

Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 32 (1941)
Heft: 1

Artikel: Les usines hydroélectriques du bassin du Rhône
Autor: Lacher, M.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1057608>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 18.01.2025

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

Durch Einführen einer Hilfsgrösse z wird wieder

$$z = \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{0,288} \quad \text{oder} \quad z = \frac{p_1^{3,46}}{p_2} \quad \text{und} \quad z = \frac{T_1}{T_2}$$

woraus man analog wie im vorigen Beispiel nach Wahl der Maßstäbe das Nomogramm Fig. 8 erhält.

Fig. 8 zeigt besonders gut, wie gross die Abkühlung bei adiabatischer Expansion ist. Bei einem abs. Anfangsdruck von beispielsweise 14,5 kg/cm² und 10° C und einem abs. Enddruck von 2 kg/cm² beträgt die neue Temperatur — 114° C, eine Erscheinung, die beim Abschaltvorgang bei den modernen Druckluftschnellschaltern mithilft, die so kurzen Abschaltzeiten zu erreichen, indem sie dazu beiträgt, dass die Isolationsfestigkeit der unter-

brochenen Lichtbogenstrecke schneller ansteigt, als die Spannung wiederkehrt.

Raumeshalber wurde hier darauf verzichtet, die beim erstmaligen Entwurf eines Nomogrammes sich ungünstig ergebenden Kombinationen darzustellen. Es sei aber darauf hingewiesen, dass grosse Verhältnisse $\frac{\alpha}{\beta}$ schlechte Schnittpunkte ergeben und die Ablesegenauigkeit beeinträchtigen. Ebenso ist es öfters vorteilhaft, im Interesse eines besser passenden Intervalles, eine Gleichung von der Form $b = a \cdot c$ umzustellen und zu schreiben $a = b \cdot \frac{1}{c}$ wobei dann der Maßstab für b grösser und für a kleiner gewählt werden kann.

Les usines hydroélectriques du bassin du Rhône.

621.311.21(44)

I. Introduction.

A 37 km de sa source, le Rhône, jeune et impétueux torrent alpin, livre déjà 7700 kW (usine de Massaboden) que les CFF utilisent en grande partie pour la traction dans le tunnel du Simplon. Alimenté de part et d'autre par de nombreux torrents, le Rhône grandit vite et parcourt la large vallée du Valais. A Martigny, il tourne à angle droit, passe le défilé de Saint-Maurice, puis gagne le Lac Léman où s'accablent 843 000 000 m³ d'eau. Il lui faut alors franchir le Jura dans une vallée étroite et encaissée. Après quelques brusques changements de direction, le Rhône arrive enfin à Lyon, d'où il se dirige définitivement vers le Sud. Du glacier du Rhône (1754 m d'altitude) à son embouchure dans la Mer Méditerranée, le Rhône parcourt 860 km, dont 480 km en France. A Massaboden (alt. 739 m), son débit moyen est de 5 à 13 m³/s, à Génissiat de 400 m³/s et à Arles de 1430 m³/s. La puissance installée dans l'ensemble du bassin du Rhône peut être estimée à environ 2 400 000 kW (y compris Verbois et Génissiat) et la puissance susceptible d'être aménagée à environ 2 200 000 kW.

II. Le Rhône suisse.

De Massaboden à Chancy-Pougny, c'est-à-dire sur son parcours suisse, le Rhône et ses affluents alimentent 43 usines d'une certaine importance (de plus de 200 kW), sans compter l'usine du Verbois en construction. Sur ce parcours, la dénivellation du Rhône est de 390 m. La puissance installée des usines hydroélectriques suisses du Rhône et de ses affluents peut être estimée à environ 560 000 kW (dont 400 000 kW au Valais, 30 000 kW dans le Canton de Vaud et 130 000 kW dans le Canton de Genève, y compris l'usine du Verbois en construction). Les extensions prévues dans les usines du Valais totaliseront 133 000 kW. La puissance totale atteindra ainsi près de 700 000 kW. Sur le Rhône lui-même, nous rencontrons tout d'abord l'usine de *Massaboden* de 7700 kW, avec une chute nette de 40 m et une retenue de 8000 m³, non loin de l'usine de *Naters* (320 kW), qui utilise l'eau du *Kelchenbach* avec une chute de 126 m. Sur la *Viège*, l'usine de *Ackersand* fournit 22 000 kW avec une chute de 670 m pour l'industrie électrométallurgique (*Lonza*). *Zermatt* possède 2 usines, l'une sur le *Triftbach* (410 kW, chute de 230 m) alimentant le chemin de fer du *Gornergrat*, et l'autre sur le *Findelenbach* (136 kW, extension prévue à 736 kW, chute de 100 m). Viennent ensuite, sur la rive droite du Rhône, les 2 usines de *Gampel* sur la *Lonza*, l'une de 2750 kW, chute de 100 m, et l'autre de 5000 kW, chute de 218 m. Sur la rive gauche, le *Turtmannbach* et les lacs d'*Ill* et de *Meretschi* (5 000 000 m³) alimentent les usines de *Turtmann* (3000 kW, extension prévue à 15 000 kW, chute de 697 m) et d'*Oberems* (2000 kW, extension prévue à 7500 kW, chute de 886 m). Sur la *Dala* (affluent de la rive droite) l'usine de *la Dala* fournit 3700 kW avec une chute de 640 m. A *Chippis*, il existe 2 usines, l'une sur le Rhône

(9000 kW, extension prévue à 38 000 kW, chute de 79 m) et l'autre sur la *Navizence* (5000 kW, extension prévue à 24 000 kW, chute de 565 m). Sur le cours supérieur de la *Navizence* (Val d'Anniviers), l'usine de *Vissoye* fournit 650 kW (extension prévue à 1250 kW) avec une chute de 78 m. Près de *Sion*, sur la *Lienne* se trouvent une usine de 3270 kW, chute de 127 m, et une usine de 325 kW, chute de 207 m, qui sert de réserve à la première. Le Lac des *Audannes* permettrait une retenue de 6 à 8 000 000 m³ et l'installation d'une troisième usine, qui porterait la puissance totale à 7500 kW pendant toute l'année. Sur la *Borgne*, l'usine de *Bramois* fournit 4500 kW (plus tard 23 000 kW) avec une chute de 367 m, tandis qu'une petite chute de 10 m est utilisée par l'usine de *Sauterot* (100 kW).

