

LA HOUILLE BLANCHE

J. REY, Éditeur, GRENOBLE

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

SOMMAIRE

MONOGRAPHIE D'USINE. — Les Usines hydro-électriques de la Compagnie des Forges et Aciéries électriques Paul Girod, à Ugines (Savoie), par V. SYLVESTRE, Ingénieur A. M. et I. E. G.

HYDRAULIQUE. — Mesure du Rendement des Pompes par la Méthode Thermométrique, par L. BARBILLION et A. POIRSON. — Dépressions à l'intérieur des conduites forcées ; conséquences d'une rupture de celles-ci, par Georges FERRAND, Ingénieur A. M.

LES FORCES HYDRAULIQUES. — Note sur l'Utilisation des Marées (suite), par G. BOISNIER, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

ELECTRICITE. — Des diverses applications du régulateur automatique à action rapide Brown-Boveri et des méthodes de branche-

ment correspondantes (suite), par V. SYLVESTRE, Ingénieur A. M. et I. E. G.

LEGISLATION. — Formalités pour l'obtention définitive d'une concession municipale, par Paul BOUGAULT, Avocat à la Cour d'Appel de Lyon.

DOCUMENTATION. — Tarification de l'Energie électrique par E. BÉRARD, Ingénieur I. E. G., Licencié ès-Sciences Physiques. — L'Ancrage des conduites forcées. — Le nouveau Four électrique » Fiat ». — Une nouvelle sonde sans diamant. — L'Écoulement dans les déversoirs à nappe libre, avec contraction latérale. — L'Accumulation hydraulique par pompage. — L'Encastrement latéral dans les Barrages. — Les grandes Installations hydro-électriques en Suisse : L'Aménagement de Broc.

BIBLIOGRAPHIE.

MONOGRAPHIE D'USINE

Les Usines hydro-électriques de la Compagnie des Forges et Aciéries électriques Paul Girod⁽¹⁾ à Ugines (Savoie).

Par V. SYLVESTRE, Ingénieur A. M. et I. E. G.

La C^{ie} des Forges et Aciéries électriques Paul Girod, à Ugine (Savoie), qui possède à Ugine une Usine d'Electro-Métallurgie, alimentée exclusivement par la Houille Blanche, poursuit depuis plusieurs années l'aménagement de différentes chutes sur le Doron de Beaufort, et en particulier celui du lac de la Girotte.

M. Paul Girod, dont nous connaissons tous les grands talents d'Ingénieur métallurgiste et d'Administrateur, a fait d'Ugine, petit village savoyard, situé sur l'Arly, au pied du mont Charvin, presque ignoré il y a trente ans, un centre industriel, qui dispose actuellement, avec ses usines génératrices hydro-électriques de Mollières, des Fontaines, de Venthon, Roëngers, Queige, du Fayet et du Bionnay d'une puissance moyenne de 30.000 HP qui sera portée à environ 100.000 HP lorsque le programme d'aménagement des bassins de Beau-Beaufort et de l'Arly sera réalisé.

Le présent article a pour but de donner aux lecteurs de la Houille Blanche le programme extrêmement intéressant de production d'énergie électrique actuellement en cours d'exécution, travaux qui font le plus grand honneur aux Directeurs de la C^{ie} Paul Girod et à M. Suter, Ingénieur en chef du département Hydraulique, que nous remercions ici personnellement pour tous les documents qu'ils ont bien voulu nous communiquer.

Nous avons donné dans le numéro de la *Houille Blanche* mars-avril 1921 (page 71) à propos du projet d'électrification des Tramways départementaux de la Savoie, une nomenclature sommaire des usines hydro-électriques de la C^{ie} des Forges et Aciéries Electriques Paul Girod et des lignes de distribution qu'elles alimentent.

Le but du présent article est de donner une idée d'ensemble des usines existantes, de celles en cours d'exécution, et ce que sera ce réseau, lorsque l'équipement des chutes du bassin du Doron de Beaufort sera réalisé.

(1) La Compagnie des Forges et Aciéries électriques Paul Girod vient d'être absorbée par la Société d'Electro-Chimie et d'Electro-Métallurgie, dont le siège social est 2, rue Blanche, à Paris.

La nouvelle raison sociale est la suivante :
 Société d'Electro-chimie, d'Electro-métallurgie et des Aciéries Electriques d'Ugine.

Le domaine hydraulique de la Compagnie des Forges et Aciéries Electriques Paul Girod s'étend sur les bassins du Bonnant, de l'Arly et du Doron Beaufort (voir carte figure 1).

La superficie de chacun de ces bassins est la suivante :

Bassin de l'Arly jusqu'à Ugine	226	kilomètres carrés
Bassin du Doron de Beaufort jusqu'à la prise d'eau de Venthon	268	— —
Bassin du Bonnant jusqu'à la prise d'eau du Fayet	144	— —
Soit une superficie totale de	638	kilomètres carrés

La carte générale figure I et le tableau ci-après, donnent la situation topographique et les caractéristiques des diverses usines hydro-électriques en fonctionnement, en cours d'exécution, et en projet.

Usines hydro-électriques en fonctionnement.

SUR L'ARLY

Les usines en fonctionnement sont :

Les Molières et Fontaines à Ugine, sur le bassin de l'Arly.
Le Fayet et Bionnay, sur le bassin du Bonnant.

Venthon, Roëngers et Queige, sur le bassin du Doron de Beaufort.

A) Usine des Molières.

Cette usine fut aménagée en 1903, c'est la plus ancienne après celle de Venthon.

