LA HOUILLE BLANCHE

J. REY, Éditeur, GRENOBLE

Abonnement pour une Année { France .. 30 francs } Le Numéro : 5 francs
 { Étranger . 40 francs }

Compte Chèques Postaux LYON 5-84

SOMMAIRE

LES FORCES HYDRAULIQUES. — Les grands aménagements hydrauliques transalpins (2^e étude) : L'aménagement du Haut-Barbellino, par J. BOUDET, Ingénieur A. et M., Membre de la Société des Ingénieurs civils de France et de l'Associazione Elettrotecnica Italiana.

HYDRAULIQUE. — Calcul des barrages-voûtes (*suite*), par Georges PRUDON, Ingénieur chargé de conférences à l'Institut Polytechnique de Grenoble. — Note sur la réalisation des turbines autorégulatrices permettant l'exploitation automatique de chutes de puissance moyenne, en vue d'alimenter des réseaux ruraux d'énergie électrique, par L. BARBILLON, Directeur de l'Institut électrotechnique de Grenoble.

ELECTRICITE. — Comment choisir un régulateur automatique, par E. JUILLARD, Ingénieur E. P. Z. — Condensateurs synchrones.

LEGISLATION. — La déchéance des concessionnaires d'énergie électrique, d'après un arrêt du Conseil d'Etat du 26 janvier 1923, par Paul BOUGAULT, Avocat à la Cour d'appel de Lyon.

DOCUMENTATION.

BIBLIOGRAPHIE.

INFORMATIONS.

LES FORCES HYDRAULIQUES

Les grands aménagements hydrauliques transalpins

(Deuxième Étude)

L'aménagement du haut Barbellino

Par J. BOUDET, Ingénieur A. M., Membre de la Société des Ingénieurs civils de France
et de l'« Associazione Elettrotecnica Italiana ».

Dans une précédente étude parue ici même (1), nous avons exposé le magnifique essor donné, depuis la guerre, par nos amis italiens, à l'exploitation intensive de leurs forces hydrauliques et nous nous sommes proposé de faire connaître, sous cette rubrique, un certain nombre de leurs aménagements récents, intéressants à plus d'un titre, tant par leur importance que par l'originalité de leur conception ou la difficulté de leur exécution.

Nous avons déjà exposé l'économie générale de l'aménagement Piave-Livenza qui ressort des premiers, par son importance. Nous nous proposons de résumer dans la présente note, celle de l'aménagement du Haut-Barbellino, qui s'apparente plus étroitement aux seconds, en raison des difficultés inhérentes à son caractère d'aménagement de haute montagne.

I. — SITUATION DES INSTALLATIONS. — HYDROGRAPHIE.

De la chaîne des Alpes Orobiennes, qui séparent la Valtelline de la province de Bergamo se détachent divers petits chaînons que découpent des vallées importantes, dont quelques-unes très étendues, parmi lesquelles la vallée du Serio qui se développe sur un parcours Nord-Sud de plus de 70 kilomètres entre sa source, aux Monts du Barbellino, et la plaine lombarde.

La chaîne du Barbellino comporte les plus hautes cimes à neiges éternelles des Alpes Orobiennes (Mont Gleno : 2.873 m. —

Cime du Diable : 2.927 m.). Elle est découpée par de profonds ravins semés de glaciers et de névés (Trobio : 1 km.²,600 ; Bruona : 1 km.²,200), et le paysage, impressionnant, est néanmoins égayé par de vastes pâturages, de petits lacs, et de nombreuses cascades, parmi lesquelles celle du Serio est une des plus belles d'Italie.

La Société « Franchi-Griffin » (aujourd'hui « Franchi-Gregorini ») étudiait depuis une dizaine d'années l'utilisation de cette intéressante région hydrographique, lorsque la guerre empêcha la réalisation de ses projets. Repris depuis l'armistice et poursuivis au milieu des difficultés déjà exposées, ces derniers viennent d'entrer dans la voie des réalisations.

Leur conception générale est exposée ci-dessous, d'après les

(1) Voir *La Houille Blanche* de septembre-octobre 1922 (N° 69-70)

notes et documents que notre éminent collègue, M. l'ingénieur Carlo Tosana, directeur des travaux, a bien voulu mettre à notre disposition pour la circonstance.

