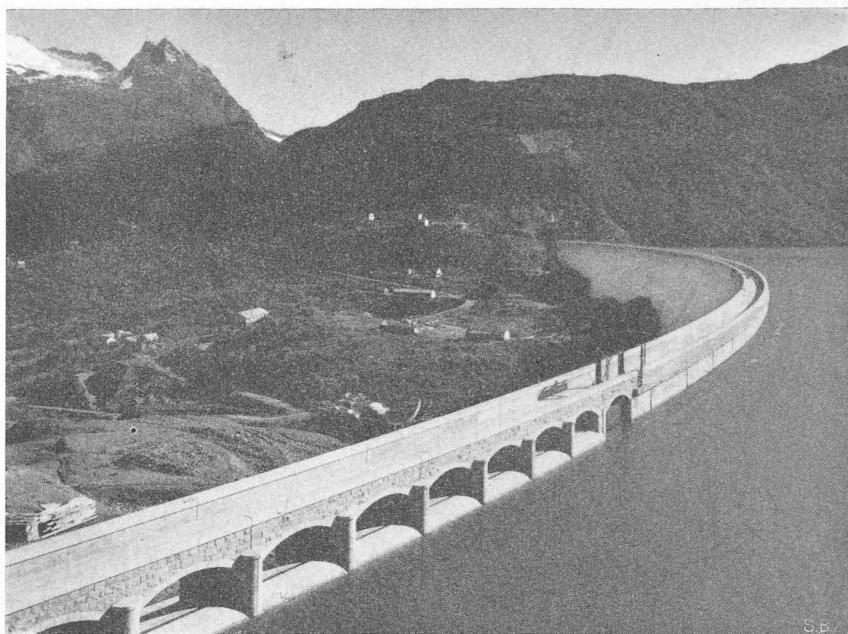


Fig. 11. — Barrage Morasco dans le val Formazza. Vue du barrage-poids arqué.

d'aval en amont, perpendiculairement à la stratification rocheuse et aboutissant à l'aval d'un diaphragme d'injections de ciment réalisé le long du périmètre amont du barrage.

La figure 8 représente la partie centrale du barrage, vue d'aval.

*Le barrage de Pescegallo* crée un bassin de moindre importance (capacité : un peu plus d'un million de mètres cubes) à 1860 m d'altitude dans la vallée du Bitto (Valteline). C'est un petit barrage d'une hauteur maximum de 16,5 m et d'une longueur de 230 m dont 180 m sont exécutés selon le type poids massif, en béton, et 50 m en maçonnerie à sec à cause de la présence d'un banc de moraine recouvert par un éboulement.

La partie en maçonnerie à sec a une hauteur maximum de 13 m environ. Le fruit du parement amont est de 0,75 et celui du parement aval de 1,25. Une couche de protection en béton armé étanche recouvre la maçonnerie du parement amont.

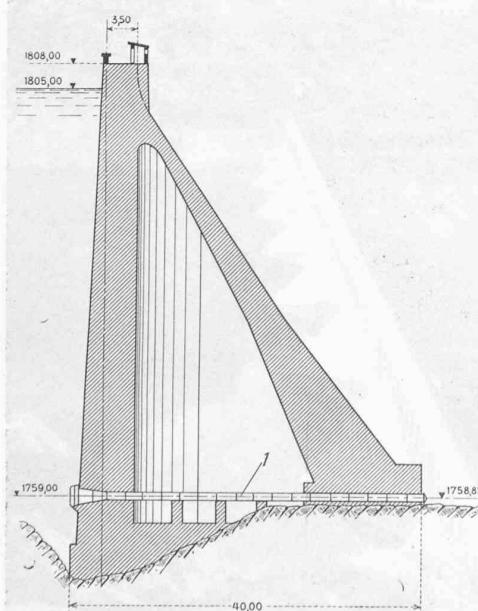


Fig. 12. — Barrage de Trona des usines du Bitto dans la Valteline. Section du barrage évidé, échelle 1 : 800.

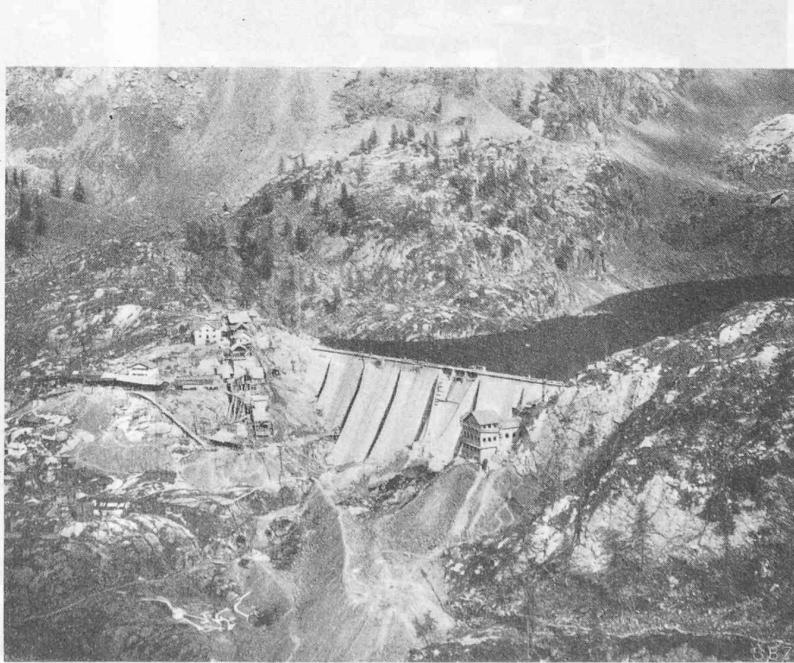


Fig. 13. — Vue générale sur le barrage et le lac de Trona.

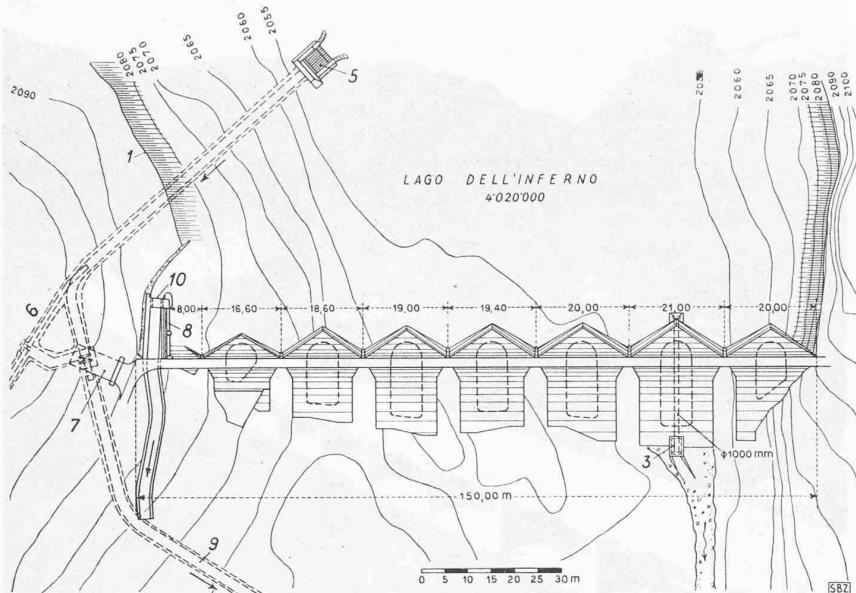


Fig. 14. — Retenue de l'Inferno sur le Bitto, situation du barrage évidé. Echelle 1 : 1500.  
1 Prise d'eau. — 2 Galerie sous-pression. — 3 Accès au puits des vannes. — 4 Déversoir.  
5 Vidange de fond. — 6 Vanne-tiroir.