Bassin versant 226 Km²
Hauteur de chute 125 mètres

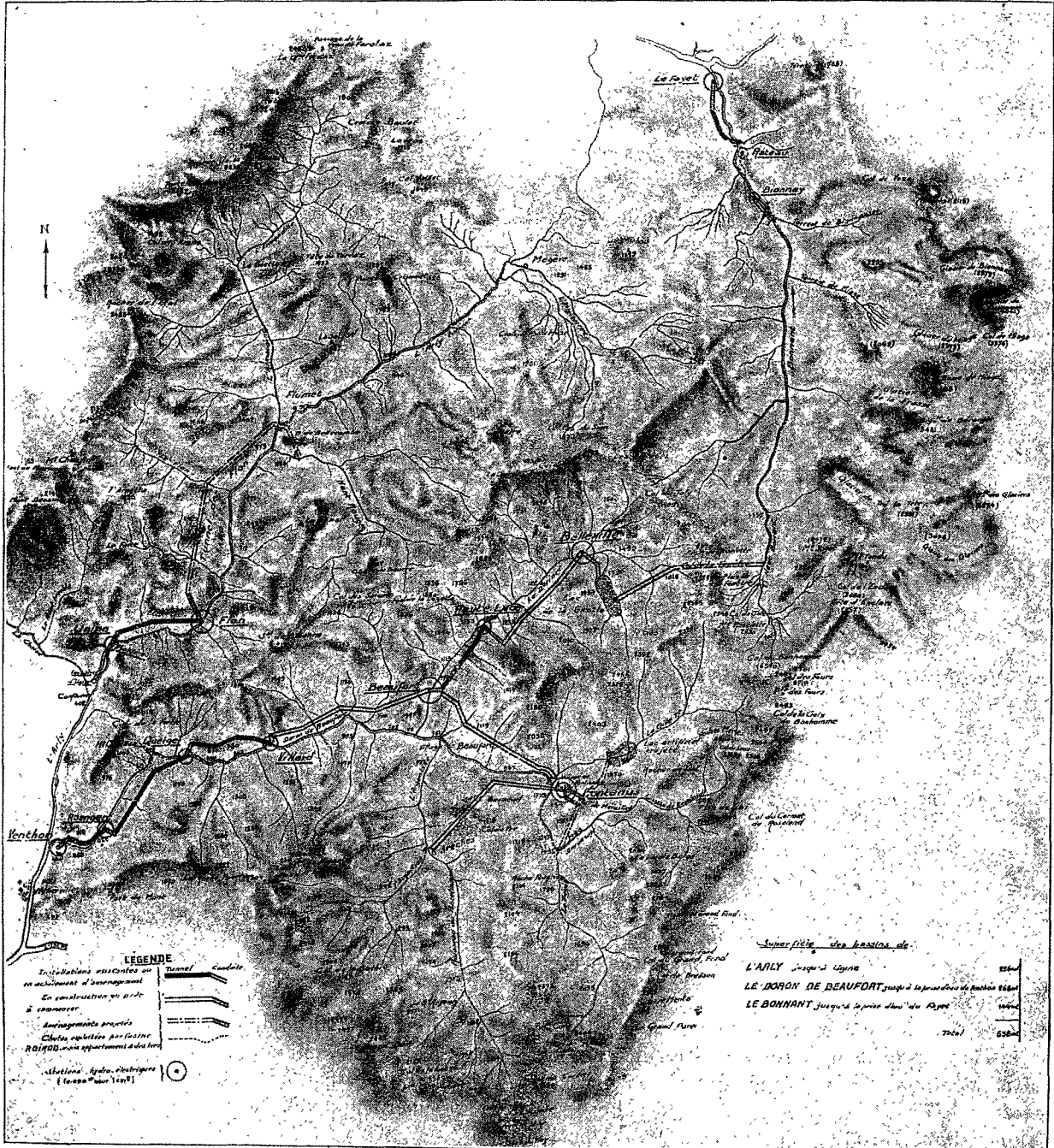


Fig. 1. — Carte générale du domaine hydraulique de la Compagnie des Forges et Acières électriques Paul Girod.

On trouvera au paragraphe A du tableau général ci-après les caractéristiques principales de ces usines. On y voit qu'elles sont équipées pour une puissance totale de 37.000 kilowatts ; qu'elles fournissent une puissance moyenne de 22.730 kilowatts et une énergie totale annuelle de 196 millions de kilowatts-heures.

Les caractéristiques principales des différentes usines en fonctionnement sont les suivantes :

Tunnel de 2.300 mètres de longueur
2 conduites forcées en tôle « Joya »
Puissance installée.... 8.400 HP, dont :

3 groupes de 600 HP constitués chacun par :

Une turbine Neyret-Beylier accouplée à un alternateur triphasé Brown-Boveri.

USINES HYDRO-ELECTRIQUES DE LA C¹^e DES FORGES ET ACIÉRIES ELECTRIQUES P. GIROD, A UGINES (SAVOIE)

USINES	Hauteur de chute en mètres	Puissance installée en kilowatts	Puissance moyenne en kilowatts	Kilowatts-heures moyens par an
--------	----------------------------	----------------------------------	--------------------------------	--------------------------------

A) Usines en fonctionnement

<i>Bassin de l'Arly.</i>				
Ugines-Mollières	120	5.800	3.500	30.000.000
Ugines-Fontaines	20	800	580	5.000.000
<i>Bassin du Bonnant</i>				
Fayet	165	10.500	5.800	50.000.000
Bionnay	45	4.200	1.600	14.000.000
<i>Bas. du Doron de Beaufort</i>				
Venthon	93	5.600	4.200	36.000.000
Roëngers	72	5.600	3.200	28.000.000
Queige	93	4.500	3.850	33.000.000
Total A . . . . .	...	37.000	22.730	196.000.000

B) Usines en cours d'aménagement

<i>Bas. du Doron de Beaufort</i>				
Villard	110	4.900	3.000	26.000.000
Beaufort (Doron, Dorinet, Argentine)	260	14.000	6.100	53.000.000
Hauteluçe	200	4.900	1.170	10.000.000
Belleville (Lac de la Girotte)	450	11.000	3.000	26.000.000
Fontanus (Gittaz et Doron)	400	5.600	2.700	22.000.000
2.000 litres « supplémentaires » pendant trois mois, venant du lac de la Girotte et utilisés par Venthon, Roëngers, Queige			4.200	8.400.000
Total B . . . . .	...	40.000	20.170	145.400.000

C) Installations projetées

<i>Bassin de l'Arly</i>				
Flon	275	12.600	7.000	60.000.000
<i>Bassin du Doron</i>				
Barrage de la Gittaz, 90.000.000 m ³ utilisés sur 1200 m. de chute pendant 4 mois			17.000	50.000.000
Total général A+B+C . . . . .	...	90.000	66.900	451.000.000

B) Usine de Fontaines.

Cette usine fut aménagée pendant la guerre (1917-1918).

Bassin versant 226 Km²
 Hauteur de chute 20 mètres
 Conduite en ciment armé de 1.000 mètres de longueur.
 Puissance installée 1.200 HP dont :

2 groupes de 600 HP constitués chacun par :

Une turbine Neyret-Beylier, type Francis, accouplée à un alternateur Schneider, 2.500 volts, 375 tours.

Cette usine débite directement sur le réseau haute tension de l'usine d'Ugine.

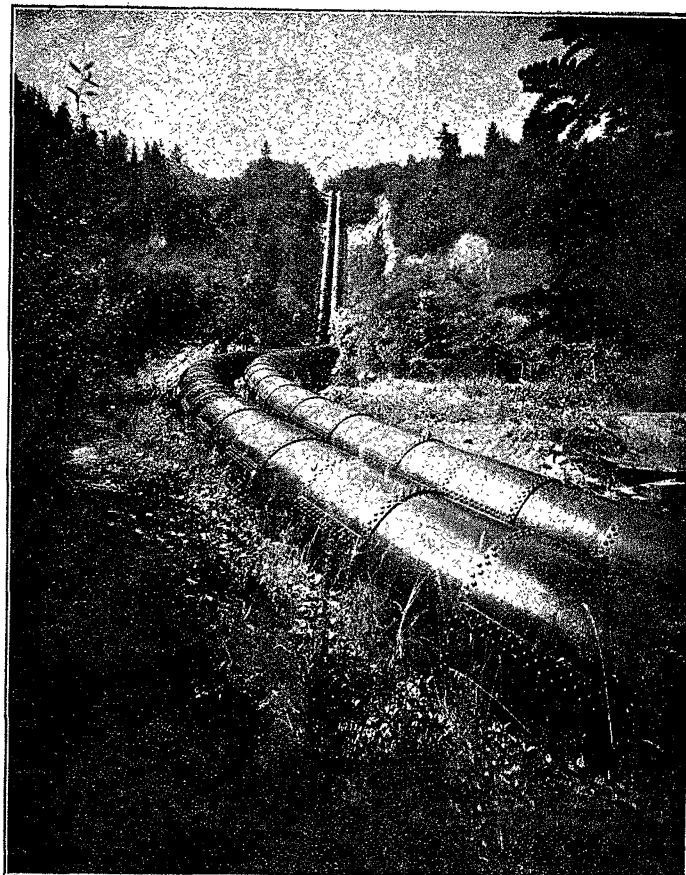


Fig. 2. — Conduites forcées de l'usine du Fayet sur le Bonnant. Hauteur de chute : 165 mètres. — Puissance installée : 15.000 HP.

SUR LE BONNANT

A) Usine du Fayet.

Cette usine fut aménagée en 1907-1908.

Bassin versant de 144 Km² comprenant les glaciers de Bionnassay, de Miage, de Trélatète du massif du Mont-Blanc.