L'hydrographie de la région demandant à être précisée, en raison des débits, relativement faibles, utilisables à pareilles altitudes, et surtout de leur irrégularité, des jaugeages périodiques furent effectués, concurremment et en étroite relation avec des

Par ailleurs, et en vue d'une utilisation maximum des ressources hydrographiques du bassin, le projet général d'aménagement comporte également l'équipement des torrents Fiumenero et Bondione, ainsi que la captation, au passage, du Val di Coca et du Rio Avert.

Nous examinerons successivement les trois principales parties de ce programme général d'aménagement.

Fig. 1. — Carte de la Vallée du Haut-Barbellino, montrant la situation respective des installations projetées en vue de son aménagement rationnel.

observations pluviométriques et névométriques serrées, pendant les six années 1905 à 1907 et 1915 à 1917, desquelles observations l'on déduisit que le débit moyen mensuel résultant des précipitations atmosphériques sur l'ensemble de cette région, tout entière située au-dessus de 1.800 m. d'altitude, atteignait 45 litres par km² (chiffre vérifié par les résultats de semblables observations faites dans une région voisine, pareillement située, par la « Società Generale Elettrica dell' Adamello »).

Le débit moyen compensé ressort à environ 1.300 litres-seconde, mais se tient néanmoins très en dessous pendant 6 mois de l'année, au cours desquels il descend jusqu'à 70 litres. Et, pour parer au déficit des six mois d'étiage d'hiver (de novembre à avril inclus) — lequel atteint 17 millions de mètres cubes — on a été conduit à prévoir la création de trois réservoirs accumulateurs, aux lacs du Barbellino (altitude 2.160 m.), de Val-Morta (2.185 m.) et de Plan-du-Barbellino (1.860 m.) pour une capacité totale de 17 millions 500.000 mètres cubes, à l'aide de barrages dont la hauteur varie de 25 à 45 mètres, et ce sur les deux seules branches supérieures du fleuve : Val-Morta et Serio. Néanmoins, pour le moment l'installation est exécutée en première étape, sans les réservoirs, qui font l'objet d'un second programme de travaux.

II. — EQUIPEMENT DU COURS INFÉRIEUR DU SERIO ENTRE LES ALTITUDES 1.800 ET 850 M. (INSTALLATIONS DITES « DU BARBELLINO »).

Ainsi qu'il vient d'être dit, l'installation « du Barbellino » a été exécutée provisoirement, au cours d'une première campagne de travaux, de façon à utiliser les eaux sans réservoir, mais en aménageant toutefois le bassin de prise et le réservoir de compensation entourant la Centrale, dans le but d'assurer la constance et la régularité du débit nécessaire, pour les irrigations, aux usagers d'aval, dont l'opposition au projet a été longue et en a sérieusement retardé la réalisation. Les ouvrages sont néanmoins établis en vue de l'utilisation définitive, conformément aux dispositions du décret de concession.

Prise d'eau. — Au confluent du Serio et du Valmorta un petit barrage de 10 m. de hauteur, muni des classiques ouvrages accessoires, crée un réservoir, ou bassin de prise, d'une capacité de 450.000 m³, suffisante pour établir largement les compensations importantes des jours de fête (fig.) et duquel part la galerie d'amenée en charge.

Canal d'amenée. — Ainsi que l'indique le profil en long ci-contre (fig. 2) le canal d'amenée, d'une longueur totale de 4.930 mètres est entièrement en galerie, percée à flanc de coteau dans une région littéralement abrupte et, partant, d'un accès très difficile. Cette circonstance rendant fort coûteux tout chemin d'accès aux installations, sans pour cela en réduire la précarité dans une région balayée par les avalanches, on fut conduit à prévoir ce

sa cuvette supérieure, une voie de service qui, après avoir été utilisée pour l'approvisionnement des différents chantiers, servira d'accès aux installations pendant l'exploitation, et qui est actuellement très précieuse, pour la réalisation de la seconde étape de travaux du programme général d'aménagement (Barrages des lacs supérieurs). Vingt-cinq fenêtres furent ouvertes pour faciliter et activer la perforation de cette galerie.

(4. — Plan général)

(5. — Coupe longitudinale).

Fig. 4 et 5. — Ouvrage de captation du Rio-Avert, et chambre de mise en charge.

della Costa, la pente s'accroissant jusqu'à atteindre 138 % et le flanc de la montagne devenant plus âpre, on dut percer six tunnels d'une longueur totale de 262 mètres, et présentant une largeur suffisante (5 m, 00) pour permettre, ultérieurement, la pose d'une troisième conduite desservant la dérivation du Fiumenero dont il sera parlé plus loin.