#### B. Barrages-poids du type évidé.

Je passe maintenant à la description des barrages évidés de différents types que j'ai étudiés et construits.

Les premiers, construits de 1939 à 1942, sont les barrages de Trona et de l'Inferno, dans le Bassin supérieur du Bitto en Valteline. Il s'agit là de deux applications très diverses, d'une structure à éléments évidés indépendants.

*Le barrage de Trona est situé à 1800 m environ au-dessus du niveau de la mer, sur un seuil rocheux composé d'un conglomérat porphyrique du Verrucano et poli par le glacier.*

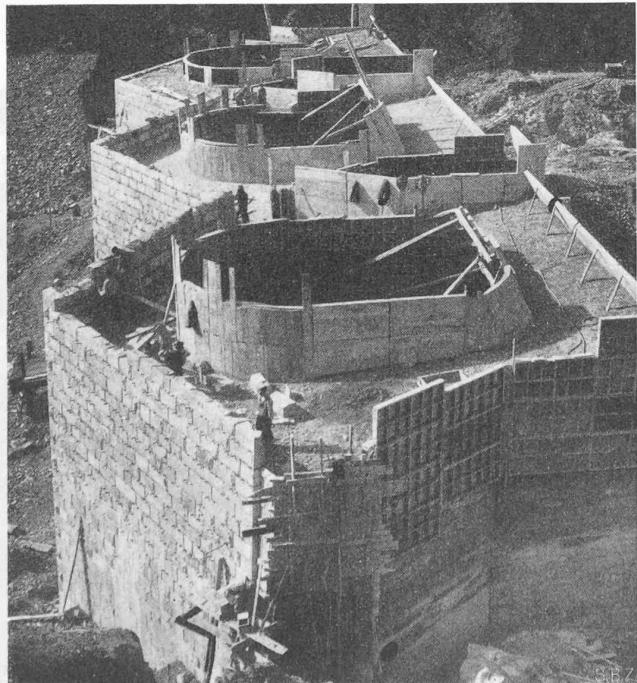


Fig. 16. — Barrage de l'Inferno, état des travaux en octobre 1942.

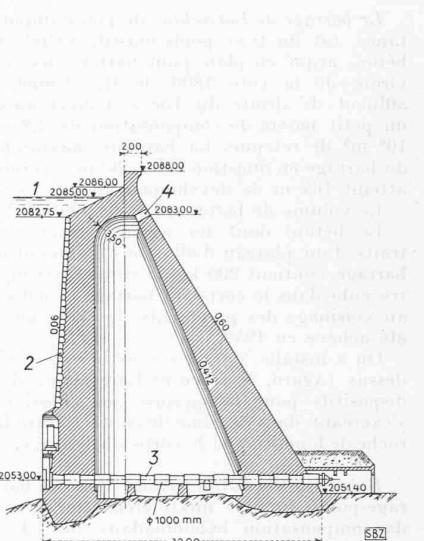


Fig. 15. — Barrage de l'Inferno. Coupe d'un élément du barrage évidé.  
Echelle 1 : 800.

1 Niveau de la retenue. — 2 Revêtement en moellons de granit. — 3 Vidange de secours. — 4 Trou d'aération.

Sa hauteur est de 58 m environ et sa longueur à la crête de 182 m. Volume de béton : 87 500 m<sup>3</sup> environ.

Il est composé d'éléments évidés (voir fig. 12) d'une largeur de 24 m. Fruit du parement amont : 0,05. Fruit du parement aval : de 0,64 à 0,78. Le parement amont est en moellons soigneusement disposés, consolidés par des injections de ciment pratiquées au moyen de tubes appropriés placés dans la maçonnerie.

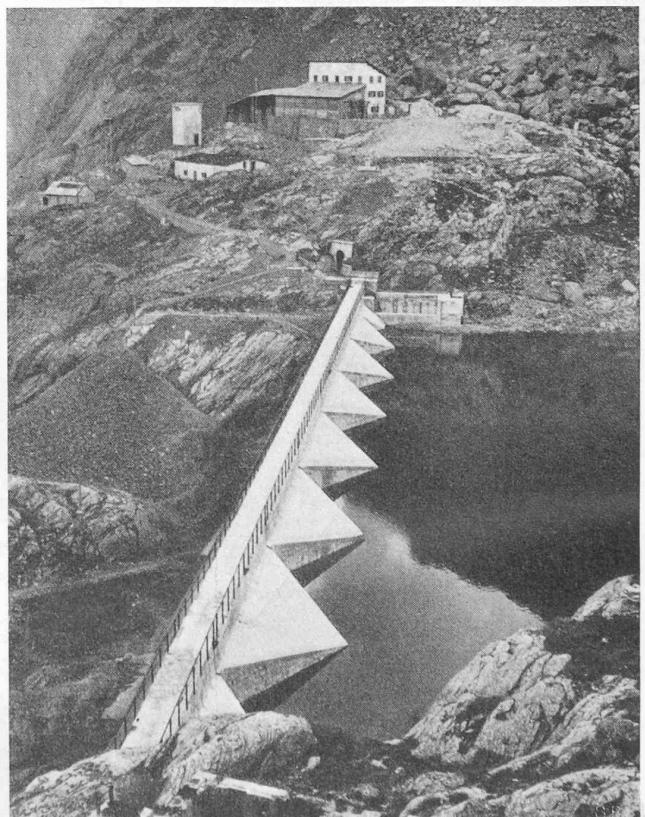


Fig. 17. — Couronnement du barrage et lac de l'Inferno.