Hauteur de chute 165 mètres.
 Tunnel et conduite de . . . 1.400 mètres de longueur.
 Deux conduites forcées en tôle de 1 m. 80 de diamètre exécutées par Joya (voir figure N^o 2)
 Puissance installée 15.000 HP dont :

4 Groupes de 3.000 HP constitués chacun par :

Une turbine Neyret-Beylier, roue Pelton, accouplée à un alternateur triphasé 4.000 volts, 500 tours, de la Société Schneider.

Un groupe de 3.000 HP constitué par :

Une turbine Neyret-Beylier, roue Pelton, accouplée à un alternateur triphasé 4.000 volts, 375 tours, de la Société « Alioth ».

4 groupes de 250 HP constitués chacun par :

Une turbine Neyret-Beylier accouplée à une génératrice à courant continu de la C¹^e Fives-Lille.

Six groupes de 600 HP constitués chacun par :

Une turbine Neyret-Beylier accouplée à une génératrice à courant continu « Schneider ».

Un groupe de 2.000 HP constitué par :

Une turbine Escher-Wyss accouplée à un alternateur triphasé de 2.500 volts de la Société Alsacienne de Constructions mécaniques.

La puissance de cette usine est utilisée à l'usine des Alliages de la C¹^e Paul Girod.

SUR LE DORON DE BEAUFORT

A) Usine de Venthon.

Cette usine est la plus ancienne de celles appartenant à la C^{ie} des Forges et Acieries Electriques Paul Girod. Elle fut aménagée en 1888 et a subi depuis diverses transformations.

Bassin versant 268 Km²
Hauteur de chute .. 100 mètres
Tunnel de 1.800 mètres de longueur
Puissance installée . 7.000 HP, dont :

Deux groupes de 1.000 HP, constitués chacun par :

Une turbine Piccard-Pictet, type Pelton, accouplée à un alternateur triphasé « Alioth » 10.000 volts, 500 tours.

Deux groupes de 3.000 HP constitués chacun par :

Une turbine Neyret-Beylier, type Pelton, accouplée à un alternateur triphasé « Alioth » 10.000 volts, 500 tours.

Un poste de transformation, appelé le poste de Venthon, reçoit également le courant à 10.000 volts de l'usine de Roëngers (voir plus loin).

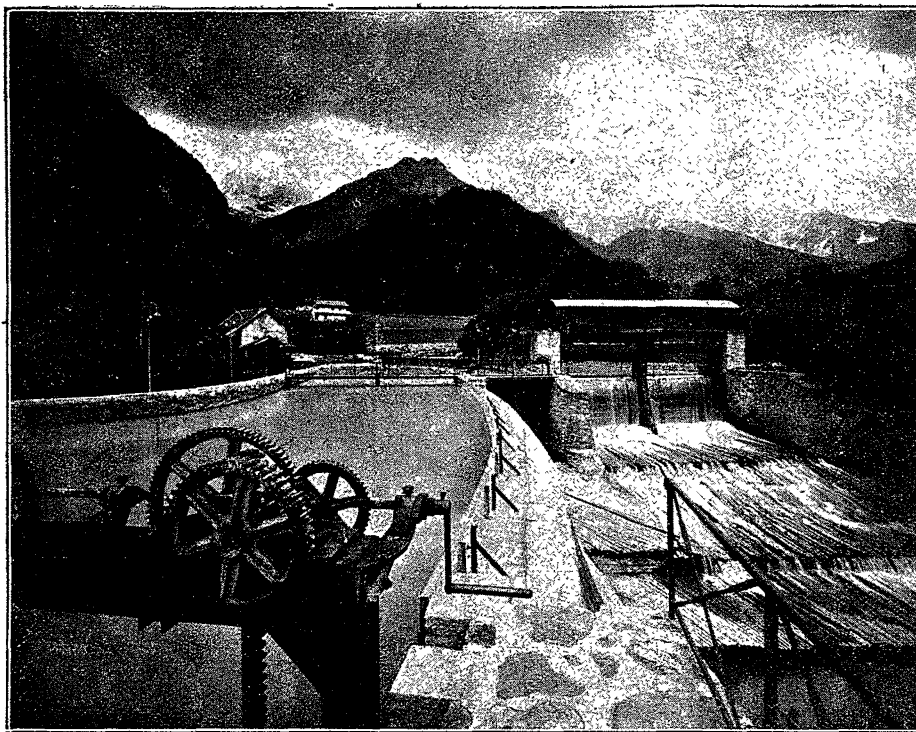


Fig. 3. — Barrage de l'usine de Bionnay (sur le Bonnant au confluent du Bionnassay).

Vue prise de l'aval montrant les vannes de décharge. — Au premier plan, à gauche, treuil de la vanne de purge. — Hauteur de chute : 45 mètres. — Puissance installée : 7.000 HP.

Le courant triphasé 4.000 volts est élevé à la tension de 45.000 volts du réseau général à l'aide de :

Cinq transformateurs triphasés dans l'huile de 3.000 KVA chacun, rapport de transformation 4.000/45.000 volts dont :

Quatre sont de construction Brown-Boveri.
Un est de construction Westinghouse.

B) Usine de Bionnay.

Cette usine a été achetée par la C^{ie} Paul Girod à M. Joya qui l'a construite en 1908.

La prise d'eau (figure N^o 3) est située au confluent du Bonnant et du torrent du Bionnassay qui descend du glacier du même nom, dans le massif du Mont-Blanc.

Hauteur de chute 45 mètres.
Conduite forcée de 2 m.80 de diamètre.

Cette usine (figure N^o 4) est installée pour une puissance de 7.000 HP, dont :

Deux groupes de 3.000 HP constitués chacun par :

Une turbine Neyret-Beylier, type Francis, (avec roue de rechange de 1.500 HP pour les basses eaux) accouplée à un alternateur triphasé « Alioth » 4.000 volts, 420 tours.

Deux groupes de 500 HP, constitués chacun par :

Une turbine Neyret-Beylier accouplée à un alternateur triphasé « Alioth ».

Un poste de transformation situé à côté de l'usine génératrice (voir figure 4 en haut et à gauche) transforme le courant 4.000 volts en 45.000 volts à l'aide de deux transformateurs triphasés « Lahmeyer » de 3.000 KVA chacun.

Ce courant triphasé 10.000 volts des Usines de Venthon et de Roëngers, renforcé comme nous le verrons par la suite, par le courant des autres usines hydro-électriques, est élevé dans ce poste, soit à la tension de 45.000 volts, tension générale du

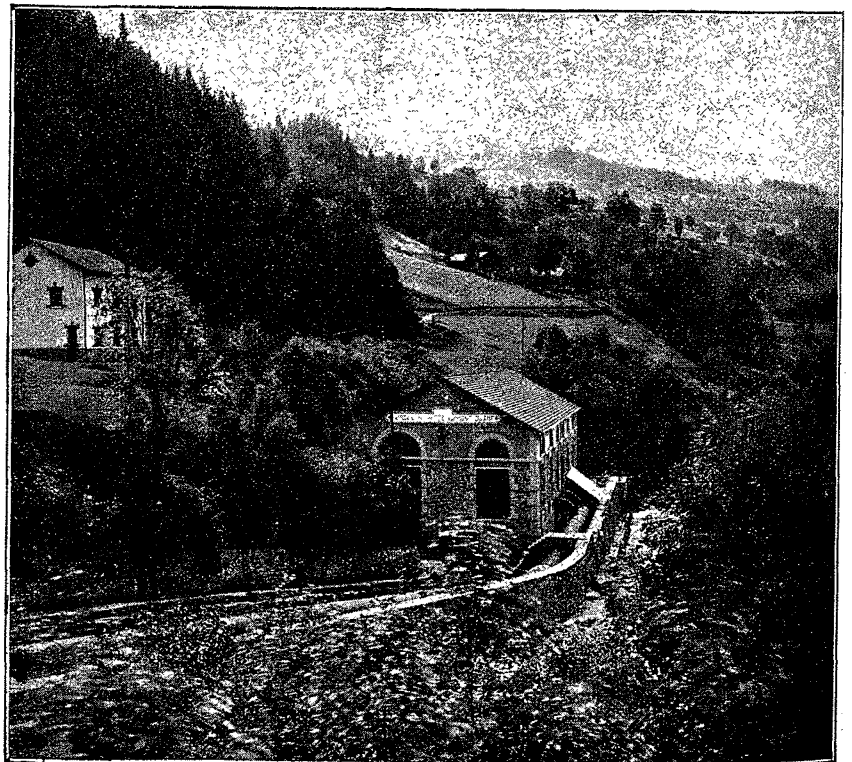


Fig. 4. — Usine de Bionnay (sur le Bonnant au confluent du Bionnassay).