La *Dixence*¹⁾ affluent de la *Borgne* a été barrée dans la partie supérieure du Val d'Hérémence (Lac du Val des *Dix*, 48 000 000 m³). Par une chute brute de 1750 m, utilisée en un seul palier et de ce fait la plus élevée du monde, cette retenue alimente par une galerie d'aménée de 12 km et deux conduites forcées de 5,5 km, l'usine de *Chandoline*, située dans la vallée du Rhône, non loin de *Sion*. Cette usine est équipée de 5 groupes principaux de 30 000 kW chacun, produisant 120 000 kW sous une tension de 12 000 V. L'usine de la *Dixence* est l'œuvre maîtresse de M. Landry, directeur de l'EOS et recteur de l'Université de Lausanne, récemment décédé. Quand elle sera entièrement achevée, cette usine pourra développer 160 000 kW.

Sur le *Prince*, l'usine d'*Aproz* utilise une chute de 460 m et fournit 900 kW (extension future à 5500 kW). Les eaux de la *Dranche* de *Bagnes* alimentent l'usine de *Champsec* (9 000 kW) avec une chute de 540 m, celles de la *Dranche* d'*Entremont* et de la *Dranche* de *Ferret* l'usine d'*Orsières*²⁾ de 12 200 kW, chute de 383 m. Près du confluent des deux *Dranches*, l'usine de *Sembrancher* (7600 kW, chute de 169 m) utilise les eaux du Lac d'*Arnon* avec une chute de 587 m. Près de l'embouchure de la *Dranche* se trouve l'usine de *Martigny* (15 000 kW, chute de 180 m). Sur la rive droite du Rhône, le lac de *Fully* (3 000 000 m³) alimente l'usine de *Fully* avec une chute de 1630 m (record battu par la chute de la *Dixence*), qui fournit 8800 kW avec un débit de 0,8 m³/s.

La *Barberine* et le *Nant* de *Dranche* alimentent l'usine de *Barberine*, construite en 1929—35 pour les CFF, 46 000 kW, courant monophasé 15 000 V, 16²/₃ pér./s, chute de 735 m, retenue de 39 000 000 m³. Les CFF possèdent également l'usine de *Vernayaz*, qui utilise les eaux de l'*Eau Noire*, du *Trient* et du *Triège* (85 000 kW, 6 turbines Pelton de 12 500 kW, alternateurs monophasés de 12 500 kVA, 15 000 V, chute de 630 m, retenue de 45 000 m³), tandis que sur la *Salanfe*, la Soc. des Usines électriques de la *Lonza* possède une autre

¹⁾ Rev. Techn. Sulzer 1935, n° 3.

²⁾ Bull. Techn. Suisse Romande 1934, nos 5, 7, 9, 10, 12, 14 et 15.

usine de Vernayaz de 8000 kW, avec une chute de 460 m. Près de Saint-Maurice, sur le Rhône, l'usine du Bois-Noir de la Ville de Lausanne livre 9000 kW avec une chute de 36 m et un débit de 40 m³/s. L'usine de Monthey sur la Vièze fournit 1250 kW (chute de 265 m). L'Avançon, sur la rive droite du Rhône, alimente les deux usines de Sublin (3700 kW, chute 165 m et 1650 kW, chute 690 m) ainsi que les deux usines de la Peuffaire (13 000 kW, chute 400 m, et 92 kW, chute 130 m). Sur la Gande-Eau, l'usine du Pont de la Tine produit 3600 kW, chute de 240 m, et celle des Farettes 4500 kW, chute de 340 m. Le Lac de Tanay (2 700 000 m³) alimente l'usine de Vouvry (6200 kW, chute de 920 m).

Le Rhône se jette alors dans le Lac Léman, où s'accumulent 843 millions de m³ d'eau. Sur la Baye de Montreux se trouve l'usine de Taulan (740 kW, chute de 238 m). L'usine de Sonzier est alimentée par des sources (1200 kW, chute de 378 m). L'usine de Châtel-Saint-Denis sur la Veveysse produit 500 kW avec une chute de 160 m. Enfin, l'usine de Plan-Dessous sur l'Aubonne fournit 300 kW (chute de 80 m).

A la sortie du Lac Léman, le Rhône alimente l'usine de Coulourenière (1200 kW, chute de 2,70 m, débit 45 m³/s), celle de Chèvres (qui sera désaffectée, quand la nouvelle usine du Verbois sera terminée) de 16 000 kW, chute de 8,15 m, débit de 120-340 m³/s, et celle de Chancy-Pougny qui livre 23 400 kW en Suisse et 10 100 kW en France (Creuzot) avec une chute de 9 m et un débit de 140-498 m³/s.

C'est entre les usines de Chèvres et de Chancy-Pougny que se construit actuellement l'usine du Verbois (env. 100 000 kW³⁾. Cette usine (fig. 1), qui sera probablement achevée en 1942, est située à env. 1,5 km en aval du pont de Peney. Elle utilisera une chute de 20,80 m à l'étiage et de 16,85 aux débits de crue de 900 m³/s. Les ouvrages de la retenue se composent d'une digue sur la rive gauche, du barrage proprement dit, formé de trois piles et deux culées laissant

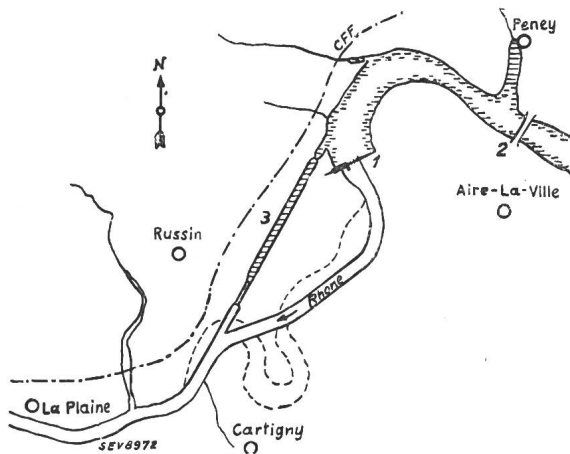


Fig. 1.