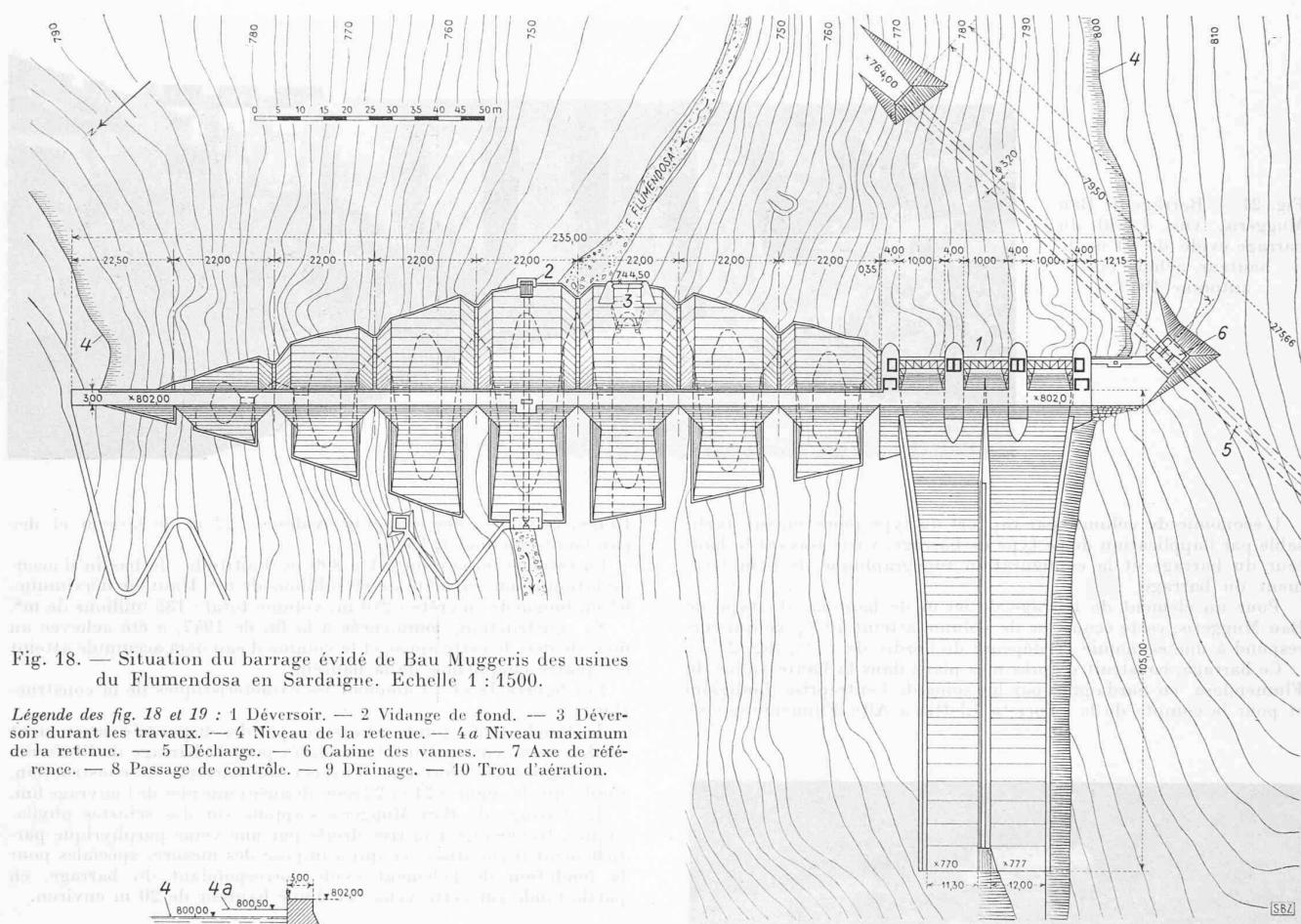


Fig. 18. — Situation du barrage évidé de Bau Muggeris des usines du Flumendosa en Sardaigne. Echelle 1 : 1500.

Légende des fig. 18 et 19 : 1 Déversoir. — 2 Vidange de fond. — 3 Déversoir durant les travaux. — 4 Niveau de la retenue. — 4a Niveau maximum de la retenue. — 5 Décharge. — 6 Cabine des vannes. — 7 Axe de référence. — 8 Passage de contrôle. — 9 Drainage. — 10 Trou d'aération.

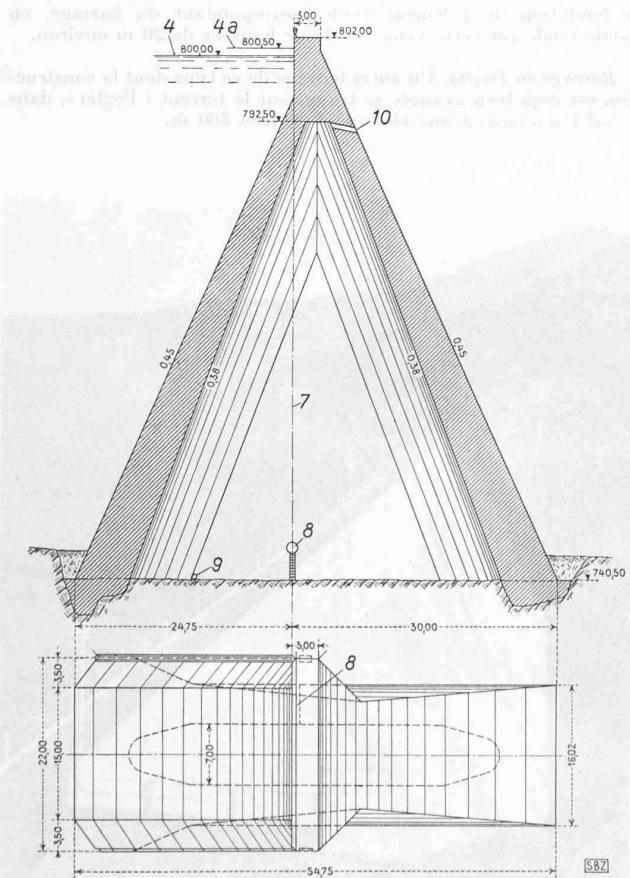


Fig. 19. — Barrage de Bau Muggeris. Plan et coupe d'un bloc à double pilier. Echelle 1 : 800.

L'économie de volume réalisée par ce type de barrage par rapport au type poids massif est d'environ 27,5 %, ce qui correspond à une économie de dépenses d'environ 24 %.

Selon l'avis des entreprises de construction invitées par la Société Orobia, maître de l'œuvre, le coût unitaire du béton a été, en effet, estimé de 2 à 5 % supérieur à celui du béton d'un barrage massif.

Le barrage en question a été construit pendant la période 1939-1942. La figure 13 représente l'ouvrage terminé.

*Barrage de l'Inferno.* Pour le barrage de l'Inferno, nous avons cherché à obtenir une économie encore plus grande de volume, en établissant pour chaque élément les dimensions optimales par rapport à la hauteur.

Les éléments diffèrent l'un de l'autre, comme on peut le voir par les figures 14 et 15.

Chaque élément a, en plan, un profil en flèche ; il est terminé à sa partie supérieure par une surface inclinée réduisant la poussée des glaces, car le barrage se trouve à 2100 m environ d'altitude.

Le coût unitaire du béton de cette construction est supérieur à celui du béton de la précédente, à tel point que l'économie supplémentaire de volume réalisée s'en trouve contrebalancée.

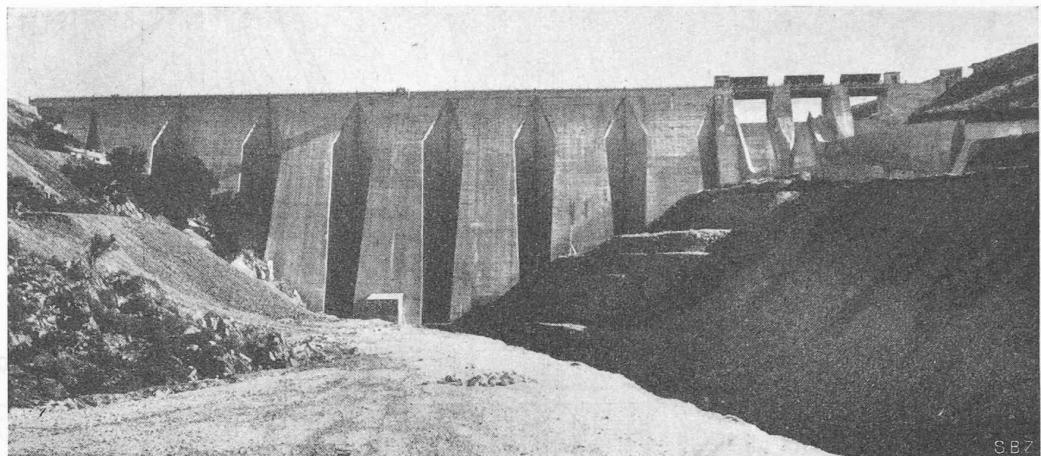
Le barrage de l'Inferno a environ 41 m de hauteur et 150 m de longueur en crête. Volume de béton : 36 400 m<sup>3</sup> environ.

L'étanchéité entre les différents éléments est assurée par une tôle métallique protégée en amont par une clavette en béton armé s'appuyant sur des couches d'asphalte spécial.

Les figures 16 et 17 représentent l'ouvrage en construction et l'ouvrage terminé.

*Barrage de Bau Muggeris.* Les variantes que j'ai proposées dès 1941 constituent une évolution du type de barrage ci-dessus : fruit égal de 1 : 0,45 pour les deux parements (amont et aval) et modification du profil des évidements intérieurs pour obtenir, d'une part, une distribution meilleure des efforts et, d'autre part, une plus grande économie de volume, tout en accentuant l'avantage — déjà caractéristique du type précédent — d'une différence minimale entre le prix unitaire du béton du barrage considéré et celui du béton d'un barrage-poids massif.

