

# L'aménagement hydro-électrique du Moyen-Adige dans la province de Vérone

Autor(en): **Calame, Jules**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **74 (1948)**

Heft 18

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-56032>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# 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. ELSKES, 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. BURGNER, architecte.

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

**TARIF DES ANNONCES**Le 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.

SOMMAIRE : L'aménagement hydro-électrique du Moyen-Adige dans la province de Vérone, par JULES CALAME, ingénieur-conseil à Genève. — Contraintes et déformations en un point d'un système bidimensionnel, par E. SCHNITZLER, chargé de cours à l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne. — CARNET DES CONCOURS. — BIBLIOGRAPHIE. — SERVICE DE PLACEMENT.

## L'aménagement hydro-électrique du Moyen-Adige dans la province de Vérone

par Jules CALAME, ingénieur-conseil à Genève.

Vers la fin de la guerre de 1939-1945, nos voisins du Sud ont procédé entre autres à l'aménagement de l'Adige, au sud du Trentin, dans cette province de Vérone où le fleuve, descendant du Brénnero (Brenner), parcourt en serpentant le val Lagarina dans une direction générale parallèle à celle du lac de Garde. Il intéressera sans doute les lecteurs du *Bulletin technique* d'en avoir une brève description, car ce type d'aménagement n'est pas courant en Suisse et sa réalisation demandait une maîtrise dans le projet et dans la construction qui sont tout à l'honneur des ingénieurs d'Italie.

Le Haut-Adige a été, depuis longtemps, l'objet de nombreux aménagements, soit sur le fleuve lui-même, soit sur son affluent principal l'Isarco (Eisack). Le charriage de ses eaux est important et constitue l'une des difficultés principales lors d'un aménagement rationnel du fleuve. On se rappellera sans doute les descriptions parues ici même des dégraveurs et dessableurs exécutés pour les Usines de Cardano<sup>1</sup> (Kardaun) et de Ponte Gardena<sup>2</sup>.

**Aménagement du Moyen-Adige**

Au sud de Rovereto, dans une région qui connut les pires bombardements dans diverses phases de la dernière guerre, à cause des transports de troupes du nord au sud et vice-

versa, la *Società Idroelettrica Medio Adige* (S. I. M. A.) s'est donné pour tâche<sup>1</sup> à la fois l'utilisation de la force hydraulique et l'irrigation de la plaine située entre le lac de Garde et Vérone. Dans ce dernier but a été constitué, sous le nom de *Consorzio Bonifica Agro Veronese*, un groupement d'intérêts en vue de l'amélioration foncière de cette région, qui embrasse notamment, au nord du fleuve, le vignoble de Val Policella.

Nous nous attarderons ici plus spécialement sur l'aménagement hydraulique proprement dit. Celui-ci comporte (fig. 1) la mise en valeur, sur une longueur du fleuve d'environ 48 km, d'une chute nette moyenne de 63,70 m en deux installations :

- la première, de 39,00 m dans l'Usine de *Bussolengo*,
- la seconde, de 24,70 m dans l'Usine de *Chievo*.

Ces deux aménagements qui se suivent sont conçus tous les deux sous la forme d'un large canal à libre écoulement, tantôt à ciel ouvert et à flanc de coteau, tantôt en galerie, et comprennent toutes sortes d'ouvrages imposants, plusieurs de dimensions exceptionnelles, pour la traversée de vallons latéraux ou même de canaux d'irrigation déjà existants.

Conçus théoriquement pour être à même d'absorber un débit maximum de 135 m<sup>3</sup>/sec en trois groupes identiques

<sup>1</sup> Voir *Bulletin technique*, 1932, p. 68, et *Schweizerische Bauzeitung*, 1929, II, pp. 167, 251.

<sup>2</sup> Voir *Bulletin technique*, 1943, p. 261, et *Schweizerische Bauzeitung*, 1945, II, p. 13.