Plan de situation de l'usine du Verbois.

- 1 Usine et barrage (retenue max. 368,6 m).
- 2 Pont de Peney.
- 3 Canal de navigation.

entre elles quatre passes de 14 m, chacune avec vanne de fond (vanne-secteur) et vanne-clapet, permettant d'évacuer ensemble 2 800 m³/s (crue maximum 1 320 m³/s), de l'usine dont les 2 parties sont réunies en seul bâtiment (salle des machines, locaux de commande, local de décuvage des transformateurs, etc.) et d'une digue terre-plein raccordée à la rive droite. L'équipement comprendra 4 groupes avec turbines Kaplan de 23 200 kW chacune, absorbant 127,5 m³/s à la vitesse de 136 t/min (le débit maximum de l'usine est de 400 m³/s) entraînant des alternateurs de 27 500 kVA/18 000 V (fig. 2). La station de distribution et de transformation, située sur le terre-plein de la rive droite à peu de distance de l'usine, sera du type extérieur 18 000/125 000 V. L'énergie moyenne annuelle disponible de cette

³⁾ Cf. L. Archinard, Cours d'Eau et Energie, janvier 1938. F. Bolens, Bull. Tech. Suisse Romande, juillet 1939. F. Bolens, Cours d'Eau et Energie, oct.-nov. 1940.

nouvelle usine sera d'environ 400 millions de kWh. La rectification du lit du Rhône entre l'usine du Verbois et le remous de l'usine de Chancy-Pougny permettra à cette dernière de réaliser un gain d'énergie de 25 à 30 % surtout en hiver. Au Verbois, les travaux comprennent 2 phases: 1° Batardeau sur la rive droite pour construire 2

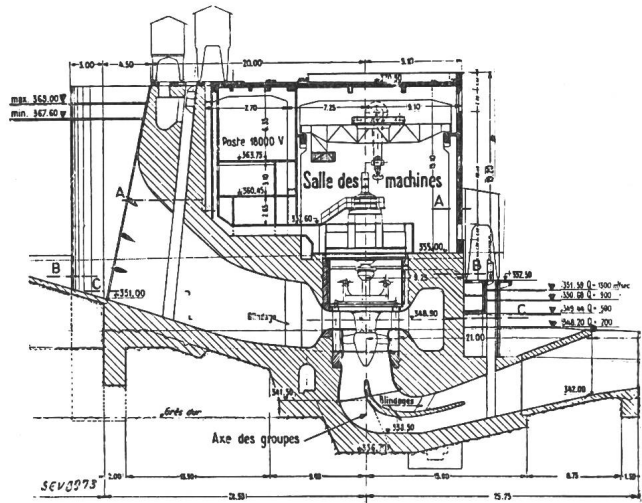


Fig. 2.

Salle des machines de l'usine du Verbois.

Coupe transversale. Alternateur 27 500 kVA.

Turbine 23 200 kW pour H_m = 20,80 m et Q = 127,50 m³/s.

groupes et batardeau sur la rive gauche pour construire 3 passes. 2° Démolition du batardeau rive gauche (à laquelle on vient de procéder) pour permettre le passage du fleuve par les 3 passes, puis construction d'un nouveau batardeau rive droite, depuis le pile III pour construire la quatrième passe et les groupes 3 et 4. La deuxième phase sera entreprise au début de 1941.

L'usine de Chancy-Pougny⁴⁾ est située à l'extrémité du Rhône suisse. Terminée en 1925, cette usine est à cheval sur la frontière franco-suisse. La moitié du barrage à 4 passes de 12 m est sur territoire français, tandis que l'autre moitié et les bâtiments de l'usine se trouvent en Suisse. Ce bâtiment comporte 5 turbines Francis de 7 000 kW chacune entraînant des alternateurs triphasés à 11 000 V, ainsi que des groupes auxiliaires. La station de transformation en plein air est située sur la rive française; elle est équipée de trois groupes de transformateurs de 14 000 kVA chacun (11 000/120 000 V).

Le tableau I indique la puissance des usines situées dans le bassin du Rhône suisse. On constate que la plus grande partie de la puissance installée se trouve en Valais.

Le tableau II indique la puissance des usines du bassin du Rhône français.

Puissance des usines hydroélectriques installées, en construction, en projet ou possibles, du Rhône et de ses affluents en Suisse et en France⁵⁾.

a) Rhône suisse. Tableau I.

Cantons	Puissance des usines	
	installée kW	extension prévue kW
Valais	398 811	133 705
Vaud	29 282	—
Genève	40 600	94 000
Totaux	468 693	227 705

⁴⁾ Bull. Techn. Suisse Romande. 19 juillet 1924.

⁵⁾ Pour la France, ces chiffres sont tirés de la Statistique de la production et de la distribution de l'énergie électrique (édition 1934) du Ministère des Travaux Publics, mais il a été tenu compte des nouvelles puissances installées et des usines dont la construction a été entreprise depuis lors.

b) Rhône français. Tableau II.

Cours d'eau	Puissance des usines			
	installées kW	en construction kW	en projet kW	possible kW
Rhône	92 700	500 000	672 100	—
Valserine	3 260	—	6 400	10 700
Ain et affluents	72 280	—	39 980	18 700
Doubs et affluents	55 800	—	18 350	970
Le Doux	3 600	—	—	—
Ardèche	—	—	34 500	—
Gard	—	—	2 910	—
Dranse d'Abondance	18 110	—	4 160	61 050
Arve et affluents	57 010	—	15 630	88 950
Fier	38 210	—	14 200	—
Guiers	13 170	—	—	—
Isère	144 000	—	101 300	109 370
Affluents Haute-Isère	60 640	—	43 220	—
Arly	91 600	—	3 150	—
Arc	167 780	—	91 240	4 830
Bréda	29 550	—	3 270	—
Affluents Isère Moyenne	19 630	—	5 540	—
Drac	237 440	11 000	135 550	28 190
Drôme	—	—	720	—
Durance	167 700	—	214 980	113 050
Affluents Haute-Durance	20 030	—	43 790	51 810
Verdon	19 670	—	34 870	94 080
Totaux	1 312 180	511 000	1 485 860	581 700

C'est surtout l'Isère et ses affluents qui possèdent le plus d'usines hydroélectriques, alimentant pour la plupart des fabriques de produits chimiques ou des usines électrométallurgiques (Aciéries d'Ugine, Société Alais, Froges et Camargue). La Durance est également riche en forces hydrauliques aménagées et en projet, qui alimentent principalement les réseaux de distribution du littoral méditerranéen. Quant au Rhône lui-même, la puissance installée sur territoire français est relativement faible (48 700 kW), mais les 20 usines dont l'aménagement est prévu porteront cette puissance à près de 1 250 000 kW.