Fig. 21. — Barrage de Bau Muggeris, vue d'aval du barrage évidé de 60 m de hauteur, achevé en automne 1949.



L'économie de volume, par rapport au type poids massif, réalisable par l'application de ce type de barrage, varie suivant la hauteur du barrage et la configuration topographique de l'emplacement du barrage.

Pour un élément de barrage de 60 m de hauteur, du type de Bau Muggeris, cette économie de volume atteint 40 %, ce qui correspond à une économie de dépense de l'ordre de 35 % (fig. 2).

Ce barrage, construit d'après mes plans dans la haute vallée du Flumendosa, en Sardaigne, par les soins de l'entreprise Lodigiani et pour le compte de la « Società Elettrica Alto Flumendosa » de

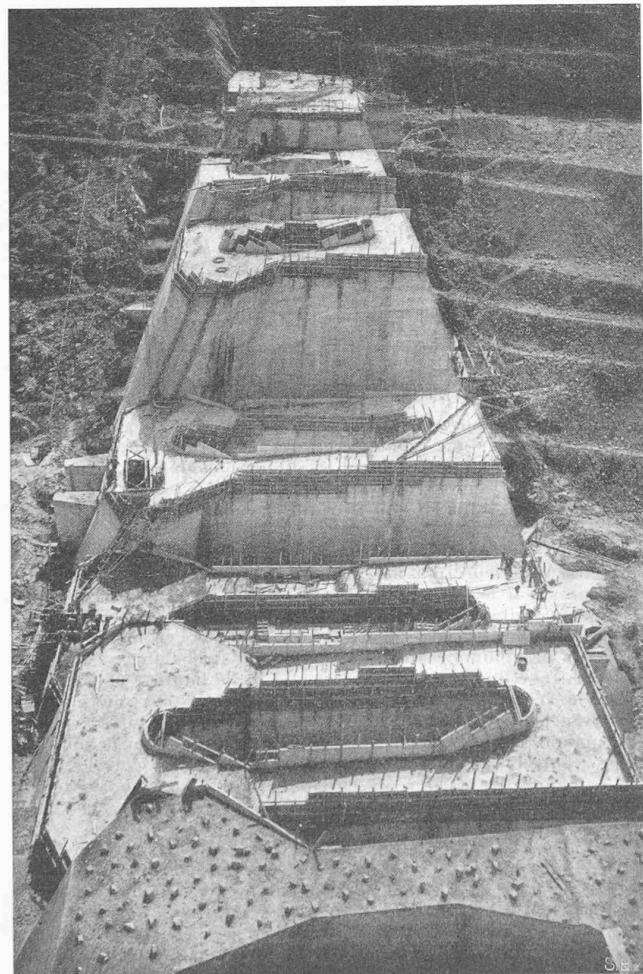


Fig. 20. — Barrage de Bau Muggeris au cours des travaux (septembre 1948).

Rome, comporte des éléments évidés de 22 m de largeur et des parements inclinés à 45 %.

La retenue maximum est à 800 m d'altitude ; le bassin d'accumulation a une capacité de 60 millions de m<sup>3</sup>. Hauteur maximum : 62 m, longueur en crête : 240 m, volume total : 135 millions de m<sup>3</sup>.

Sa construction, commencée à la fin de 1947, a été achevée au mois de mai de cette année et le volume d'eau déjà accumulé atteint les quatre cinquièmes de la hauteur.

Les figures 18 et 19 donnent les caractéristiques de la construction.

L'étanchéité des joints est assurée par des dispositifs entièrement analogues à ceux qui ont été adoptés pour le barrage de l'Inferno.

La figure 20 représente l'aspect du barrage en construction, tandis que les figures 21 et 22 nous donnent une idée de l'ouvrage fini.

Le barrage de Bau Muggeris s'appuie sur des schistes phylladiques, traversés sur la rive droite par une veine porphyrique partiellement mylonitisée, ce qui a imposé des mesures spéciales pour la fondation de l'élément évidé correspondant du barrage, en partie fondé sur cette veine, et d'une hauteur de 20 m environ.

*Barrage du Poglia.* Un autre barrage de ce type dont la construction est déjà bien avancée se trouve sur le torrent « Poglia », dans le val Camonica, à une altitude d'environ 600 m.

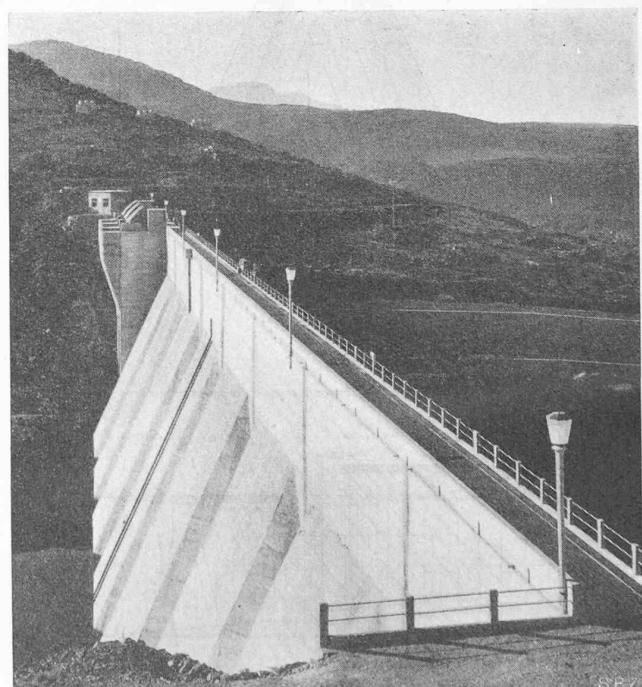


Fig. 22. — Barrage de Bau Muggeris, parement amont.

Il est destiné à créer un bassin de compensation hebdomadaire des débits de l'usine de Cedegolo.

Sa hauteur maximum est de 49 m et sa longueur au couronnement est de 137 m. Volume de béton : 32 000 m<sup>3</sup>.

Il est fondé sur des formations de micaschiste dont la topographie a nécessité un déplacement vers l'amont du dernier élément sur la rive gauche.

Nous avons exécuté un profond rideau d'injections de ciment et, de plus, tout un système d'orifices de drainage en aval du diaphragme, perpendiculairement à la stratification de la roche.

Ce barrage sera achevé au cours de l'été prochain (1950).

*Barrage du Sabbione.* Le barrage du Sabbione est du même type que le précédent. Situé à l'altitude de 2460 m (haute vallée d'Ossola), il est destiné à créer un lac dont la capacité initiale de  $22 \times 10^6$  m<sup>3</sup> sera successivement portée à  $40 \times 10^6$  m<sup>3</sup> grâce à la fonte progressive du glacier du Sabbione dont la partie terminale sera immergée.

La hauteur maximum du barrage sera de 62 m environ et son développement en crête atteindra 270 m. Volume de béton : 135 000 m<sup>3</sup>. Fondations sur gneiss très compacts.

Les chantiers de ce barrage sont déjà installés et l'on compte pouvoir commencer le bétonnage au début de la prochaine campagne de travail (à pareille altitude, la durée des travaux s'étend généralement de mai à octobre).

*Barrage du Pantano d'Avio.* Un autre barrage du même type est en construction pour le bassin d'accumulation du Pantano d'Avio au pied de l'Adamello (retenue à 2384 m d'altitude).

Ce barrage, dont la retenue sera de 15 millions de m<sup>3</sup>, aura une hauteur maximum de 63 m et un développement en crête de 449,5 m, avec un volume de béton de 236 000 m<sup>3</sup>.