<sup>1</sup> Nous devons le plaisir d'avoir pu visiter ces installations et de les décrire ici à l'amabilité de M. le président *Eugenio Denti* et du directeur de la S. I. M. A. *Rag. Arturo Barabaschi*, à l'occasion d'un voyage d'étude du Conseil des Services industriels de Genève.

dans chacune des deux usines, les installations hydrauliques des deux chutes utilisent pratiquement, en dehors des périodes d'irrigation :

en octobre et novembre, un débit de 130 m<sup>3</sup>/sec  
en décembre et jusqu'à la mi-avril . . . 95 \*

Dé la mi-avril à fin septembre, le débit dérivé dans le canal, qui peut atteindre 135 m<sup>3</sup>/sec, se répartit durant l'irrigation dans la première chute, en un débit

d'irrigation de . . . . . 23 m<sup>3</sup>/sec  
et un débit de force motrice de . . . 112 \*  
et dans la seconde chute, en un débit  
d'irrigation de . . . . . 3 \*  
et un débit de force motrice de . . . 109 \*

#### Première chute : Usine de Bussolengo

L'Adige est détourné de son lit naturel dans le voisinage du village d'Ala par un important barrage de retenue comportant essentiellement quatre passes identiques de 25 m d'ouverture chacune et un dispositif de prise d'eau combiné avec une installation automatique de dégravage et de desablage.

Chacune des passes du barrage est pourvue d'une *vannewagon avec hausse mobile équilibrée* par un contrepoids tubulaire qui détermine, la hausse étant levée, une hauteur de retenue du fleuve à la cote 137,50, soit 4,50 m au-dessus du seuil maçonné (fig. 2 et 3).

Le mécanisme de levage de chaque vanne est situé de part et d'autre de la portée de 25 m dans des pavillons surmontant les piles du barrage (fig. 4). Le dispositif adopté permet soit d'abord la manœuvre aisée de la hausse mobile (fig. 5), soit — en cas de crue — la levée complète du corps même de la vanne au-dessus du niveau du fleuve.

Les fondations du barrage dans l'alluvion ont exigé la mise en place de caissons pneumatiques à l'amont, à l'aval, et sous chaque pile du barrage.

A l'amont de chaque passe sont prévues dans les piles les rainures nécessaires pour la mise en place d'un *batardeau de secours* ; les quatre éléments de celui-ci, quand ils demeurent en réserve, sont dissimulés (fig. 6) dans les quatre travées de la double passerelle métallique d'amont (fig. 3) portant les rails du pont-roulant spécial de montage.

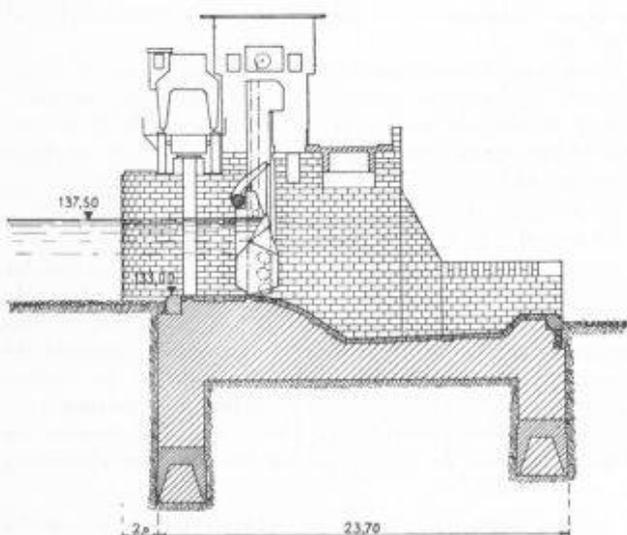


Fig. 2. — Coupe en travers du barrage. (Ech. 1 : 400).