III. Le Rhône français.

Un récent décret du gouvernement français vient de donner une impulsion nouvelle à l'aménagement des forces hydrauliques de la France, dont la cadence s'était beaucoup ralenti ces dernières années (surtout du fait que la plupart des grandes usines furent construites de 1925 à 1935, jetant simultanément sur le marché près de 2 milliards de kWh) et depuis le début des hostilités. Ce décret prévoit en effet l'aménagement d'usines capables de produire 4,5 milliards de kWh, qui occuperont 5000 ouvriers pendant 3 ans $\frac{1}{2}$.

D'une façon générale, on estime que la capacité de production des usines hydroélectriques françaises pourra être doublée et atteindra 20 milliards de kWh. Le bassin hydrographique du Rhône est beaucoup plus étendu en France qu'en Suisse, car le Rhône reçoit les eaux de l'Ain, de la Saône, de l'Isère, de la Durance, pour ne mentionner que les affluents les plus importants. Nous nous bornerons donc à parler des principales usines.

L'aménagement du Rhône français a été confié en 1934 à la Compagnie Nationale du Rhône, qui doit s'occuper non seulement de la mise en valeur des forces motrices, mais aussi de la navigation et de l'irrigation. Entre la frontière franco-suisse et la mer Méditerranée, la différence de niveau est de 330 m. Elle sera partagée en 20 paliers successifs, comportant chacun une usine hydro-électrique. La puissance installée représentera environ 1 500 000 kW, produisant annuellement 9 milliards de kWh. Sept d'entre elles seront en amont de Lyon⁶⁾ (Haut-Rhône),

⁶⁾ Cf. L. Archinard, Cours d'Eau et Energie 1940. n° 7-8.

soit *Génissiat* (500 000 kW, chute de 70 m), *Eilloux* (12 000 kW, 7 m), *Maty* (33 000 kW, 19 m), *Belley* (25 000 kW, 15 m), *Brégnier* (21 000 kW, 12 m), *Sault-Brenaz* (22 000 kW, 8 m), *Villette-d'Anthon* (23 000 kW, 10 m), et les treize autres à l'aval (Bas-Rhône) dont *Ternay* (24 000 kW, 7 m), *Condrieu* (25 000 kW, 6 m), *Andance* (23 000 kW, 7 m), *La Roche-de-Glun* (37 000 kW, 10 m), *Valence* (81 000 kW,

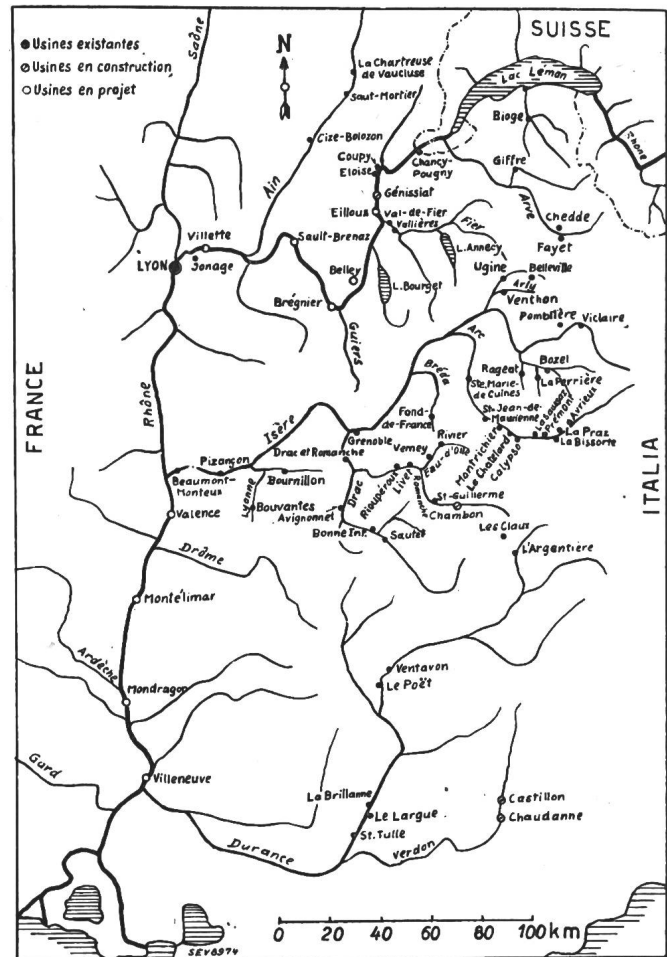


Fig. 3.

Carte synoptique du bassin du Rhône avec l'indication des principales usines hydroélectriques françaises.

14 m), *Baix* (50 000 kW, 9 m), *Montélimar* (92 000 kW, 16 m), *Mondragon* (132 000 kW, 22 m), *Villeneuve-lès-Avignon* (65 000 kW, 9 m). Le débit semi-permanent du fleuve est de 330 m³/s (étiage 140 m³/s) en aval de la Valserine et de 1430 m³/s (étiage 500 m³/s) en aval de la Durance et du Gard. La capacité de production des usines hydroélectriques du Sud-Est (Alpes) et du Jura est d'environ 6 milliards de kWh, soit la moitié de la production totale de la France (12 milliards de kWh).