La longueur totale des conduites forcées est de 2.028 m, 50 pour une différence de niveau de 931 mètres entre la chambre de mise en charge (alt. 1.780 m.) et la centrale des Dossi (alt. 849 m.). Leur diamètre et leur épaisseur varient avec les pressions de service, entre 800 m/m (épaisseur 5 m/m) pour les pressions de 0 à 8 atmosphères et 550 m/m (épaisseur 20 m/m) pour les pressions dépassant 90 atmosphères. Sur les 2/3 environ de la longueur, les éléments, en tôle d'acier, sont rivés, alors que sur le 1/3 inférieur ils sont soudés ; en outre, sur le dernier tronçon — d'une longueur de 410 mètres — soumis à d'énormes pressions, ils sont frettés d'acier pour permettre la réduction à 20 m/m de leur épaisseur, qui, sans cela, aurait dû atteindre 38 m/m.

Centrale. — Les conduites forcées aboutissent à l'usine des Dossi, située sur la rive gauche du Serio, après avoir traversé ce fleuve sous le platelage d'un pont en béton armé (trois arches surbaissées, de 22 m, 00 d'ouverture) qui sert également d'accès à la centrale, laquelle occupe une situation à la fois bizarre et très pittoresque (Fig. 6 et 7) au milieu du réservoir de compensation dont il a été parlé ci-dessus.

De dimensions imposantes, mesurant, en plan, 66 × 36 mètres ce bâtiment a été conçu en vue de réunir en une seule usine, avec les installations du Barbellino, celle du Fiumenero et du Val Bondione, appelées à fonctionner sous la même chute de 510 mètres.

Quoique situées sur les deux rives du Serio les conduites forcées de ces deux dernières installations sont réunies, à leur arrivée à l'usine, en un collecteur unique desservant deux groupes générateurs de 4.250 HP absorbant 8900 litres-seconde et un de 1.500 HP, absorbant 300 litres seulement (débit d'étiage). Ces trois groupes sont logés, du même côté et vis-à-vis des quatre groupes de 6.000 HP de l'équipement du Barbellino, dans le bâtiment sus-visé qui abrite, en outre, un tableau de distribution unique et deux groupes de transformateurs (fig. 8 et 9).

(Coupe longitudinale).

(Plan-coupe horizontal).

Fig. 5 bis. — Ouvrage de raccordement au départ des conduites forcées;

Machinerie. — L'équipement du Barbellino comporte trois groupes en service et un en réserve, composés chacun d'une turbine Pelton à axe horizontal absorbant 600-700 litres-seconde et développant 5,500-6,500 HP à la vitesse moyenne de 630 t. p.

Fig. 6. — Vue générale de la Centrale des Dossi, au milieu du réservoir de compensation.

m., accouplées à des alternateurs absorbant cette puissance avec un $\cos \varphi$ de 0,70, et produisant du courant triphasé 8.000-8.500 volts — 42 ~. Les groupes excitateurs, alimentés par une dérivation faite sur la conduite desservant les deux groupes voisins, sont au nombre de deux, d'une puissance unitaire de 180 — 200 KW, et capables de fournir, éventuellement, l'excitation à un alternateur de l'installation Fiumenero-Bondione, laquelle ne disposera que d'une seule excitatrice (fig. 9).

Les caractéristiques de la machinerie des installations Fiumenero et Bondione sont les mêmes que celles de l'installation du Barbellino, pour permettre leur marche en parallèle et la concentration de l'énergie sur les mêmes barres collectrices.

Équipement électrique. — Ainsi que l'indique le schéma de connexions ci-après (fig. 10) l'énergie produite par les différents groupes de la Centrale est réunie sur un système unique de barres à 8.500 V. alimentant les transfo-élévateurs (8.500-70.000 v.) en même temps que deux départs de lignes à pareille tension, fournissant au chemin de fer de la vallée du Serio et aux fours de Gavazzo. Les interrupteurs sont à commande électrique à distance, même pour les excitatrices, afin d'avoir une plus grande liberté d'évolution pour la pose des barres du continu, d'encombrement considérable en raison de leur ampérage élevé. En outre, dans les transfo-élévateurs, le déclenchement automatique est prévu, aux interrupteurs, du côté 8.500 v., ne disposant que de la seule commande à distance du côté 70.000 v.