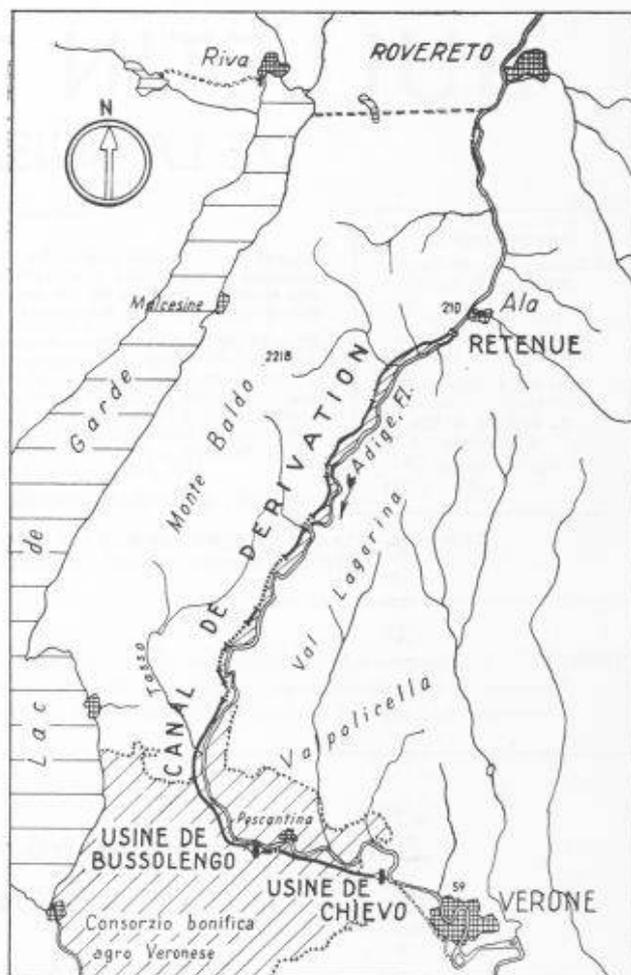


Fig. 1. — Situation générale des installations. (Ech. 1 : 400 000).

A l'aval des piles (fig. 7), une passerelle de béton armé entre profilés permet la traversée du cours d'eau sur une route de 3,30 m de largeur, bordée de deux trottoirs de 0,80 m.

L'ouvrage de prise (fig. 8) proprement dit sur rive droite est incliné à 45° sur la direction principale du fleuve et comporte d'abord un *dispositif de dégravage* qui a pour effet de provoquer par le fond une diminution de la vitesse et par conséquent un dépôt des grains lourds ; les seize ouvertures



Fig. 3. — Le barrage, vue d'amont.

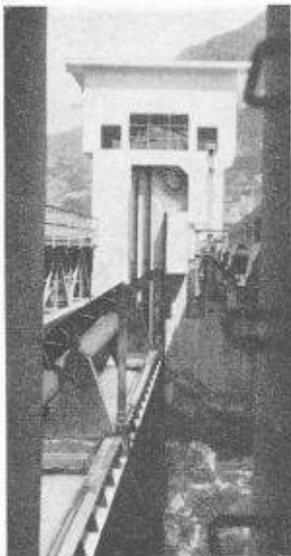


Fig. 4. — Mécanisme de levage d'une vanne.



Fig. 5. — Déversement sur la hausse abaissée.

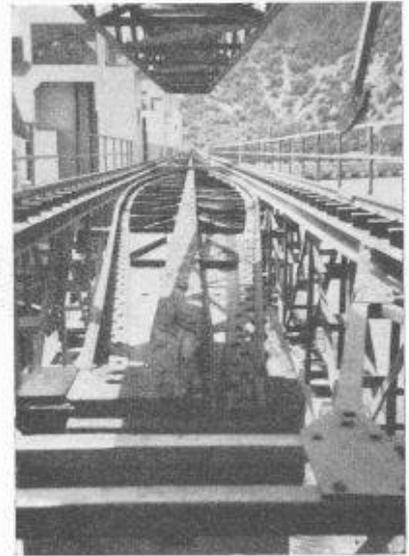


Fig. 6. — Elément de batardeau en réserve.

de la prise rassemblent deux à deux dans des canaux inférieurs le gravier ainsi déposé et renvoient directement au fleuve ce produit d'une *première décantation*, tandis que la tranche d'eau supérieure, d'une épaisseur de 2,70 m sur les 4,50 m de la retenue, passe par-dessus l'ouvrage de décharge pour entrer dans un vaste *bassin de dessablage*. Celui-ci, qui comporte six canaux parallèles (fig. 9), conduit les eaux à un dispositif analogue au précédent, mais la tranche d'eau supérieure qui passe dans le canal d'aménée est cette fois-ci de l'ordre de 3,40 m sur une hauteur totale de 5,10 m; le sable dégagé par cette *seconde décantation* est à son tour reconduit au fleuve par un canal de purge de 600 m de longueur, qui rejoint le cours d'eau en un point favorable pour éviter l'alluvionnement à l'aval immédiat du barrage.