Après avoir passé par le Fort de l'Écluse et Bellegarde (usines provisoires de Coupy et Eloise, 12 400 et 10 200 kW), le Rhône parcourt une étroite vallée très encaissée dans laquelle on construit actuellement l'usine-barrage de *Génissiat* (fig. 4)⁷⁾. Cette usine sera la plus importante de France, voire même d'Europe. La puissance aux bornes des alternateurs atteindra en effet près de 500 000 kW (6 groupes de 83 000 kW). Le débit du Rhône varie très fortement à cet endroit, car s'il est de 148 m³/s pendant 10 jours, sa moyenne est de 400 m³/s et de 1 100 m³/s en périodes de crue (pouvant atteindre exceptionnellement 2000 m³/s) (fig. 5). L'assèchement du lit du fleuve a nécessité la construction de deux tunnels de 600 m (pente de 4 mm par m) sur les 2 rives. Ces tunnels serviront par la suite à évacuer les débits de crues. Le lit du fleuve étant composé de gravier sur

⁷⁾ Cf. R. Gourjon, Rév. Gén. d'Electricité, 20 nov. 1937.

une vingtaine de mètres de profondeur, la hauteur totale du barrage-poids atteindra 100 m. L'usine sera construite au pied du barrage et comprendra tout d'abord 4 groupes de 65 000 kW et plus tard 6 groupes de 83 000 kW, ce qui fournira 1,8 milliards de kWh, soit le $\frac{1}{10}$ ^e de la consom-



Fig. 4.
Usine de Génissiat.
Vue générale du chantier de l'amont.

mation actuelle d'énergie électrique de la France. Chaque groupe sera complété par un transformateur à 220 000 V disposé sous l'avant-toit de l'usine (fig. 6).

Après une succession de barrages et de petites usines, nous arrivons au barrage de Jons, situé à peu de distance en aval de l'origine du canal de Jonage, qui aboutit au nouveau port fluvial Edouard Herriot à Lyon. L'usine de Jonage⁸⁾ (fig. 7) est située sur ce canal, près de Cusset-Villeurbanne, à 6 km du centre de Lyon. Construite en 1897, cette usine possédait 16 groupes de 900 à 1 000 kW chacun, totalisant 15 000 kW, pour un débit utile de 130 m³/s. En 1933 cette usine fut transformée sans toutefois modifier trop radicalement le bâtiment existant. La hauteur de chute nette a été portée à 10-13 m, la puissance à 60 000 kW, par l'installation de 14 groupes de turbines Kaplan entraînant des alternateurs de 7 000 kVA. Elle est de ce fait la plus puissante usine à basse chute après celle de Kembs. Débit jusqu'à 500 m³/s. Production 330 000 000 kWh.

Entre Lyon et la mer, il n'existe pas encore d'usine hydroélectrique importante, mais il est prévu, comme nous l'avons dit, d'en construire treize.

Sur l'Ain, l'usine de Cize-Bolozon⁹⁾ (25 000 kVA) utilise une chute nette de 17,50 m avec un débit de 150 m³/s (le débit de l'Ain varie de 5 à 2 500 m³/s). Elle comporte 3 passes de 10 m, 3 groupes de turbines (2 Voith et 1 Kaplan) de 7 500 kW chacune, entraînant des alternateurs

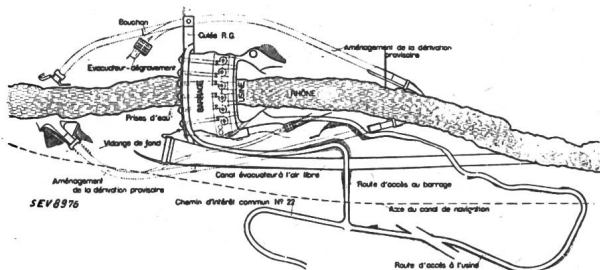


Fig. 5.
Plan d'ensemble des ouvrages de Génissiat.

de 8 500 kVA/10 000 V. Les transformateurs élèvent la tension à 35 000 V. Cette usine est reliée à la ligne de 35 000 V

L. Archinard, Cours d'Eau et Energie 1939, n° 3.

⁸⁾ Cf. L. Dupré la Tour, Rev. Gén. Electr. 5 février 1938.

⁹⁾ Cf. M. Barrère et G. Pierre, Rev. Gén. Electr. 12 mars 1932.

de Chancy-Pougny au poste de Henri-Paul. Sur l'Ain également, les deux usines de Saut-Mortier totalisant 8 500 kW et celle de la Chartreuse de Vaucluse 13 500 kW.

Sur le Doubs, le long de la frontière franco-suisse, se succèdent les usines du Châtelot (10 000 kW, 100 m), du

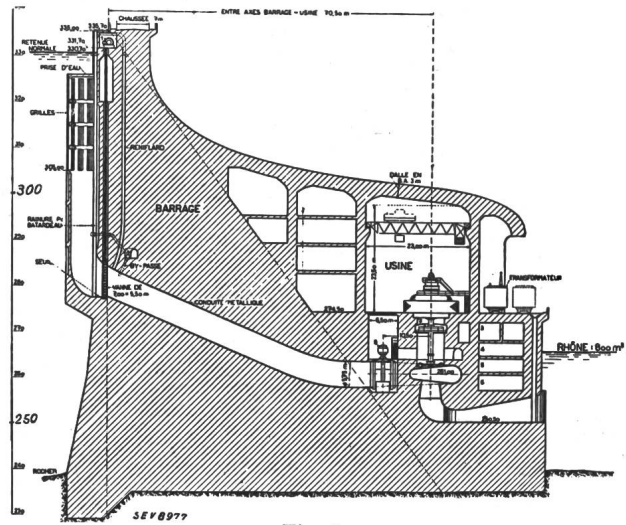


Fig. 6.
Profil en travers du barrage et de l'usine de Génissiat.

Refrain (13 500 kW, 62 m), de la Goule (5 150 kW, 27 m) sur territoire suisse, de Liebwillers (12 000 kW, 38 m) et, sur la Loue, celle de Mouthier (20 000 kW).

L'Isère et ses affluents, le Drac et l'Arc¹⁰⁾, sont, comme les affluents du Rhône en Valais, très propices à l'érection d'usines à grande chute, aussi les usines y sont-elles très nombreuses. Elles alimentent le plus souvent des fabriques de produits chimiques et d'électrometallurgie. Vers les sources de l'Isère se trouve l'usine de Viclaire (37 000 kW, 398 m) en service depuis 1925. C'est la première des 5 usines qui doivent constituer l'aménagement de l'Isère en amont de Bourg-Saint-Maurice en utilisant une chute brute de 400 m. Quatre turbines Pelton entraînent des alternateurs de 9 500 kW, 15 000 V. L'aménagement des chutes de la Gurraz donnera une puissance de 13 500 kW. L'usine de Bozel, sur la Bozière, fournit 9 000 kW, celle de la Perrière (sur le grand Doron) 21 000 kW et celle du Rageat 12 360 kW.