En bas, salle des machines et arrivée de la conduite forcée. — En haut à gauche, poste de transformation 4.000/45.000 volts. — Hauteur de chute : 45 mètres. — Puissance installée : 7.000 HP.

réseau, soit à la tension de 70.000 volts, tension du départ de la ligne Venthon-Lyon (poste de la Mouche).

Le poste de Venthon est équipé actuellement par :

Trois transformateurs monophasés Brown-Boveri de 3.000. KVA chacun, rapport de transformation 10.000/20.000/45.000 volts.

Trois transformateurs triphasés « Schneider » de 3.000 KVA chacun, rapport de transformation 10.000/70.000 volts.

alternateur triphasé « Alioth » de 2.500 KVA, 10.000 volts, 375 tours.

Le courant à 10.000 volts de l'usine de Queige est élevé à la tension de 45.000 volts à l'aide de :

Deux transformateurs « Schneider » de 4.500 KVA, rapport 10.000/45.000 volts.

Une ligne 45.000 volts va rejoindre le poste de Venthon (voir schéma général fig. 5).

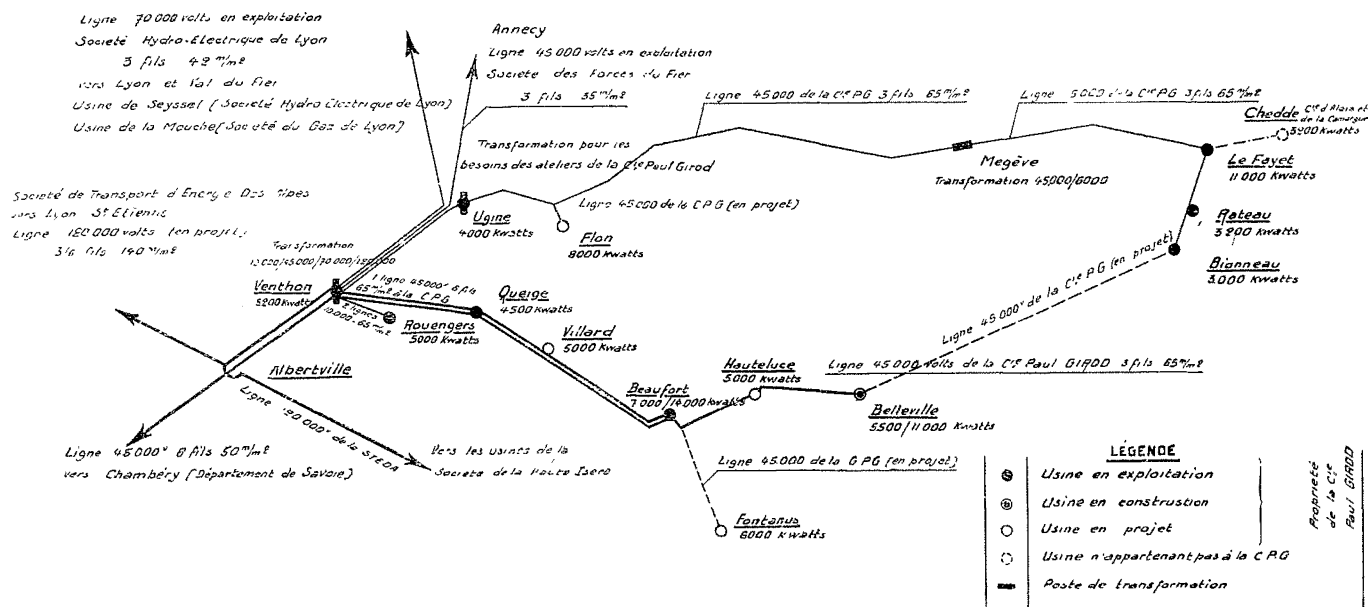


Fig. 5. — Schéma général du réseau

B) Usine de Roëngers.

Cette usine est la première que l'on rencontre à partir de Venthon, en remontant le Doron de Beaufort (voir schéma fig. 5). Elle a été aménagée en 1918-1919.

- Hauteur de chute 70 mètres.
- Tunnel d'amenée, 3.620 mètres longueur.
- Conduite forcée de 2 m. de diamètre.
- Puissance installée. 8.000 HP, dont :

Deux groupes de 4.000 HP constitués chacun par :
 Une turbine Neyret-Beylier, type Francis, accouplée à un alternateur triphasé « C^{ie} Electro-Mécanique » de 3.200 KVA, 10.000 volts, 600 tours.

Comme nous l'avons déjà dit, l'usine de Roëngers n'a pas de poste élévateur, elle débite directement le courant à la tension de 10.000 volts, sur le poste de Venthon (voir schéma général figure 5).

C) Usine de Queige.

Cette usine a été aménagée en 1905.

- Hauteur de chute 100 mètres.
- Tunnel d'amenée 3 000 mètres longueur.
- Conduite forcée en tôle : de 1 m. 90.
- Puissance installée. 6.500 HP dont :

Un groupe de 3.500 HP constitué par :
 Une turbine Piccard-Pictet, type Francis, accouplée à un alternateur triphasé « C^{ie} Electro-Mécanique » de 2.800 KVA, 10.000 volts, 600 tours.

Un groupe de 3.000 HP constitué par :
 Une turbine Piccard-Pictet, type Francis accouplée à un

Réseau général actuel et Réseau futur.

La figure 5 donne le schéma général du réseau.

Les Usines génératrices de Venthon, Roëngers, Queige, Le Fayet, de Bionnay et d'Ugine débitent leur courant sur des lignes triphasées, qui vont rejoindre un poste général de distribution situé à Venthon, au confluent de l'Arly et du Doron de Beaufort, à proximité d'Albertville.

Du poste de Venthon part :

1° Une ligne triphasée qui dessert les usines d'Ugine de la Société des Forges et Aciéries Paul Girod.

2° Une ligne triphasée 45.000 volts qui se dirige sur le poste de Brassilly de la Société des Forces du Fier, à Annecy, où elle sert d'appoint à l'usine Hydro-Electrique de Brassilly, et à l'usine de Chavaroche (1). Le poste de Brassilly envoie du courant au poste d'Aix-les-Bains de la C^{ie} du Gaz, lequel est relié au réseau de Chambéry de la Société des Forces Motrices du Haut-Grésivaudan.

3° Une ligne triphasée 10.000 volts, qui va à Albertville se connecter avec le réseau de la Société des Forces Motrices du Haut-Grésivaudan.

4° Une ligne triphasée 70.000 volts, qui transporte vers Lyon les excédents de la puissance actuelle.