La station de transformation comporte, logés par groupes de

trois dans les ailes de la centrale (fig. 9) six transfo-triphasés dont cinq en service et un en réserve, du type dans l'huile, à refroidissement par circulation d'eau, et d'une capacité continue de 6.000 KVA, présentant un rapport de transformation de 8.000-8.500 à 70.000-72.000 volts.

Surélevé de six mètres par rapport au plancher du hall, le pupitre domine toute la salle des machines dont il constitue le poste d'observation. Les services auxiliaires sont assurés par une batterie d'accus de 100 Amp.-heure.

EXÉCUTION DES TRAVAUX

Le peu que nous avons dit du pittoresque de la région de haute montagne dans laquelle est situé l'aménagement, laisse entendre que l'exécution de ce dernier présentait de multiples difficultés, dues surtout à l'inaccessibilité initiale de certains de ses ouvrages, qui nécessita l'établissement préalable de tout un réseau de communication : routes, muletiers, sentiers, etc..., reliant le fond de la vallée (alt. 900 m.) à différentes fenêtres de la galerie d'amenée (alt. 1.780 m.).

Elles furent résolues d'élégante façon par l'établissement de deux téléferiques : l'un partant des Dossi (alt. 850 m.) sur la route Gromo-Bondione, et aboutissant au bassin d'Avert, après avoir desservi tout le tracé des conduites forcées ; l'autre partant de la cote 1.000 m., sur le prolongement de la route Bondione-Grunetti, et aboutissant, dans les rochers du Pinacolo, à la cinquième fenêtre de la galerie d'amenée, distante de 950 m. de

Fig. 7. — Plan général de la Centrale des Dossi et du réservoir de compensation.

la prise d'eau, ainsi que par l'établissement de la voie de service, dont il a été parlé, sur l'extrados de la galerie, et par laquelle passèrent tous les approvisionnements des chantiers supérieurs, amenés par voie ferrée jusqu'à la station de Ponte-Selva où était installé un monte-charge, et ensuite par camions jusqu'aux stations inférieures des téléfers.

La force motrice nécessaire au fonctionnement des diverses installations était obtenue dans une petite centrale située à

Gavazzo et utilisant la chute de 24 mètres que présente le Serio entre le haut fourneau de Gavazzo et le bassin de compensation entourant la centrale des Dossi, sur un parcours de 500 mètres, en deux groupes de chacun 100 HP.

Après achèvement des travaux, cette centrale, — du reste, construite à titre définitif et dans laquelle est prévu un groupe en attente — fonctionnera en série avec celle des Dossi et pourra fournir 400 HP, destinés par avance, au service du haut fourneau.

8. — Coupe transversale A B de la salle des machines).

(9. — Plan-coupe horizontal au-dessus du plancher des alternateurs)

LÉGENDE :
(E)-(E) Groupe d'excitation. (I) (I) Transformateurs. (B) Bureau.
(T) Tableau. (A) Atelier. (M) Magasin.

Fig. 8 et 9. — Usine génératrice (Centrale des Dossi).

III. — EQUIPEMENT DES TORRENTS DE BONDIONE ET DE FIUMENERO

Ainsi qu'il a été exposé ci-dessus, l'utilisation des bassins versants du Bondione et du Fiumenero (ensemble 21,5 km²) a été conçue de façon à utiliser dans la centrale des Dossi, comme régulatrices de celle du Barbellino, deux chutes de même hauteur (510 m.) réalisables sur les torrents de mêmes noms, avec un débit moyen d'environ 860 litres-seconde au prix d'aménagements identiques et relativement assez peu coûteux.

A Malga di Campo, sur le Fiumenero (alt. 1.375 m.) est prévu un réservoir de 3 millions de mètres cubes créé par un barrage en maçonnerie de 38 m. de hauteur maximum et de 150 m. de longueur en amont duquel une tour de prise d'eau alimente une dérivation de 3.230 mètres de longueur, creusée partie en tranchée rocheuse et partie en galerie fragmentée par des fenêtres — dont une de 1.546 mètres d'un seul tenant — aboutissant à une chambre de mise en charge située sur la croupe de La Redorta. De cette

chambre d'eau, part la conduite forcée, longue d'environ 700 m., qui, à Prato della Costa, rejoint celles descendant du Barbellino, et traverse avec elles le Serio pour accéder à l'Usine.