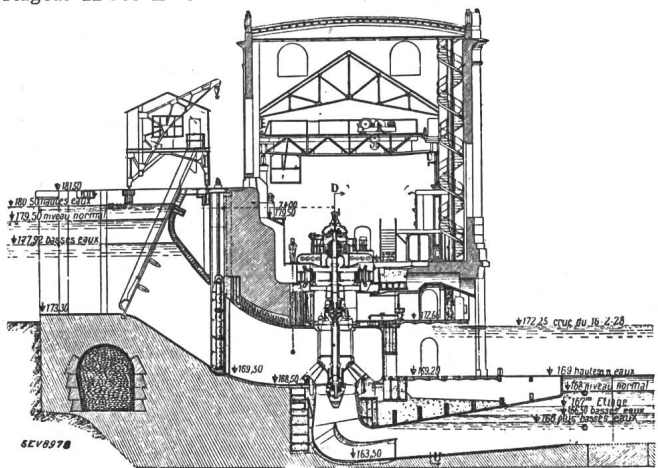


Fig. 7.
Coupe de l'usine de Jonage en travers d'une nouvelle unité.

Dans les bassins de l'Arly, du Bonnant et du Doron de Beaufort, 11 usines¹¹⁾, dont Ugine (7 400 kW), Villard

¹⁰⁾ Cf. M. Pelou, L'alimentation en énergie électrique des régions lyonnaise, dauphinoise et savoyarde, L'Electricité, juin 1938.

¹¹⁾ Cf. Rev. Gen. Electr., 5 sept. 1931.

(9 000 kW), *Venthon* (7 000 kW), *Belleville* (20 000 kW), *Hauteluze* (10 000 kW) totalisent 91 600 kW, avec des chutes allant de 20 à 430 m. L'usine de *Belleville* a ceci de particulier, qu'elle comporte trois groupes constitués chacun par un alternateur accouplé à une turbine hydraulique et à une pompe, l'alternateur pouvant fonctionner en moteur synchrone pour entraîner la pompe correspondante et refouler l'eau du Doiret dans le lac de la Girotte (élévation 500 m, 6 à 8 millions de m³ annuellement). Ces usines, qui appartiennent à la S.A. des Acieries d'Ugine, servent également à alimenter la ligne de chemin de fer de Culoz à Modane.

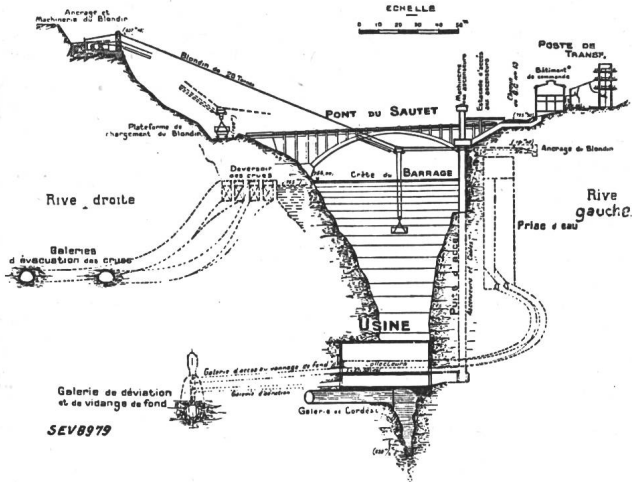


Fig. 8.

Coupe transversale des installations du Sautet.

Dans la vallée de l'Arc se trouvent, entre autres, les usines d'*Avrieux* (14 000 kW), *La Praz* (15 275 kW), *Prémont* (15 450 kW), *La Saussaz* (17 400 kW), *Montricher* (13 850 kW), *Saint-Jean-de-Maurienne* (15 000 kW), *Pontamafrey* (12 200 kW), *La Bissorte* (17 150 kW), *Le Châtelard* (112 000 kW), *Calypso* (15 475 kW), *Sainte-Marie-de-*

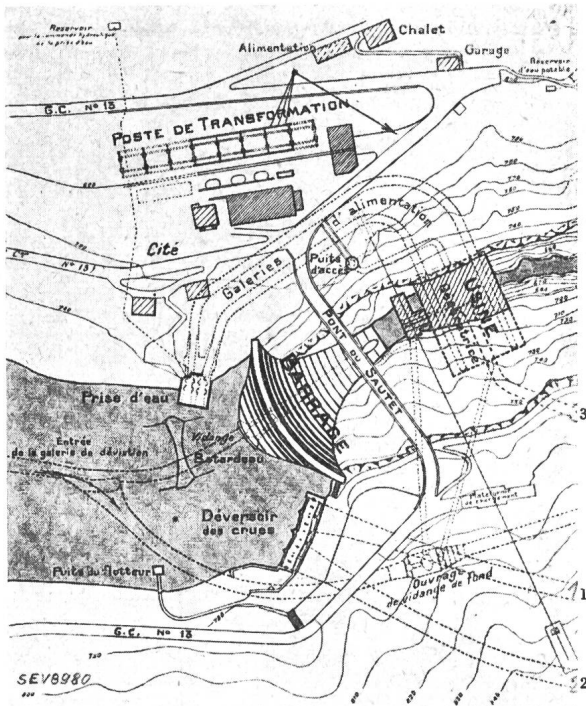


Fig. 9.

Plan d'ensemble des installations du Sautet.

- 1 Galerie de crues n° 1.
- 2 Galerie de crues n° 2.
- 3 Galerie d'alimentation de Cordeac.

Cuines (9 100 kW), réservées presque toutes à l'industrie électrométallurgique (Société Alais, Froges et Camargue).

Aux Sept-Laux, l'usine de *Fond-de-France* de 6 000 kW, sur le Bréda, sera portée à 50 000 kW. La capacité actuelle des trois lacs Carré, Cottepan et la Motte (9,5 millions de m³) sera augmentée à 13, puis à 16 millions de m³. L'usine sera complétée par un nouveau groupe de 2 turbines Pelton à axe horizontal entraînant un même alternateur de 30 000 kW.