Cette ligne de 70.000 volts passe par Annecy au poste de Brassilly, où elle peut être connectée au réseau de la Société des Forces du Fier, va rejoindre l'usine des Portes du Fier, de la Société Hydro-Electrique de Lyon (20.000 HP) mise en marche il y a

(1) L'usine de Chavaroche, située sur le Fier, sera mise en marche probablement en fin d'année (1922) ; cette usine est équipée par des alternateurs Westinghouse, appareillage de la C^{ie} Electro-Mécanique.

quelques mois, puis passe à travers les départements de l'Ain et de l'Isère et va aboutir au poste de la Mouche, où la tension est abaissée à 10.000 volts, tension des barres de la station centrale thermique de la Compagnie du Gaz de Lyon.

Enfin, le réseau général de distribution est relié par une ligne 45.000 volts à l'usine de Chedde de la C^{ie} de Produits chimiques et Electro-Métallurgiques Alais-Frogès-Camargue et peut recevoir au moment des hautes eaux les excédents de puissance des Usines Hydro-Électriques de l'Arve supérieure appartenant à cette dernière société.

A l'aide du schéma général (fig. 5) on se rend compte de ce que sera le réseau futur lorsque les usines des bassins du Doron de Beaufort seront équipées.

Le poste de Venthon restera le point récepteur de toute la puissance produite.

Un départ 45.000 volts d'environ 10.000 KVA ira sur Chambéry en suivant la vallée de l'Isère jusqu'à Montmélian, et aboutira à un poste de transformation situé au Buisson-Rond, à Chambéry, rapport de transformation 40.000/10.000 volts, et équipé primitivement à l'aide de deux transformateurs triphasés dans l'huile à refroidissement naturel d'une puissance unitaire de 3.000 KVA.

Cette ligne distribuera le courant nécessaire à l'éclairage de la ville de Chambéry dont les Etablissements Paul Girod ont obtenu la concession à partir de mai 1923. Elle permettra, d'autre part, de transporter l'énergie nécessaire à l'électrification des tramways locaux et départementaux de la Savoie, pour l'alimentation desquels les Etablissements Paul Girod ont fait au département de la Savoie des offres de fourniture d'énergie électrique à des conditions extrêmement intéressantes (1).

Enfin, au poste de Venthon sera établi un poste élévateur 45.000/70.000/120.000 volts qui pourra envoyer du courant vers Lyon et Saint-Etienne par l'intermédiaire de la ligne à 120.000 volts de la Société de Transport Électrique des Alpes « STEDA » qui passera à Albertville, venant des Usines Hydro-Électriques de la Société de la Haute-Isère (Usines de la Vielaire), près de Bourg-Saint-Maurice (2).

Usines hydro-électriques en cours d'aménagement.

Les usines en cours d'aménagement sont toutes situées dans le bassin du Doron de Beaufort. Elles correspondent à une puissance installée de 40.000 kilowatts, à une puissance moyenne de 20.170 kilowatts et à une énergie totale annuelle d'environ 145.000.000 kilowatts-heures. De telle sorte qu'à l'achèvement des travaux en cours, la puissance totale installée représentera 77.400 kilowatts, la puissance moyenne 42.900 kilowatts et la production d'énergie totale annuelle 341.400.000 kilowatts-heures environ.

(1) Voir délibération du Conseil général de la Savoie, session extraordinaire de février 1921 (*Houille Blanche*, mars-avril 1921, page 71).

(2) L'Usine de la Vielaire est en cours d'exécution. Les gros travaux de génie civil sont terminés, il ne reste plus que l'usine proprement dite à construire et la ligne 120.000 volts allant sur Lyon.

Cette usine sera équipée tout d'abord par deux groupes hydro-électriques. Chaque groupe étant constitué par une turbine Neyret-Beylier Piccard-Pictet de 12.000 HP, accouplée directement à un alternateur triphasé de la C^{ie} Electro-Mécanique à axe horizontal de 8.550 KW à $\cos \varphi = 0,90$.

Tension : 16.500 volts direct, 500 tours, le PD2 des masses tournantes étant de 65.000 Kg/m².

L'Usine de la Vielaire sera mise en marche, selon toute probabilité, vers mars 1923.

Le tunnel d'alimentation creusé dans le flanc du Mont Pourri est une merveille de réalisation technique; il a une longueur de 6400 mètres, c'est un des plus longs en Europe.

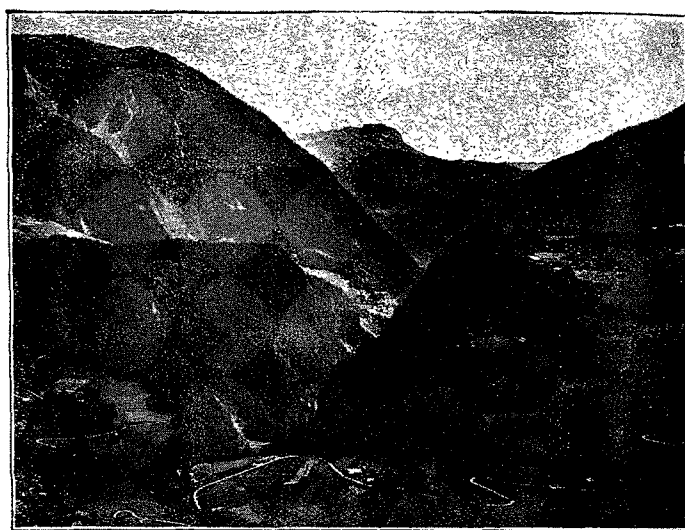
Enfin les installations projetées de Flon (sur l'Arly) et du barrage de la Gittaz (90.000.000 de mètres cubes utilisés sous 200 mètres de chute pendant 4 mois) dans le bassin du Doron, permettront de porter la puissance installée à 90.000 kilowatts, la puissance moyenne à 66.900 kilowatts et l'énergie moyenne totale annuelle à 451.400.000 kilowatts-heures environ.

USINE DE BEAUFORT

Cette usine en cours d'aménagement est située sur le Dorinet (affluent de la rive droite du Doron de Beaufort), qui descend du lac de la Girotte.

Elle utilise actuellement un bassin versant de 44 Km².

Hauteur de chute 275 mètres
Tunnel d'amenée 2.000 mètres de longueur.
Deux conduites forcées en tôle de chacune 0 m. 90 de diamètre.
Puissance installée 10.000 HP, dont :



(Cliché de M. Gignoux).

Fig. 6. — Panorama des environs de Beaufort (Savoie)

Deux groupes de 5.000 HP, constitués chacun par :

Une turbine Neyret-Beylier, type Pelton jumelée accouplée à un alternateur triphasé de la Société Alsacienne de Constructions Mécaniques, 4.500 KVA, 5.000 volts.

Deux transformateurs « Schneider » de 4.500 KVA chacun élevant la tension de 5.000 à 45.000 volts et une ligne 45.000 volts va rejoindre le poste de Venthon.

Lorsque la chute de Fontanus qui utilisera les eaux du Doron supérieur, de la Gille et de l'Argentine à Arèches sera aménagée, le nombre des groupes de l'usine de Beaufort sera doublé.

USINE DE BELLEVILLE

Cette usine en cours d'aménagement est située sur le Dorinet à la cote 1230.

Elle utilise l'eau du lac de la Girotte, situé à la cote 1730. Hauteur de chute : 500 mètres (variable suivant le niveau du lac).

Tunnel d'amenée : 374 mètres de longueur.

Le lac sera percé à 80 mètres en dessous de son niveau normal. Deux conduites forcées en tôle de chacune 1 mètre de diamètre

Cette usine de Belleville va être équipée par :

Deux groupes de 4.500 HP constitués chacun par :

Une Turbine Neyret-Beylier, roue Pelton (figure 6 a), accouplée à un alternateur triphasé « C^{ie} Electro-Mécanique » de 3.800 KVA, 1.000 tours.