Chacune des six passes du dessableur peut être fermée par deux systèmes de vannes superposées, celui d'en haut permettant de fermer l'entrée du canal de dérivation et de provoquer la chasse par le bas, celui d'en bas, de fermer partiellement l'entrée de plusieurs canaux de dessablage pour concentrer la chasse sur une ouverture déterminée.

Le grand canal de dérivation, d'une longueur de 38,7 km environ, est en principe à ciel ouvert, de section semi-hexa-

gonale, mais cette section subit au cours du tracé de nombreuses modifications qui lui permettent de s'adapter dans une certaine mesure aux accidents naturels; sa largeur (qui est, à la prise, d'environ 19,0 m au plafond et de 27,0 m au niveau libre, avec un tirant d'eau de 4,14 m) se réduit rapidement pour atteindre dans le profil le plus courant à ciel ouvert, qui est un profil pentagonal dit type n° 2 (fig. 10), une largeur de 20,25 m au niveau libre de l'écoulement

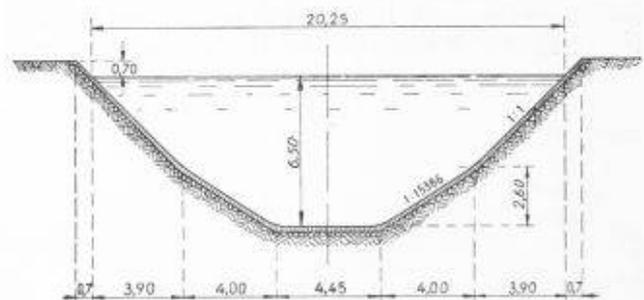


Fig. 10. — Canal d'aménée. Profil type n° 2. (Ech. 1 : 300)



Fig. 7. — Le barrage, vue d'aval.

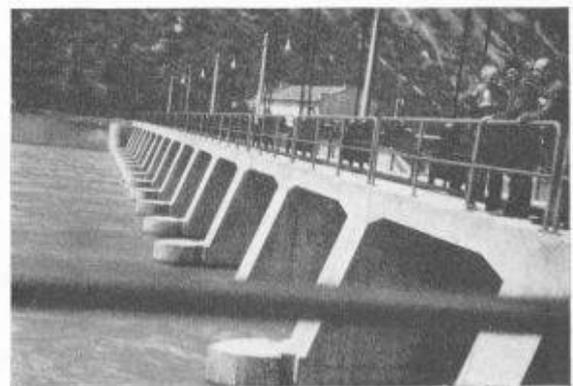


Fig. 8. — L'ouvrage de prise, vue d'aval.

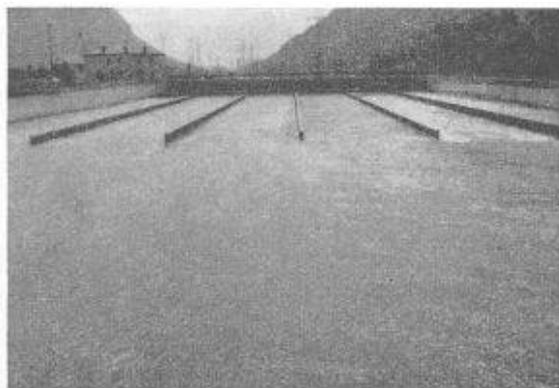


Fig. 9. — L'entrée du dessableur.

normal, le tirant d'eau étant de 6,50 m sur le radier horizontal.