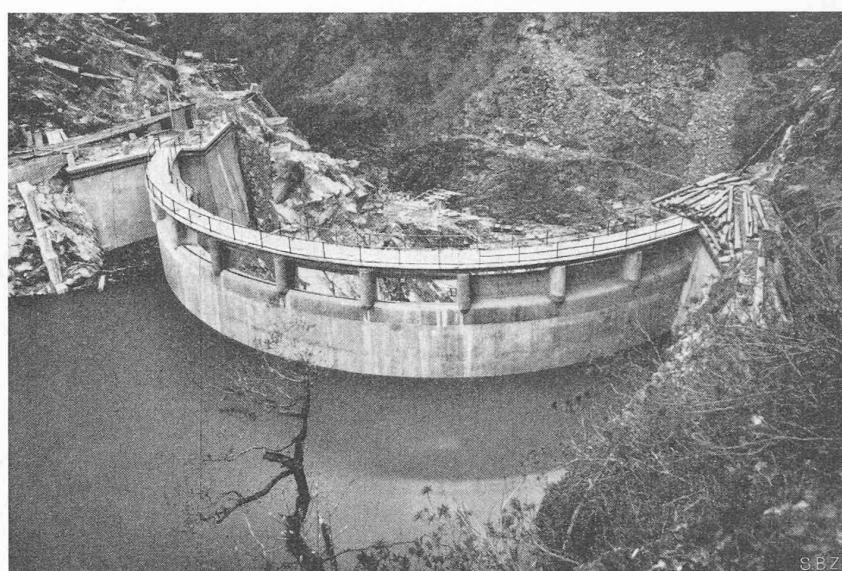


Fig. 23. — Barrage de Panigai du bassin de compensation de l'usine de Pedesina sur le Bitto ; vue d'amont du barrage en voûte mince.

Sa fondation se trouve dans des formations compactes de tonalite. Soulignons tout spécialement, à propos de ce barrage, les études et recherches effectuées au Laboratoire de Sonico (Société Edison) pour l'utilisation des agrégats concassés provenant de la granodiorite et de la tonalite disponibles sur place et surtout pour le traitement du sable entre les limites de 0,2 et 3 mm en vue de l'élimination de la biotite dont la présence au-delà d'une certaine limite nuit à la résistance du béton.

*Barrage d'Ancipa.* Toujours dans le même type, citons encore le barrage projeté par mes soins pour le bassin d'accumulation

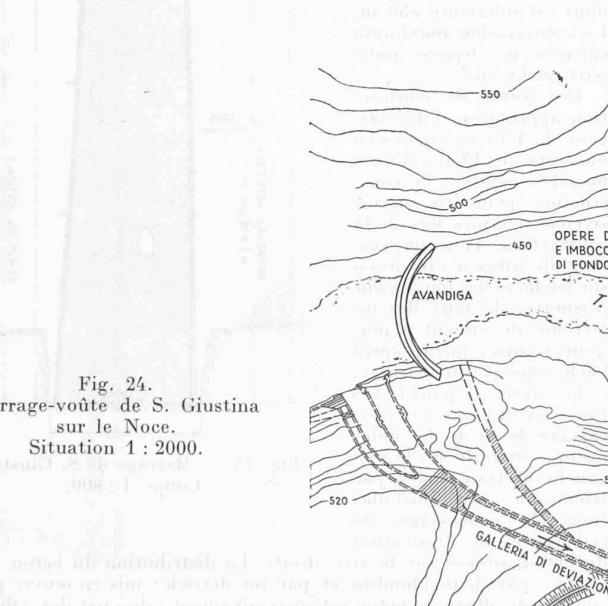
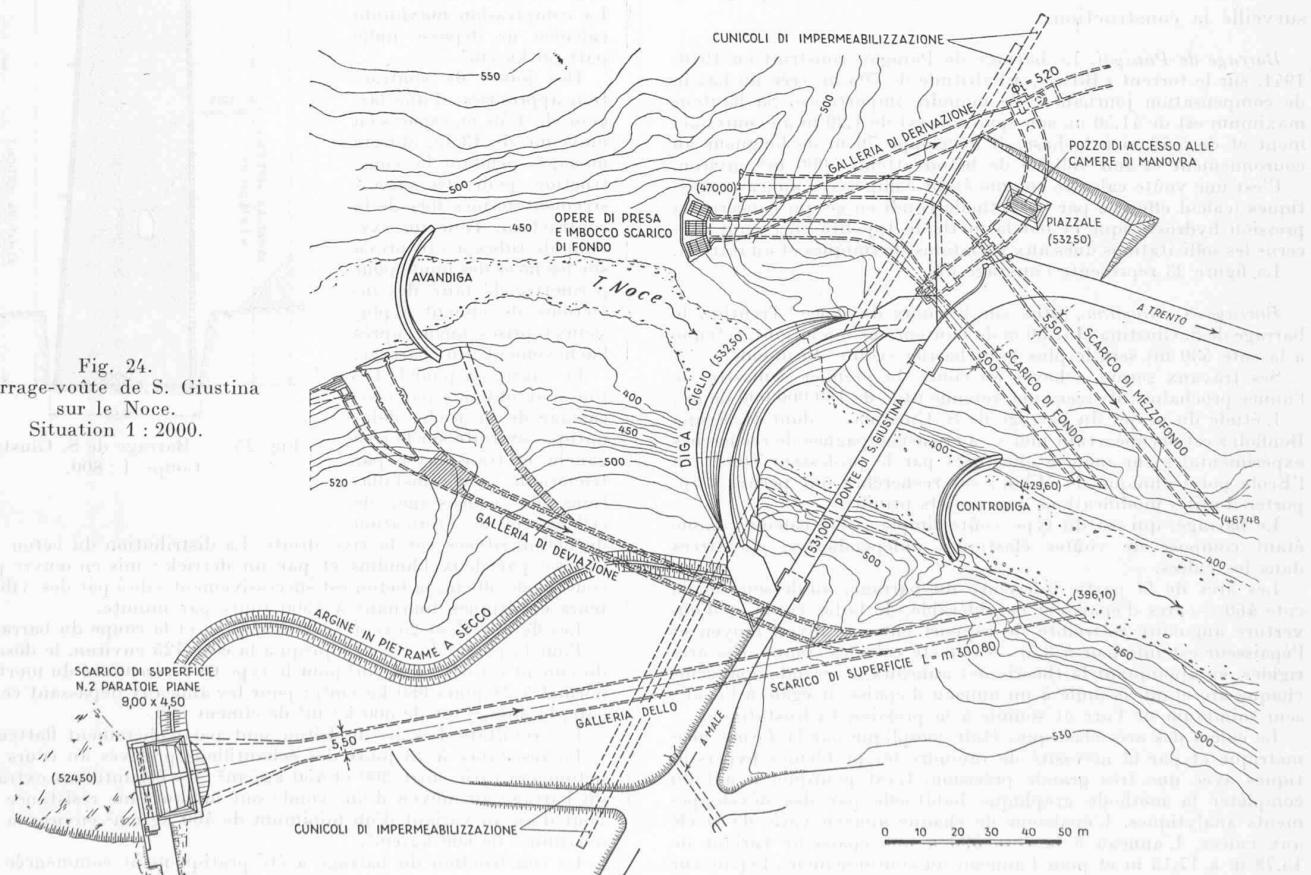


Fig. 24.  
Barrage-vôûte de S. Giustina  
sur le Noce.  
Situation 1 : 2000.