C'est sur le Drac que se trouve le barrage et l'usine du *Sautet*¹²⁾ (fig 8 et 9) (79 500 kW) terminés en 1936. Le barrage de 130 m de haut ferme une gorge extrêmement resserrée et profonde. La chute utile est de 93 m et la retenue de 130 millions de m³, dont 100 millions utilisables sur une hauteur de 40 m. L'usine située au pied du barrage a dû être en partie construite dans la falaise de la rive droite, tandis que l'autre partie est aménagée sur un pont franchissant le Drac, la largeur de la gorge étant insuffisante (fig. 10). La voûte dans la falaise a une ouverture de 36,5 m, ce qui constitue un record. L'accès à l'usine est assuré par 2 ascenseurs circulant dans un puits de 130 m de profondeur, servant également au passage des câbles à 10 500 V. L'usine renferme 2 séries de 3 groupes comportant chacun 2 turbines Francis de 6 000 kW chacune, entraînant un alternateur de 13 250 kVA/10 500 V. Le poste de transformation 10 500/

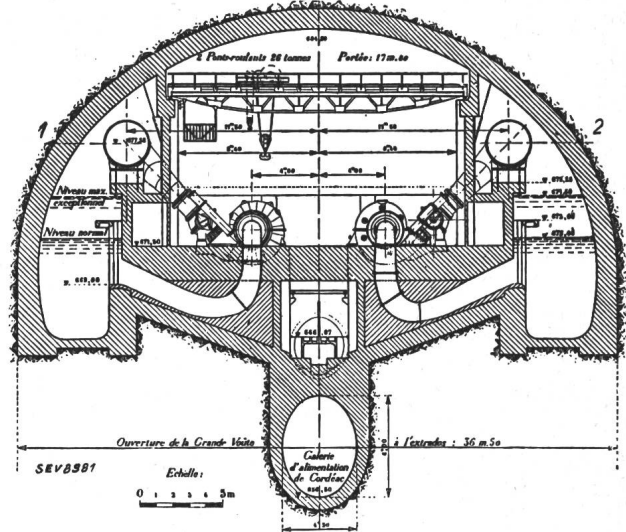


Fig. 10.

Coupe transversale de l'usine du Sautet dans le rocher.

- 1 Collecteur aval.
- 2 Collecteur amont.

150 000 V est situé en plein air, sur le plateau dominant la falaise de gauche. L'usine du Sautet est la première de cinq usines qui s'échelonnent sur le Drac jusqu'à Avignonnet (6250 kW) et pourront fournir 300 000 kW (800 millions de kWh).

Sur l'Eau d'Olle se succèdent également une série d'usines, dont celles du *Rivier* (11 250 kW) et du *Verney* (15 300 kW).

Sur la Romanche, citons le barrage du Chambon, dont la retenue sera de 50 millions de m³, les usines de *Saint-Guillaume* (18 000 kW), *Livet* (15 815 kW), *Les Roberts* (13 000 kW), *Rioupéroux* (41 810 kW).

Sur la Bourne et la Lyonne se trouvent les usines de *Bournillon* (15 500 kW) et de *Bouvantes* (15 000 kW).

Une autre grande usine, située sur la Basse-Isère, à 24 km de son confluent avec le Rhône, est celle de *Pizanon*¹³⁾ (40 000 kW, capacité annuelle 200 millions de kWh), qui utilise une chute de 12,7 m avec un débit de 350 m³/s au maximum. Le barrage est muni de 6 passes de 15 m. L'usine comporte 4 turbines à hélice entraînant chacune

¹²⁾ Cf. A. Robert, Bull. Soc. Française des Electriciens, 1935, p. 391-412.

¹³⁾ Cf. Bull. Techn. Suisse Romande 1932. Nos. 2 et 3. Rev. Gén. Electricité, octobre 1931.

un alternateur de 12 500 kVA, 10 000 V. Enfin, non loin du confluent de l'Isère et du Rhône se trouve l'usine de *Beaumont-Montoux* (45 000 kW, chute de 10 m).

Sur la Durance, les grandes usines sont moins nombreuses. Citons celles de *l'Argentière* (33 000 kW), *Ventavon* (35 000 kW), *Le Poët* (27 000 kW) sur le canal de fuite de l'usine de *Montavon*, *La Brillanne* (13 500 kW), *Le Largue* (9 000 kW), *Sainte-Tulle* (50 000 kW), qui complète l'usine thermique du même nom (106 700 kW).

Sur le Verdon (affluent de la Durance), les usines de *Castillon* (9 500 kW) et de *La Chaudanne* (6 400 kW) sont en construction.

Sur l'Aile Froide, l'usine des *Claux* fournit 11 550 kW.

Enfin, en Haute-Savoie, notons l'usine de *Bioge* (11 400 kW) sur la Dranse d'Abondance, celles de *Chedde* (14 000 kW), du *Fayet* (13 000 kW) sur l'Arve, celle du *Giffre* (9 000 kW). Sur le Fier se trouvent les usines de *Valières* (13 250 kW) et de *Val-de-Fier* (17 000 kW).

IV. Navigation et irrigation.

Les différentes usines installées sur le Rhône entre le Lac Léman et la Méditerranée ont été aménagées en te-

nant compte de la navigation fluviale. Cette navigation se heurte à certaines difficultés de Lyon à Genève. A Lyon même, où le port Edouard Herriot est en voie d'achèvement, un canal de ceinture évitera aux chalands la traversée de la ville et aboutira au canal de Jonage. Jusqu'au barrage de Loyettes, le Rhône a une allure torrentielle et il faudra également prévoir un canal latéral. Il en est de même entre Groslée et le barrage de Boursin. Au barrage de Gènnissiat, il faudra construire une échelle d'écluses ou même un élévateur à bateaux pour franchir la dénivellation de 65 à 75 m. Une écluse est prévue à Chancy-Pougny, de même qu'au Verbois. A Genève, un port fluvial sera aménagé au bord de l'Arve entre le Bois de la Bâtie et les Acaïas. Enfin, un tunnel sera construit entre Sous-Terre et Sécheron, qui reliera le Rhône au Lac Léman. A chaque entrée du tunnel se trouveront une écluse et un port. Le gabarit des chalands sera probablement fixé à 600 tonnes.