Par endroits, les deux rives du canal sont constituées par des digues en terre; ailleurs la rive côté vallée prend la forme d'un véritable barrage en maçonnerie de 7,50 m de hauteur à profil triangulaire. A sept reprises le canal traverse les flancs de la montagne en galeries sur une longueur totale d'environ 8 km. L'entrée en galerie, de section rétrécie (de 85,65 m<sup>2</sup> à 44,20 m<sup>2</sup>), de même que la sortie vers le canal élargi, ont fait l'objet de recherches attentives et d'ouvrages de raccordement importants. Le tracé, par ailleurs, ne comporte pas moins de cinq ponts-canaux, cinq traversées de torrents, trois déversoirs de trop-plein (dont deux à siphon automatique) et finalement quarante et un passages supérieurs en maçonnerie reliant entre elles les rives du canal.

Un des ouvrages les plus importants est l'aqueduc sur le Tasso qui enjambe la vallée sur une longueur de 220 m sous la forme d'un pont en béton armé comprenant cinq arcs paraboliques successifs de 31,90 m de portée (entre axes des piles) supportant le pont-canal (fig. 11). Le canal plein trans-



Fig. 11. — Pont-canal sur la vallée du Tasso.

met sa charge considérable au système principal de voûtes et de piliers par l'intermédiaire d'un viaduc d'évidement composé de petites arches surbaissées de 2,80 m de portée qui portent soit le fond du canal, soit même ses parois obliques. De nombreux joints de dilatation, à moins de 6 m de distance les uns des autres, assurent à l'ensemble le maximum d'adaptation possible à des efforts secondaires.

L'arrivée du canal d'aménée a lieu dans un vaste bassin de mise en charge situé au sommet d'une colline dominant l'usine, le niveau de l'eau à la cote 130.

Trois ouvertures doubles contrôlées par des vannes-wagons commandent l'entrée des trois conduites forcées, longues d'environ 75 m, exécutées en béton armé avec un diamètre intérieur de 4,0 m. L'entrée est précédée d'une grille continue pourvue d'un dégrilleur mécanique. Chaque conduite alimente une turbine Francis de Riva à Milan, susceptible d'utiliser un débit de 45 m<sup>3</sup>/sec sous une chute nette de 39,0 m, laquelle entraîne à son tour un alternateur triphasé Brown-Boveri Milan de 20 000 kVA à une vitesse qui peut

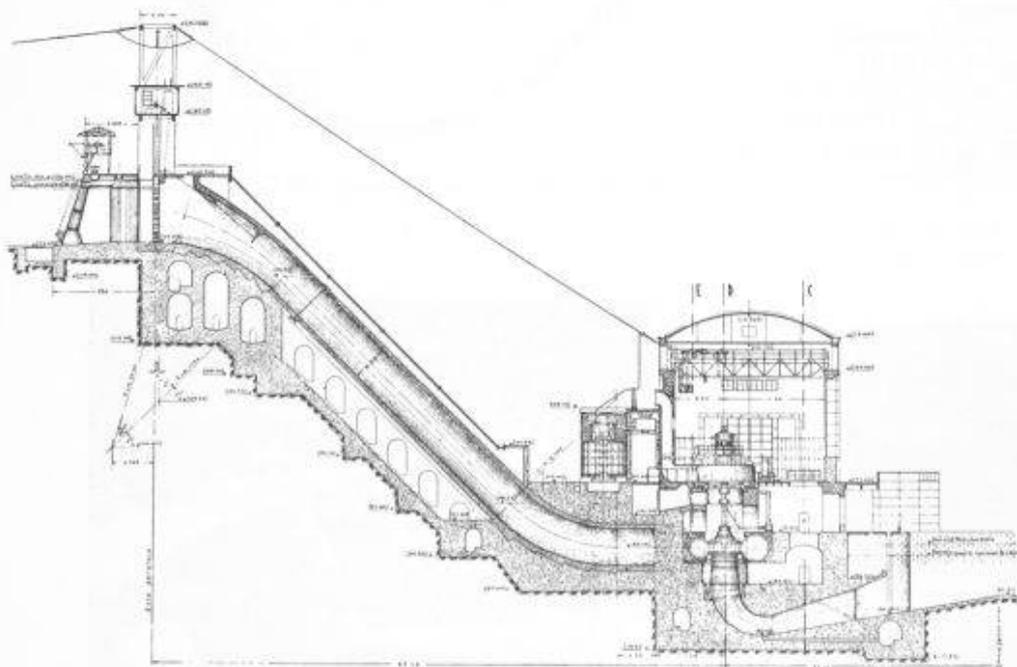


Fig. 12. — Usine de Bussolengo, Coupe de l'installation. (Ech. 1:750).