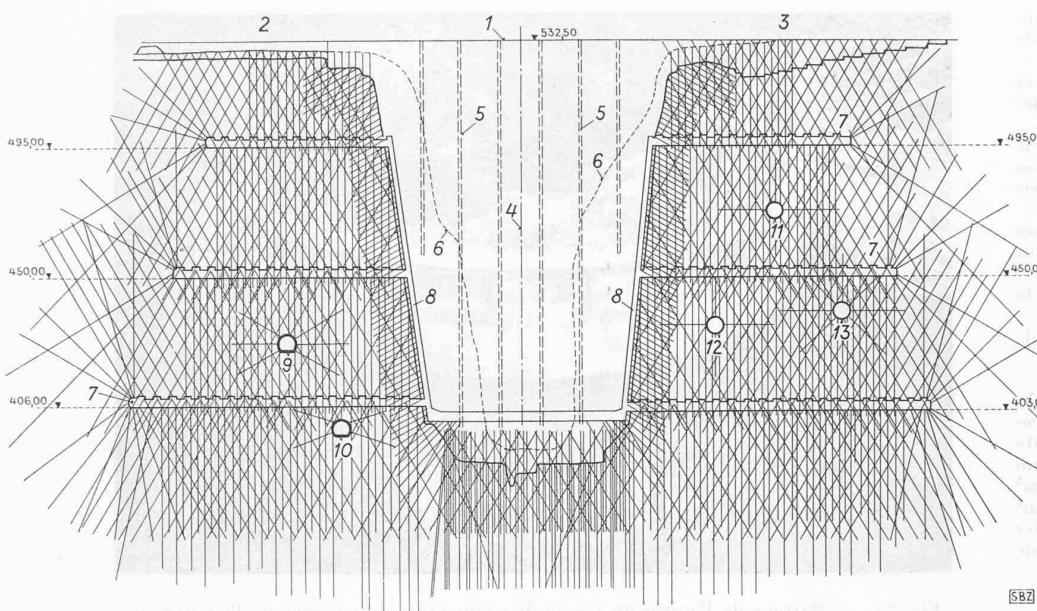


Fig. 24. — Coupe longitudinale du barrage-vôûte de S. Giustina montrant le rideau d'injections.  
1 Couronnement du barrage. — 2 Flanc droit. — 3 Flanc gauche. — 4 Axe médian. — 5 Joints de construction. — 6 Profil naturel de la gorge. — 7 Galeries d'injection. — 8 Puits d'accès. — 9 Déversoir. — 10 Galerie de dérivation. — 11 Galerie de décharge. — 12 Vidange de fond. — 13 Galerie sous-pression.

d'Ancipa, en Sicile (retenue de  $30 \times 10^6 \text{ m}^3$ ), pour le compte de l'« Ente Siciliano di Elettricità ».

Hauteur : 95 m environ. Volume de béton : plus de 250 000 m<sup>3</sup>.

#### C. Barrages-vôûte.

Ici, comme ailleurs, je m'en tiendrai à ceux que je connais le mieux, c'est-à-dire à ceux dont j'ai établi le projet et surveillé la construction.

*Barrage de Panigai.* Le barrage de Panigai, construit en 1940-1941, sur le torrent « Bitto », à l'altitude de 706 m, crée un bassin de compensation journalière de moindre importance. Sa hauteur maximum est de 41,50 m, son épaisseur est de 1,20 m au couronnement et de 5,40 m à la base. Il développe 76 m de longueur au couronnement et son volume de béton atteint 5000 m<sup>3</sup> environ.

C'est une vôûte calculée comme étant composée d'anneaux élastiques (calcul effectué par la méthode Guidi en ce qui concerne la pression hydrostatique et par la méthode Ippolito en ce qui concerne les sollicitations dues aux variations thermiques et au retrait).

La figure 23 représente l'ouvrage fini.

*Barrage S. Giustina.* Situé sur le cours du Noce (Trentin), le barrage de S. Giustina (152,50 m de hauteur sur fondations, retenue à la cote 530 m) sera le plus haut barrage-vôûte du monde.

Ses travaux seront achevés au cours du premier semestre de l'année prochaine ; il créera une retenue utile de 180 000 000 de m<sup>3</sup>.

L'étude du projet du barrage de S. Giustina — dont M. Bruno Bonfili s'est occupé avant moi — a été accompagnée de recherches expérimentales sur modèle effectuées par le professeur Oberti, à l'Ecole polytechnique de Milan ; ces recherches ont permis d'apporter d'utiles modifications aux projets primitifs.

Le barrage, qui est du type vôûte simple, a été calculé comme étant composé de voûtes élastiques indépendantes, encastrées dans les culées.

Les arcs de la partie inférieure du barrage, au-dessous de la cote 460 — arcs d'épaisseur considérable, de faible corde et d'ouverture angulaire restreinte (le rapport entre le rayon moyen et l'épaisseur est inférieur à 3,5) — ont été calculés comme des arcs rigides, en appliquant la théorie des anneaux de grande épaisseur, chaque arc étant assimilé à un anneau d'épaisseur égale à l'épaisseur minimum de l'arc et soumis à la pression hydrostatique.

Le calcul des arcs élastiques était compliqué par la forme géométrique et par la nécessité de résoudre les problèmes hyperstatiques avec une très grande précision. C'est pourquoi il a fallu compléter la méthode graphique habituelle par des développements analytiques. L'épaisseur de chaque anneau varie de la clé aux culées. L'anneau à la cote 390 a une épaisseur variant de 15,78 m à 17,15 m et pour l'anneau du couronnement, l'épaisseur

varie de 3,50 m à 4,05 m. La longueur développée en crête est de 90 m. Pour l'anneau supérieur, la corde est de 78 m, la corde minimum est de 47 m et la longueur de l'arc correspondant est inférieure à 50 m. La compression maximum calculée ne dépasse nulle part 50 kg/cm<sup>2</sup>.

Des joints de contraction appropriés, d'une largeur de 1,40 m, espacés en moyenne de 13 m, ont été ménagés pendant la construction, pour être successivement fermés lors de la contraction. Tout un système de tubes a été prévu sur les faces des joints pour permettre de faire des injections de ciment à plusieurs reprises, même après l'achèvement du barrage.

Les agrégats pour le béton sont obtenus par concassage de la roche dolomitique extraite sur la rive gauche et transportée par téléphérique aux installations de concassage, de criblage et de fabrication du béton, situées sur la rive droite. La distribution du béton est assurée par deux blondins et par un derrick ; mis en œuvre par couches de 50 cm, le béton est successivement vibré par des vibrateurs électriques tournant à 4500 tours par minute.

Les figures 24 et 25 représentent le plan et la coupe du barrage.

Pour la partie du barrage jusqu'à la cote 425 environ, le dosage du ciment est de 250 kg/m<sup>3</sup> pour le type 680 (résistance du mortier normal à 28 jours 680 kg/cm<sup>2</sup>) ; pour les anneaux dépassant cette cote, le dosage est de 300 kg/m<sup>3</sup> de ciment 500.

Les résultats d'essais du béton sont particulièrement flatteurs.

La résistance à 28 jours des échantillons prélevés au cours du bétonnage varie entre 300 et 450 kg/cm<sup>2</sup> ; les échantillons extraits du barrage au moyen d'une sonde ont indiqué une résistance au bout d'un an variant d'un minimum de 400 kg/cm<sup>2</sup> environ à un maximum de 600 kg/cm<sup>2</sup>.