D'autre part, sur le Bondione, un barrage de 45 mètres de hauteur maximum, mais de peu de longueur (120 mètres seulement avec $h \geq 10$ m.), établi à Malga-Tuf (altitude 1.340 m.) assure la création d'un second réservoir de 1 million de mètres cubes, capable de retenir les précipitations d'un bassin versant de 10,6 km² (fig. 1). Le canal d'amenée a une longueur totale de 3.280 m., (dont 1.760 en galeries et 1.520 à flanc de coteau). La conduite forcée, longue d'environ 650 mètres, présente un diamètre décroissant de 700 jusqu'à 500 m/m, et est immergée dans le bassin de compensation entourant la centrale, avant d'accéder à cette dernière, dans laquelle elle est réunie à celle descendant du Fiumenero.

Ainsi utilisés les débits de ces deux torrents, régularisés par le jeu des réservoirs, entre 300 et 1.500 litres-seconde, selon les mois, sont susceptibles de fournir, aux Dossi, un appoint d'énergie qui ne saurait être estimé à moins de 27 millions de Kwh annuels.

IV. — EQUIPEMENT DES BASSINS SUPÉRIEURS : LACS DU BARBELLINO, MALGINA ET VALMORTA.

Un examen serré des bassins supérieurs du Serio, suivi de relevés topographiques précis, effectués entre sa source et le plan du Barbellino, fit ressortir l'intérêt qu'il y aurait à aménager également cette région pour y créer une accumulation compensatrice et régulatrice des débits déficitaires d'hiver, ainsi qu'il a été exposé ci-dessus.

Dans cette haute région, se trouve une série de lacs, relativement profonds, tous situés à plus de 2.000 mètres d'altitude et dont les exutoires se prêtent facilement à être barrés dans des conditions économiques en vue de créer un relèvement de leur plan d'eau constituant réservoir. Et c'est ainsi que l'on fut conduit à prévoir la création des réservoirs du Barbellino, de Malgina et du Val Morta, d'une capacité respective de 3 millions 500.000 — 600.000 et 1 million 500.000 mètres cubes, soit au total une réserve de 5 millions $\frac{1}{2}$ de mètres cubes, constituée tant par le relèvement du plan d'eau que par la vidange des cuvettes primitives des lacs jusqu'à une certaine profon-

deur, et au moyen de laquelle réserve les débits déficitaires des mois d'hiver, de décembre à mars, qui descendent à 45 et même 28 litres-seconde — pourront être relevés et régularisés à 380 litres; ceux, également déficitaires, d'avril, septembre, octobre et novembre, portés de 120 jusqu'à 460 et 600 litres; enfin, ceux des quatre mois d'été réduits et maintenus constants à 620 litres.

L'exécution de ces travaux, actuellement en cours, fut l'objet de la 2^e étape du programme général d'aménagement, conjointement avec celle du barrage de Plan du Barbellino pour la création du grand réservoir de même nom (12 millions de mètres cubes), confiée à la Maison Fontana, de Gromo. S. G. (1).

Ces travaux, déjà avancés, comportent trois petits barrages

(1) Voir au sujet de cet intéressant ouvrage à arches multiples, la relation publiée par M. F. Zanoni dans *L'Industria*, Vol. XXXVI, N° 16 (Milano, août 1922).

établis aux exutoires des lacs ci-dessus et les galeries de vidange de ces lacs, celles de Val Morta et du Barbellino étant prolongées par deux canaux d'amenée, capables chacun d'un débit de 350 litres-seconde, établis en galerie sur une longueur totale de 5.000 mètres dont 1.800 pour le Val Morta, et se réunissant (après captation, au passage, de l'émissaire du lac Malgina) dans une unique

V. — RÉSULTATS OBTENUS

L'aménagement général succinctement décrit ci-dessus, dont les travaux sont, à l'heure actuelle, très avancés, permettra l'accumulation, dans la haute vallée du Serio et de ses affluents de 22 millions $\frac{1}{2}$ de mètres cubes d'eau, répartis comme suit :

Fig. 10. — Schéma des connexions électriques de l'usine des Dossi.

Lacs du Barbellino, Malgina et Val Mora.....	5.500.000 m ³
Plan du Barbellino { Serio.....	12.000.000 »
Val Morta	500.000 »
Lacs de Coca et d'Avert	500.000 »
Fiumenero	3.000.000 »
Bondione.....	1.000.000 »
Total égal.....	<u>22.500.000 m³</u>

chambre de mise en charge située au-dessus de Plan du Barbellino, à l'altitude moyenne 2.125 m., et d'où la conduite forcée partira pour descendre à la Centrale compensatrice, établie au bord du petit réservoir servant de prise à l'installation principale et situé au confluent du Val Morta et du Serio.