Fig. 13. — Usine de Bussolengo. Le couloir de décharge.

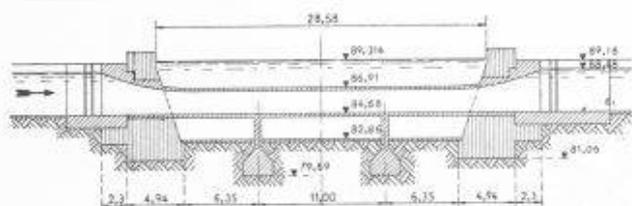


Fig. 14. — Coupe par l'axe du canal d'irrigation dans sa traversée du canal d'aménée. (Ech. 1:600).

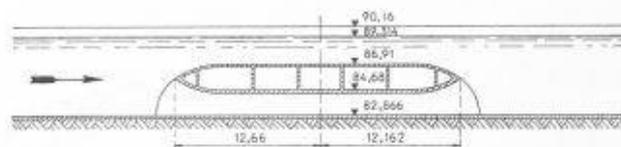


Fig. 15. — Coupe par l'axe du canal d'aménée à l'endroit de la traversée. (Ech. 1:600).

être soit de 180, soit de 214 tours/min selon la périodicité de 42 ou de 50 du réseau alimenté. La figure 12 montre en coupe la disposition générale de l'usine génératrice de Bussolengo.

Le bassin supérieur est pourvu en outre d'un déversoir réglable fermé par deux grandes vannes mobiles et une petite vanne de purge qui peuvent donner accès au canal d'évacuation exécuté sous la forme d'un impressionnant « scivolo » ou couloir de décharge (fig. 13). Comme la différence des niveaux d'eau d'amont et d'aval est de l'ordre de 40 m, on a prévu, au pied de ce déversoir, un bassin d'amortissement et de tranquillisation dont le niveau est mis ensuite en communication avec le canal de fuite des turbines, qui restitue l'eau à la cote 89,30 et constitue en même temps l'amorce du canal d'aménée de l'installation d'aval.

La figure 13 montre précisément l'aboutissement du canal de décharge dans le canal d'aval; on distingue, immédiatement au delà de ce dernier, un troisième mur: c'est l'autre bord du canal d'irrigation; puis au delà, le fleuve contourne la petite ville de Pescantina et sa région de vergers connue pour sa culture de pêches.

**Seconde chute : Usine de Chievo**

La sortie même de l'Usine de Bussolengo constitue le début du canal d'aménée de l'aménagement inférieur, conçu selon les mêmes principes et avec les mêmes dimensions que l'aménagement supérieur sur une longueur de 7,6 km environ. Le canal est construit presque entièrement en tranchée, à l'exception d'une galerie de 0,6 km, à l'aval immédiat de laquelle il y a lieu de signaler la traversée du canal d'aménée —



Fig. 16. — Le canal d'aménée.

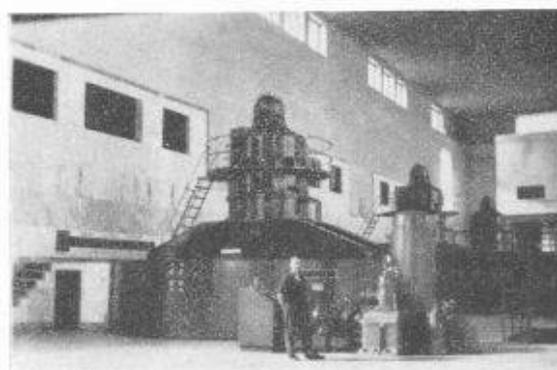


Fig. 19. — Usine de Chievo. Vue intérieure.