La construction du barrage a été pratiquement commencée en

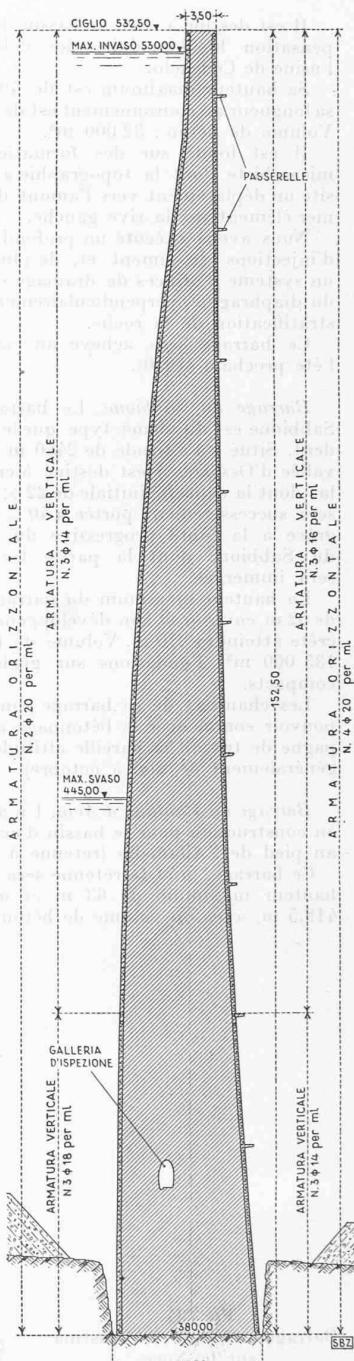


Fig. 25. — Barrage de S. Giustina. Coupe 1 : 800.

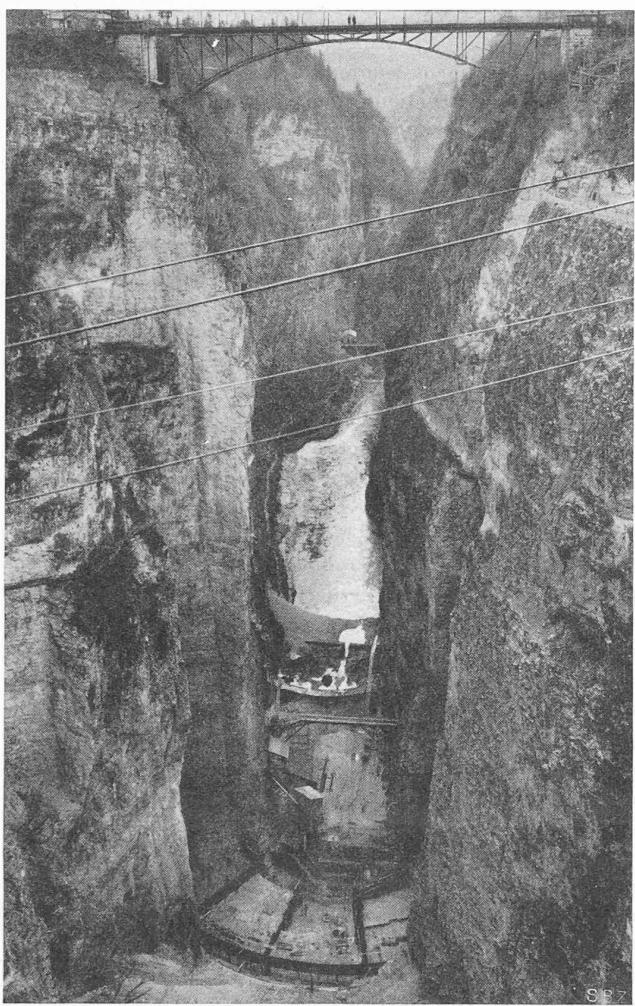


Fig. 26. — Barrage de S. Giustina. Excavation pour les culées et béton de fondation, état des travaux au 16 novembre 1946.

1946 (auparavant, on avait déjà installé une partie des chantiers et exécuté une partie des fouilles) et a été poursuivie sous la direction du Bureau de constructions d'aménagements hydro-électriques du Groupe Edison.

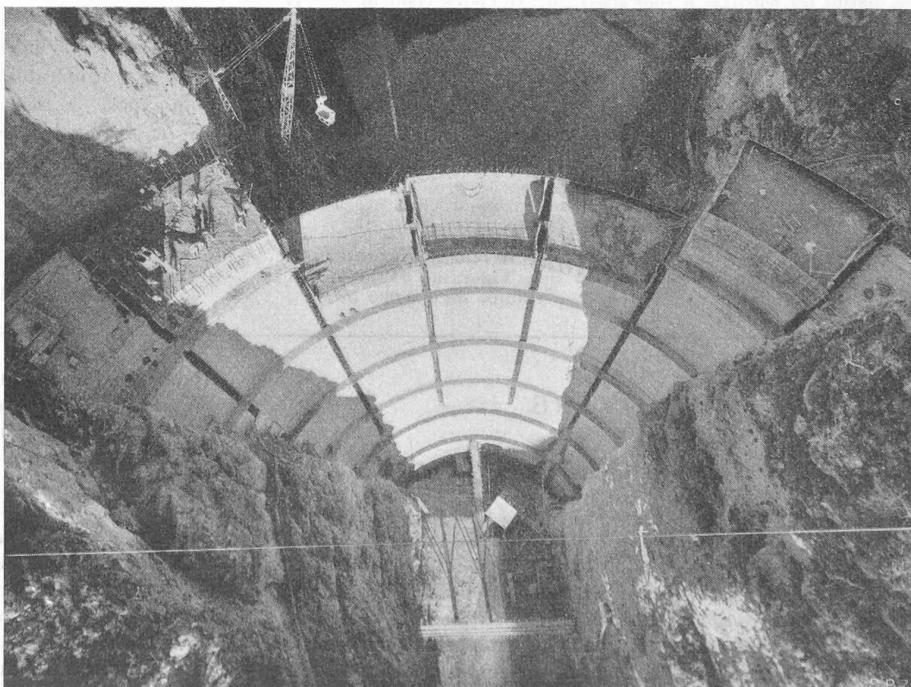
Si les conditions topographiques sont nettement favorables (le barrage a un volume de 120 000 m<sup>3</sup> seulement), il n'est malheureusement pas possible d'en dire autant des conditions géologiques.

La gorge du Noce est, en effet, creusée à travers des formations dolomitiques très tourmentées.

La fréquence des diaclases et la présence de certaines failles (dont l'une, particulièrement importante, traverse le cours d'eau un peu en amont du barrage) ont nécessité l'exécution de nombreux travaux de consolidation des failles, notamment d'un grand écran d'injections.

La nature du roc a obligé le rapprochement des trous d'injection percés à partir de différentes galeries et de la surface du terrain; on aura au total

Fig. 27. — Barrage de S. Giustina vu depuis le pont-route, état des travaux le 24 novembre 1948.



environ 30 000 m de forage, ce qui absorbera au total à peu près 3000 t de ciment. Les figures 26, 27 et 28 représentent les différentes étapes de construction du barrage.

*Barrage d'Isolato.* Le barrage d'Isolato, projeté à la cote 1250 m environ, sur le torrent « Liro », est destiné à créer un petit bassin de compensation hebdomadaire pour l'usine du Liro III qui utilise une partie de la chute disponible entre le lac du Splügen et la prise de Prestone, alimentant l'usine de Mese près de Chiavenna. C'est un barrage à double courbure, d'une hauteur maximum de 40 m, avec une crête de 76 m et un volume de béton de 6400 m<sup>3</sup>.

L'épaisseur à la clé de voûte est de 1,80 m ; l'épaisseur à la base de 3,90 m.

Le calcul a été effectué en considérant le barrage comme idéalement partagé en plusieurs arcs élastiques indépendants, perpendiculaires à la fibre moyenne de la section à la clé et par conséquent avec une charge variable de la clé aux appuis.

Ce barrage, dont le bétonnage commencera l'été prochain, devra être achevé au cours de la même saison 1950.

Je me suis borné aux barrages pour lesquels je me suis occupé du projet et de la construction au cours de ces douze dernières années.