Le niveau de retenue normale dans ce dernier bassin (1.805 m.) étant celui de la fuite de l'Usine en question, la chute moyenne utilisable dans cette usine ressort à 315 mètres nets, toutes pertes de charge déduites. Avec les débits régularisés ci-dessus, la Centrale de Plan du Barbellino, équipée provisoirement pour une puissance instantanée de 2.260 HP, sera capable d'assurer une production annuelle de plus de 10.200.000 kwh, qui sera transmise à la Centrale principale des Dossi, — d'où se fera la répartition — à la tension de production, soit 8.500 volts, au moyen d'une ligne aérienne descendant, par les pentes abruptes du Ligorsel Maslana, jusqu'à Bondione, où elle emprunte ensuite la route de Bergamo.

Cette importante accumulation de réserves permettra de régulariser à 4 m³/seconde permanents le débit du Serio en aval des Dossi, amélioration de régime très appréciable pour l'agriculture et dont profitera toute la région irrigable de la vallée, jusqu'à la plaine lombarde.

Elle permettra, en outre, de retirer d'une région déshéritée de 54 Km² de superficie, entièrement située en haute montagne, à une altitude moyenne de plus de 1.500 mètres, et entourée de sommets de plus de 3.000 mètres éternellement blancs — c'est-à-dire dans des conditions d'extrêmes difficultés — une puissance de plus de 26.000 HP permettant une production annuelle de plus

de 118 millions de Kwh, comptée sur la base de 4.500 heures de travail par an, et se répartissant comme suit :

Bassin des lacs supérieurs :

Centrale de Plan du Barbellino..... 10.200.000Kwh

Bassin inférieur

Centrale	Equipement Barbellino	81.200.000 »
des Dossi	Equipem. Fiumenero et Bondione.	27.000.000 »
Total.....		<u>118.400.000 »</u>

VI. — DÉPENSES DE CONSTRUCTION

Ainsi que nous l'avons exposé, l'aménagement du Barbellino a été réalisé en trois périodes successives, dont les dépenses respectives se sont établies comme suit :

1^{re} Période. — Exécution de la prise d'eau et du canal d'amenée ; pose d'une conduite forcée ; construction de la centrale et du bassin

de compensation ; équipement du transport de force de Bondione à Lovere..... 8.827.500 Lire.

2^e Période. — Construction du réservoir du lac supérieur du Barbellino et des ouvrages accessoires ; pose de la 2^e conduite forcée... 6.471.780 »

3^e Période. — Construction du grand réservoir du Plan du Barbellino et aménagement des ouvrages accessoires..... 9.928.220 »

Soit au total..... 25.227.500 »

Si l'on y ajoute les dépenses préliminaires effectuées à fin 1920, et qui montaient déjà à. 13.483.500 »

On trouve que le montant total des dépenses engagées pour la réalisation de l'aménagement ci-dessus décrit, s'élève, en définitive, à..... 38.711.000 »

Il en résulte que le prix de revient du IIP installé ressort à 1.500 Lire, en chiffre rond, chiffre relativement faible pour un aménagement de réalisation aussi difficile.

Si l'on suppose comme dépense d'exploitation, entretien et amortissement 13 % du chiffre ci-dessus (taux couramment admis ici), le prix du Kwh au départ de l'usine semble devoir s'établir aux environs de L. 0,05, chiffre remarquablement bas à l'heure actuelle.

VII. — DURÉE D'EXÉCUTION DES TRAVAUX

Exception faite pour les travaux préliminaires, qui furent exécutés assez lentement, en 1917-18, pendant que se poursuivaient les formalités administratives, la réalisation de l'aménagement du Barbellino, à l'heure actuelle en voie d'achèvement, n'aura guère demandé plus de trois années d'efforts et de travail effectif.

C'est dire qu'elle aura été remarquablement rapide, si l'on tient compte surtout des entraves de tous ordres qu'une Administration tâtilonne autant qu'en France s'ingénia à joindre aux difficultés inhérentes à l'âpreté de la nature en ces régions.

Elle n'en fait que plus d'honneur au savant technicien qui l'a conçue, M. Carlo Tosana, de Brescia, ainsi qu'à la Société Franchi-Gregorini, qui l'a réalisée.