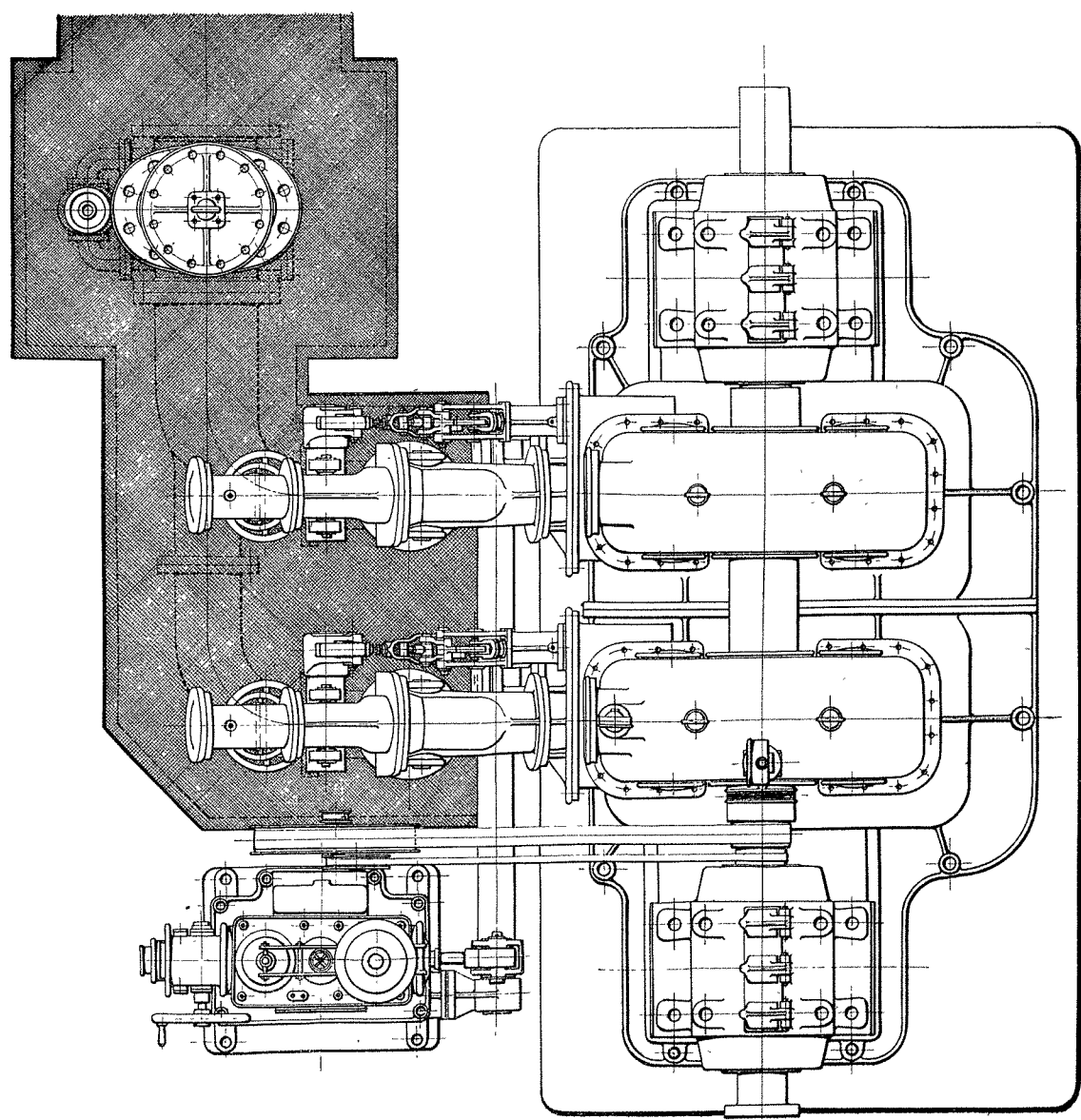
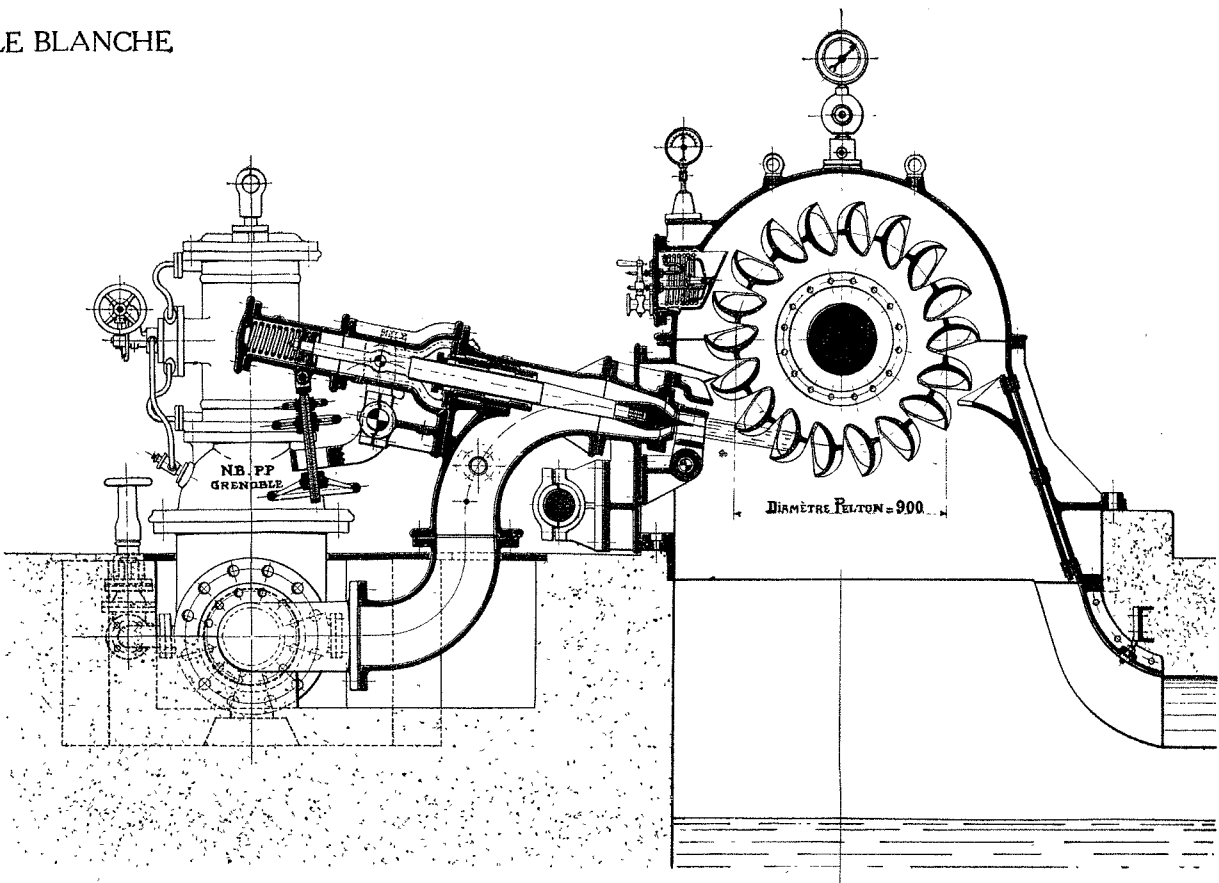