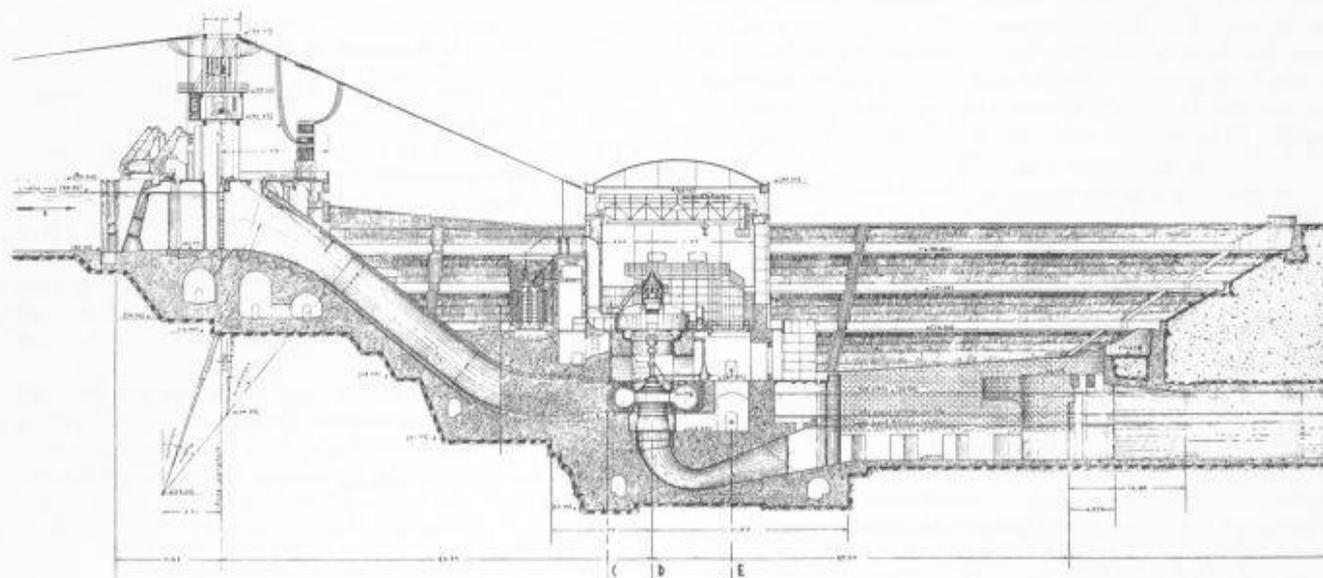


Fig. 17. — Usine de Chievo, Coupe en travers. (Ech. 1:750).

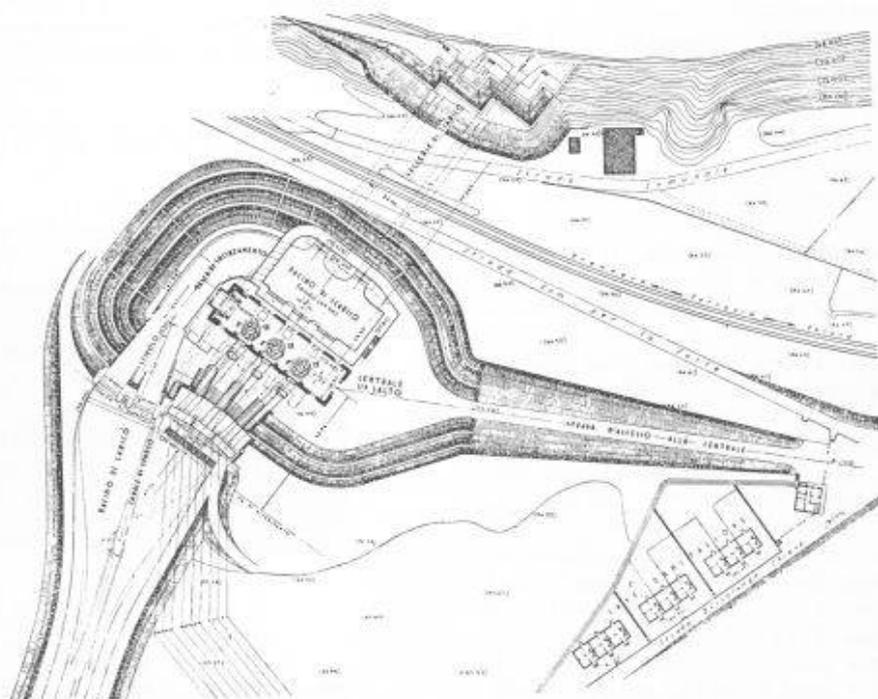


Fig. 18 — Usine de Chièvo. (Ech. 1 : 3000).