Ils appartiennent tous, nous l'avons vu, à des sociétés du Groupe Edison, exception faite de Bau Muggeris et d'Ancipa.

Qu'il me soit permis d'adresser ici l'expression de ma gratitude à tous ceux qui ont collaboré à la réalisation de ces barrages, notamment à MM. G. Candiani et B. Polizzi, ingénieurs du bureau d'installations hydro-électriques du Groupe Edison, mes collaborateurs les plus proches de ces huit dernières années.

Parmi les entreprises de constructions, je désire mentionner spécialement la SALCI de Milan, qui a construit un et est en train de construire trois des barrages précédemment décrits ; l'entreprise Lodigiani, de Milan, qui en a construit quatre et s'occupe de la réalisation d'un cinquième ; l'entreprise Girola, toujours de Milan, a construit deux des barrages susdits et en a un troisième en cours.

#### D. Autres exemples de différents types de barrage.

Parmi les barrages réalisés en Italie au cours de ces dix dernières années ou actuellement en cours d'achèvement, j'aimerais mentionner, en plus des ouvrages déjà cités :

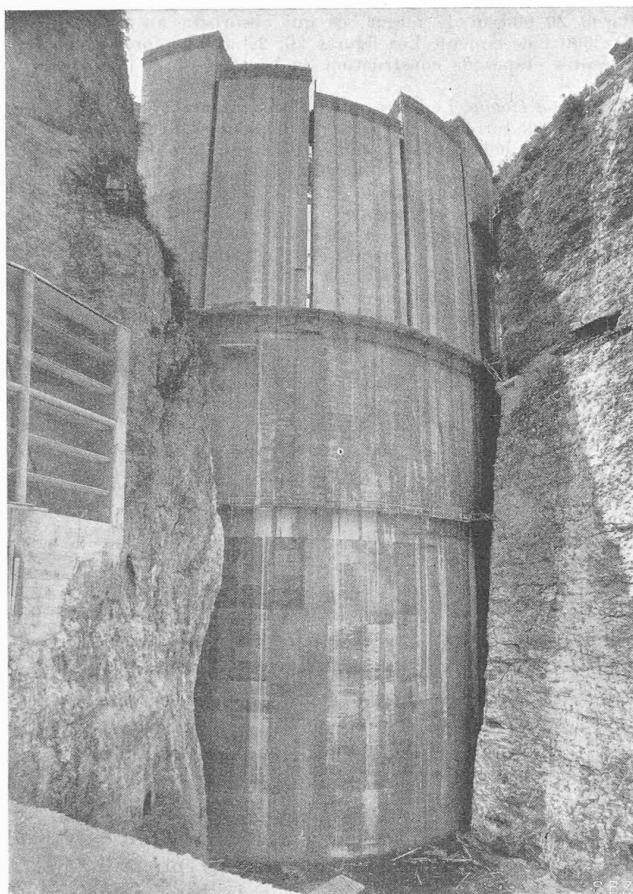


Fig. 28. — Vue d'amont du barrage-vôûte de S. Giustina ; état des travaux en juillet 1949.

- le barrage du Goillet, au pied du Cervin (cote 2500 m) qui crée une retenue de 12 millions de  $m^3$ ; c'est un barrage-poids massif en béton, d'un volume de 160 000  $m^3$ , d'une hauteur de 41 m, projeté par M. Gentile, ingénieur de la S. I. P., et construit sous sa direction par l'entreprise Girola ;
- parmi les *barrages à contreforts*, mentionnons celui de S. Giacomo, déjà cité, appartenant à l'Azienda Elettrica Municipale de Milan ;
- citons encore, parmi les *barrages-vôûtes* ceux de Lumiei et de Pieve di Cadore, déjà mentionnés, et celui du val Gallina ; vous connaissez ces trois barrages par les publications et conférences de mon collègue M. Carlo Semenza ;
- parmi les *barrages en maçonnerie à sec*, citons celui de Gela, réalisé par l'entreprise Girola d'après le projet de M. Felice Contessini (hauteur 41 m, développement 301 m, volume 376 800  $m^3$ ) ;
- parmi les *digues en terre*, mentionnons la plus importante : celle de la société « Montecatini » à San Valentino (Haut-Adige), d'une hauteur de 31,50 m et d'un volume de 600 000  $m^3$ .

## DIVERS

### Une réunion d'urbanistes à Lausanne

Sous le signe du *Jour mondial de l'urbanisme*, initiative partie de l'Institut d'urbanisme de Buenos-Aires et invitant les urbanistes de tous les pays à se rassembler à date fixe pour échanger leurs vues, une assemblée choisie s'est trouvée réunie le mercredi 8 novembre au Palais de Rumine. On y comptait des représentants des autorités cantonales et de diverses communes de la région lausannoise, de nombreux

\* \* \*

La liste, forcément sommaire, des principales caractéristiques de ces constructions, donne à peine une idée du travail intense réalisé de ce fait dans plusieurs domaines scientifiques et techniques.

Les expériences sur modèle, à petite et grande échelle, effectuées aux fins des recherches statiques et hydrauliques, ont généralement confirmé, pour tous les barrages mentionnés ci-dessus, les calculs du projet, fournissant par là de précieux éléments de contrôle.

Les systèmes de calcul ont été eux-mêmes perfectionnés sur certains points, de manière à mieux s'adapter au fonctionnement statique réel des ouvrages.

Les recherches géologiques et les méthodes de consolidation et d'imperméabilisation des terrains de fondation font l'objet de soins spéciaux et incessants aux fins d'un perfectionnement progressif.

L'auscultation complète des ouvrages, grâce à l'installation d'instruments de mesure toujours plus nombreux et plus précis dans ces barrages, permet déjà de rassembler d'utiles éléments en vue du progrès des projets et des constructions.

L'étude des matériaux de construction, effectuée dans les nombreux laboratoires annexés aux chantiers, a été accompagnée de recherches approfondies sur les ciments, notamment sur les types développant peu de chaleur et possédant une haute résistance à l'agression d'agents chimiques, qui sont de plus en plus employés.

Les études concernant les procédés de fabrication et de mise en œuvre du béton occupent un groupe important d'ingénieurs ; l'emploi judicieux des granulométries, la réduction du rapport eau-ciment et l'usage toujours plus général et plus rationnel de la vibration ont déjà permis d'atteindre des résistances très élevées.

Cette œuvre féconde a été favorisée par le Bureau d'Etat de contrôle des barrages qui suit, en étroite collaboration avec le Conseil supérieur des Travaux publics, le projet et la construction de tous les barrages italiens.

Il y aurait encore beaucoup à dire sur une question aussi vaste, mais cela m'entraînerait au-delà des limites du temps déjà si considérable que vous avez bien voulu accorder à mon exposé. Je tiens à vous remercier vivement de l'attention que vous m'avez prêtée et vous prie, Messieurs et chers Collègues, de bien vouloir me considérer à votre disposition pour tous les renseignements complémentaires susceptibles de vous intéresser.

Adresse : Dott. Ing. C. MARCELLO,  
Milano, Viale Najno, 34.

architectes, des élèves de l'Ecole d'architecture et des représentants de la presse.

Il n'est jamais inutile de parler d'un sujet aussi vaste et aussi méconnu que l'urbanisme dont le public, mal renseigné, ignore presque tous les aspects.

Il faut donc savoir gré à M. Edmond Virieux, architecte de l'Etat, d'avoir marqué l'intérêt que les pouvoirs publics sont décidés à apporter à l'urbanisme ; à M. H.-R. Vonder Mühl d'avoir rappelé les premiers succès de l'urbanisme dans les pays qui nous environnent, et plus spécialement à Lausanne ; à M. Alexandre Pilet, architecte du Plan d'extension, d'avoir enfin exposé l'état actuel des études de la région