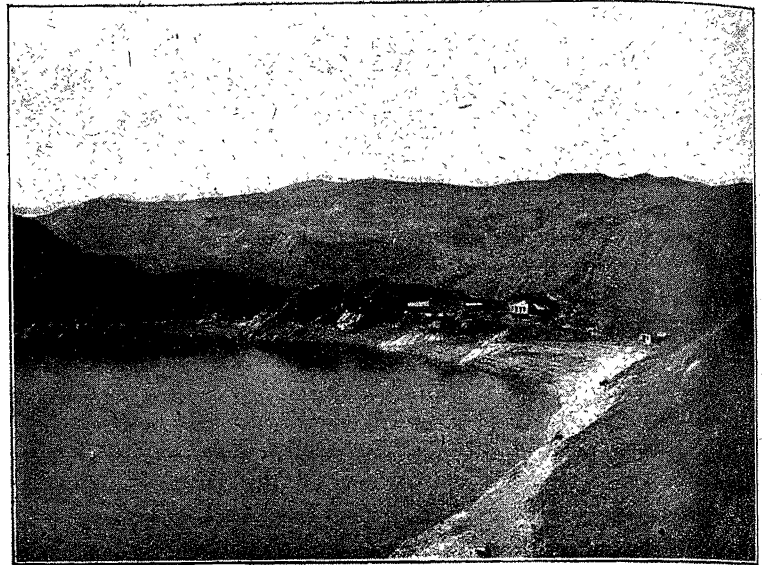
Fig. 6 a. — Usine de Belleville. — Turbines Pelton de 4.500 HP. — Chute nette : 450 mètres — 1.000 tours par minute.

L'Usine de Belleville va être aménagée spécialement en station de pompage. Les alternateurs seront susceptibles, en recevant du courant des autres usines, de fonctionner en moteur synchrone et d'entraîner des pompes de 4.000 HP chacune, refoulant l'eau du Dorinet dans le lac de la Girotte à une hauteur égale à la chute de 500 mètres. Le courant supplémentaire des périodes de très hautes eaux (printemps et partie de l'été) ou correspondant aux journées ou heures improductives de la consommation sur le réseau général, sera utilisé à refouler annuellement dans le lac de la Girotte de 6 à 8 millions de mètres cubes d'eau qui pourront être utilisés en période de basses eaux, l'hiver, par toutes les usines hydro-électriques échelonnées sur le Doron et le Dorinet depuis Belleville jusqu'à Venthon.

Enfin les usines de Villard, Hautecluce, Fontanus ne sont pas encore assez avancées au point de vue travaux de génie civil, pour que l'on puisse en donner une description. Le choix des unités hydrauliques et électriques n'est pas encore fait.

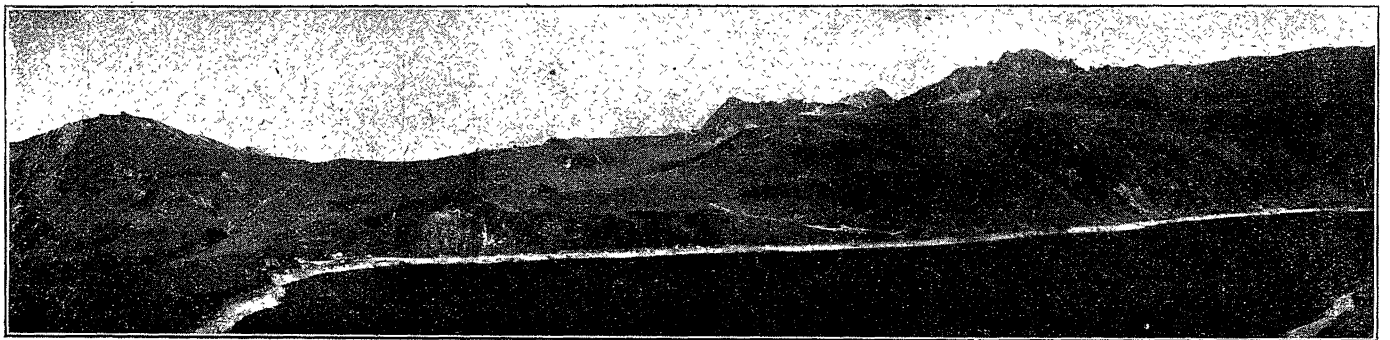
STATION DE POMPAGE DE L'USINE DE BELLEVILLE

Comme nous venons de le voir, la chute de Belleville utilise directement par une chute de 500 mètres environ, l'eau du lac de la Girotte (voir photographie figures 7 et 8), situé sur le territoire de la commune d'Hautecluce (Savoie).



(Cliché de M. Gignoux).

Fig. 7. — Lac de la Girotte (Savoie) (altitude 1720 mètres).
Vue prise du Sud-Est vers le Nord-Ouest, montrant l'anticlinal qui forme le barrage naturel, seuil du lac. — Au dernier plan, chaîne du Mont-Joly, région des plis couchés (schistes liasiques et bandes de cargneules).



(Cliché de M. Gignoux).

Fig. 8. — Panorama du lac de la Girotte (Savoie) (dans le fond massif du Mont Joly).

(1) Toute la région comprise entre Belleville et le lac de la Girotte, le col de Fenêtre et le col du Joly, a une structure géologique extrêmement compliquée : les massifs anciens d'Outray et des Enclaves viennent s'y réduire à de minces bandes de terrains houillers, puis triasiques, séparés par des bandes de terrains liasiques. Toutes ces bandes sont fort minces et la reconstitution de leur

(1) Note de MM. KILIAN, Membre de l'Institut, Professeur de Géologie à la Faculté des Sciences de Grenoble, et GIGNOUX, Professeur de Géologie à la Faculté des Sciences de Strasbourg).

Ce lac, d'une superficie de 55 hectares et d'une profondeur de 100 mètres, constitue un réservoir naturel de 30 millions de mètres cubes environ.

Ce lac est en cours de percement par une galerie située à 80 mètres de profondeur (figure 9) et par laquelle se fera l'écoulement des eaux.

En perçant ce lac à 80 mètres en dessous de son niveau naturel, on peut utiliser un volume d'eau de 28 millions de mètres cubes.

Comme le bassin versant du lac de la Girotte n'est que de 4 kilomètres carrés seulement, correspondant à un apport annuel de 6 millions de mètres cubes d'eau environ, on a envisagé :

L'apport annuel de 14 millions de mètres cubes d'eau à l'aide de dérivations dans le lac des eaux des bassins voisins :

a) Le ruisseau de Collombe, permettant d'apporter 6 millions de mètres cubes environ, à l'aide d'une galerie de 1500 mètres ;

trajet exact demanderait des semaines d'exploration et des cartes à très grandes échelles. Ces plis nombreux enserés plongent très fortement vers le Sud-Est et sont presque verticaux ; ils sont donc coupés ras par la surface du sol, et toute leur partie supérieure a été enlevée par l'érosion ; ce ne sont plus, comme on dit, que des « racines ». Et de fait cette partie supérieure actuellement enlevée devait autrefois se recourber, se coucher jusqu'à devenir presque horizontale. Le Mont Joly (alt. 2530) est précisément formé par un empilement de plis couchés devenus horizontaux, dont les « racines » se retrouvent dans la région du col Joly et du lac de la Girotte.

b) Le ruisseau du Nant-Brinton, permettant d'apporter un million de mètres cubes environ ;

c) Le Bonnant supérieur (galerie de 4 kilom. à travers le massif de Rossette, près du col du Bonhomme) permettant d'apporter environ 7 millions de mètres cubes.

Ces différentes solutions ne permettant d'obtenir dans le lac de la Girotte qu'un apport annuel d'environ 20 millions de mètres cubes d'eau, l'usine de Belleville va être aménagée, comme nous l'avons dit précédemment, en station de pompage prévue pour fournir les 8 millions de mètres cubes manquants.