L'irrigation intéressera surtout la Camargue et la Crau, dans le delta du Rhône. La dernière retenue du fleuve permettra la création de nombreux petits canaux d'irrigation et l'énergie électrique alimentera des pompes pour arroser les cultures.
M. Lacher.

Technische Mitteilungen. — Communications de nature technique.

Die diesel-elektrischen Autobusse der städtischen Trambahn Luzern.

[Nach Hans Siegwart, Schweiz. Bauztg., Bd. 116 (1940), Nr. 24.]

629.113.71

Der Trambahn der Stadt Luzern ist es zu verdanken, als erste schweizerische Unternehmung im Jahre 1939 die elektrische Kraftübertragung in ihrem Autobusbetrieb eingeführt zu haben, trotzdem im Ausland schon seit ca. 30 Jahren die elektrische Kraftübertragung zwischen Dieselmotorwelle und Triebädern verwendet wird. Eine erhebliche Vergrößerung des Passagierraumes wurde durch eine sinnreiche Anordnung des Dieselmotors stehend im Heck, parallel zur Hinteraxe erreicht. Verglichen mit einem gleich langen Autobus mit Frontmotor vorn auf dem Chassis in der Längsaxe des Wagens, ergibt die neue Anordnung einen um 20 % größeren Passagierraum, in welchem die doppelte Sitzplatzzahl angeordnet werden kann. Der Motor befindet sich in einem vollständig getrennten Raum am Ende des Fahrzeuges, von dem aus keine Verbrennungsgase in den Passagierraum eindringen können. Ferner lässt sich die, besonders im Sommer, vom Motor erzeugte Wärme direkt ableiten und der Motorlärm ist bei dieser Anordnung ganz erheblich gedämpft.

	Autobus mit Frontmotor	Autobus mit Heckmotor
beanspruchte Verkehrsflächen	23,64 m ²	23,64 m ²
Wagenbreite	2400 mm	2400 mm
Wagenlänge	9850 mm	9850 mm
Nutzraum	15,9 m ²	20 m ²
Sitzplätze	17	34
Stehplätze	28	20
Total	45	54
Gewicht unbelastet	rd. 7800 kg	rd. 8800 kg
Gewicht per Person	rd. 173 kg	rd. 161 kg

Als *Nachteile* der elektrischen Kraftübertragung sind zu erwähnen:

a) das verhältnismässig hohe Gewicht,

b) der merklich schlechtere Totalwirkungsgrad als bei der mechanischen Kraftübertragung.

Demgegenüber hat aber die elektrische Kraftübertragung folgende ausschlaggebende *Vorteile*:

a) es ist möglich, den Dieselmotor für jede gewünschte Leistung im Bereich seines kleinsten Brennstoffverbrauches und mit bestem thermischem Wirkungsgrad arbeiten zu lassen, so dass der schlechtere Wirkungsgrad der elektrischen Uebertragung kompensiert wird,

b) Wegfall der bekannten Nachteile des mechanischen Stufenwechsels (Unterbruch der Zugkraft, Lärm, Anstrengung des Personals),

c) geringer Unterhalt (während bei der mechanischen Kraftübertragung nicht unbedeutende Abnützungen, hauptsächlich der Kupplungsorgane, auftreten),

d) die elektrische Kraftübertragung erlaubt ohne weiteres die Bremsenergie praktisch abnützungslos zu vernichten, so dass die Bremsbeläge nur in ganz geringem Masse beansprucht und abgenützt werden.

Besonders interessant ist eine zum erstenmal von Brown, Boveri verwendete Steuerschaltung. Die Trambahn der Stadt Luzern stellte die Bedingung, dass der Dieselmotor mit den Triebädern elektrisch gekuppelt bleiben sollte, auch wenn das Fahrpedal losgelassen oder zum Teil zurückgestellt wird. Diese Bedingung führte zur Verwendung eines fremderregten Triebmotors, der die Eigenschaft hat, selbsttätig vom Motor auf Bremsbetrieb überzugehen.

Beim Bremsen wird der Triebmotor einerseits über den mit ihm dauernd elektrisch verbundenen Generator und andererseits über einen einstellbaren Bremswiderstand kurzgeschlossen. Die Bremsenergie wird somit nicht nur im Bremswiderstand, sondern auch in dem mit angetriebenen Dieselmotor vernichtet, wobei der Drehzahlregler die Brennstoffzufuhr zum grössten Teil abstellt, wodurch besonders im Stadtbetrieb mit einer merklichen Brennstoffersparnis zu rechnen ist.

Der Brennstoffverbrauch wurde in Funktion der Fahrgeschwindigkeit auf Landstrassen und ferner in Funktion der Haltestellenabstände bei Stadtfahrten ermittelt, was zu interessanten Ergebnissen führte. Der kleinste Brennstoffverbrauch stellt sich auf 29,5 l/100 km bei 25 bis 30 km/h und steigt stark an mit zunehmender Geschwindigkeit sowie bei kürzer werdenden Haltestellenabständen. J.

Allerlei Neues aus der Elektrotechnik.

Praktische Bestrahlungserfolge.

621.384.4

Im Frühjahr 1938 wurde in einer Kruppschen Kohlenzeche eine Bestrahlungsanlage eingerichtet. Sie funktionierte derart, dass ein künstlicher Stollen, den die Belegschaft bei der Ausfahrt zwangsweise zu passieren hatte, mit ultraviolettes Licht ausstrahlenden Lampen besetzt wurde. Der Versuch, um den es sich hier handelte, ist sehr gut verlaufen. Es ergab sich bald eine wesentliche Besserung des Blutbildes und ein Ansteigen des Blutfarbstoffes. Darüber hinaus wurden vortreffliche Ergebnisse erzielt bei Rheumatismus, Bronchitis und Grippe. Ein Vergleich mit einer benachbarten Zeche ohne Bestrahlungseinrichtung ergab, dass die dortige Belegschaft einen höhern Prozentsatz von Rheumaerkrankungen aufwies. Von den bestrahlten Berg-