et au même niveau moyen — par le canal d'irrigation dit « Canale alto agro Veronese » (fig. 14). La solution remarquable adoptée ici consiste à faire passer en siphon les eaux du canal d'irrigation au travers d'un conduit cloisonné (fig. 15) qui traverse la section du canal d'amenée au milieu du profil et qui est caréné de façon à laisser passer, sans pertes exagérées, le débit du canal d'amenée par-dessus et par-dessous l'ouvrage de traversée.

Dans sa section courante, le canal d'amenée (fig. 16) assure le débit avec une même section utile de 85,65 m<sup>2</sup>, mais une pente  $J = 0,015$  seulement (alors que la pente était de 0,020 en moyenne dans l'aménagement supérieur). On est maintenant dans la plaine ondulée ; les gros obstacles ont disparu et le canal est presque entièrement à ciel ouvert. Il aboutit à son tour dans un bassin de mise en charge pourvu des mêmes organes de commande que celui de la chute supérieure.

|  |       |
|--|-------|
| Niveau de la retenue à la cote . . . . .       | 88,85 |
| Restitution à la sortie des turbines . . . . . | 64,00 |

Trois conduites forcées  $\varnothing$  4,00 m, longues de 53 m, alimentent chacune une turbine Francis capable d'absorber un débit de 45 m<sup>3</sup>/sec sous une chute nette de 24,70 m et d'entraîner à la vitesse de 140 ou de 167 tours/min un alternateur triphasé de 15 000 kVA, 42 ou 50 pér./sec. Un couloir de décharge, commandé par deux vannes principales et par une petite vanne de purge, conduit à un dispositif d'amortissement en liaison avec le bassin de décharge des turbines.

La figure 17 montre la disposition générale de l'Usine de Chièvo, située dans un véritable entonnoir de 26 m de profondeur qu'on n'a pas craint de creuser dans l'alluvion et d'aménager par des terrassements de grande envergure. Tout le bassin de décharge des turbines est protégé, sur une hauteur de 10 à 12 m, par un revêtement de pierre de taille parfaitement appareillé qui en fait un ouvrage grandiose. De

là, deux galeries parallèles de 120 m environ de longueur, fonctionnant à libre écoulement, regagnent l'Adige et constituent le canal de fuite et de restitution au fleuve (fig. 18).

L'intérieur même de l'usine (fig. 19) est revêtu partiellement de plaques de marbre jaune provenant des collines environnantes. Ce revêtement fournit un cadre de couleur chaude aux alternateurs peints en rouge vermillon de la Compagnie générale d'Electricité et aux régulateurs automatiques de vitesse de Riva-Milan qui commandent les turbines Francis du même constructeur, installées en sous-sol.

#### Distribution de l'énergie

Sans entrer dans le détail d'une distribution complexe, disons que le poste de commande des deux usines est situé à Bussolengo sur la colline du bassin de mise en charge, dans un édifice indépendant de l'usine génératrice. La sous-station en plein air, avec ses sectionneurs, ses interrupteurs et ses transformateurs est admirablement aménagée. On y constate l'arrivée des trois lignes de la centrale voisine de Bussolengo et des trois lignes de la centrale de Chièvo, ainsi que l'emplacement pour douze départs à 135 kV dont sept sont déjà réalisés vers différents réseaux de l'Italie du Nord et du Centre.

La S. I. M. A. avait estimé dans son projet que l'énergie produite dans cet aménagement serait, bon an, mal an, de l'ordre de 440 millions de kWh, dont 61 % environ provenant de Bussolengo et 39 % environ de l'usine de Chièvo.

En réalité et du fait aussi que l'irrigation n'a été que partielle, la production d'énergie électrique de ces deux usines s'est élevée en 1947 à 506 millions de kWh.

Genève, juin 1948.