Les pompes (figure 10) installées dans l'usine de Belleville seront actionnées par les alternateurs de la C^{te} Electro-Mécanique fonctionnant en moteurs synchrones ; ceux-ci utilisant les excédents d'énergie du réseau pendant la période des hautes eaux. L'eau sera refoulée directement dans la conduite forcée.

La galerie de dérivation est revêtue sur une grande partie de sa longueur d'un enduit de béton avec chemise en tôle.

Des vannes sont placées (figure 9 a) en tête de la galerie de restitution des eaux au Dorinet, et sur la galerie principale de dérivation du lac, au point de dérivation de la galerie de restitution, et au point de raccordement de la conduite forcée (cote 1647).

La partie de la galerie de dérivation, immédiatement à la sortie du lac, est brute sur une longueur de 154 mètres environ. On y a prévu un petit bassin de décantation et immédiatement à l'aval de celui-ci, un bouclier avec diaphragme. Ce diaphragme (fig. 9 a) est constitué par deux portes percées d'un demi-orifice, de sorte qu'au moment du dernier coup de mine, sous la pression

Le problème de la régulation de la puissance de l'ensemble du réseau a fait l'objet d'une étude méthodique.

Ce problème s'est posé de la façon suivante :

Etant donnée une puissance moyenne déterminée de l'ensemble du domaine hydraulique, chercher à assurer, à l'aide de la puissance hydro-électrique de ce domaine, en toutes saisons et à tout moment, les besoins d'une consommation constante et le plus près possible de cette puissance moyenne.

Il fallait donc faire face : d'une part, aux variations journalières de la consommation qui présente forcément des pointes et des minima, c'est la « régulation journalière » ; d'autre part, aux insuffisances du débit des cours d'eau pendant les périodes d'étiage (basses eaux), c'est la « régulation annuelle ».

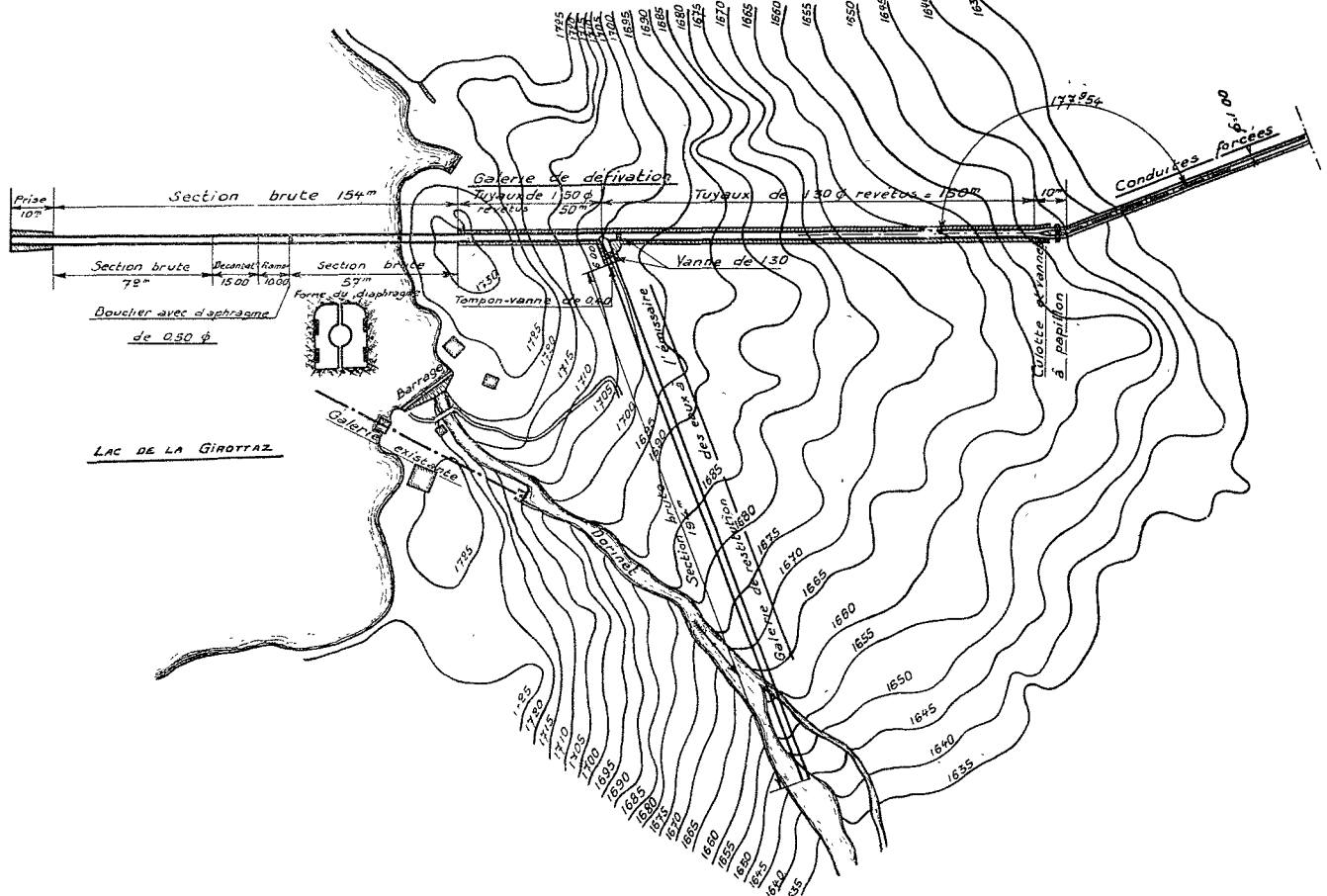


Fig. 9 a. — Percement du lac de la Girotte (Plan).

des eaux, ces portes se fermeront brusquement et l'orifice laminant la veine liquide, évitera une poussée trop brusque sur les vannes placées sur la galerie principale et sur la galerie de restitution.

Le bassin de décantation placé un peu avant le diaphragme a pour but de ramasser et retenir les blocs de pierre qui seront entraînés lors du dernier coup de mine,

Considérations générales.

Le programme que réalise la C¹^e des Forges et Acieries Electriques Paul Girod comporte donc l'aménagement, sur la presque totalité de leurs cours, des rivières des bassins de l'Arly, du Bonnant et surtout du Doron de Beaufort.

A cet égard, l'aménagement du bassin du Doron de Beaufort est tout à fait caractéristique; il représente, pour la première fois dans les Alpes, l'utilisation intégrale d'un bassin depuis une altitude de 1720 mètres (Lac de la Girotte) jusqu'à l'altitude de 350 mètres, au confluent du Doron avec l'Arly à Venthon, avec bassins compensateurs des débits journaliers et réservoir saisonnier (Lac de la Girotte) (1).

RÉGULATION JOURNALIÈRE

On dispose pour la régulation journalière de bassins d'accumulation (compensateurs des débits journaliers) constitués par les tunnels d'amenée des différentes usines. Ces tunnels d'amenée à large section et de grande longueur, représentent pour les usines du Doron de Beaufort environ 32 kilomètres de tunnel permettant une accumulation de 25 millions de mètres cubes, qui, utilisés sur une hauteur de chute moyenne de 650 mètres, représentent environ 30.000 kilowatts heures, soit : 10.000 kilowatts pendant trois heures.

RÉGULATION ANNUELLE

Le bassin du Bonnant relève du régime glaciaire (Massif du Mont-Blanc), ceux de l'Arly et du Doron de Beaufort du régime des pré-Alpes.

Les hautes eaux d'été du bassin du Bonnant compensent en partie l'étiage des bassins de l'Arly et du Doron, mais les basses

(1) Voir aussi. Les installations d'accumulation hydraulique par pompage (L'usine de Chevenoz) J. Godin. RGE 17/12 1921.

