Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande

Band: 46 (1920)

Heft: 12

Artikel: L'usure des turbines hydrauliques, ses conséquences et les moyens d'y parer

Autor: Dufour, Henri

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-35782

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.12.2025

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

46me année 12 Juin 1920 N° 12

BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

Réd. : Dr H. Demierre, ing. Paraissant tous les 15 jours

ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

SOMMAIRE : *L'usure des turbines hydrauliques, ses conséquences et les moyens d'y parer*, par Henri Dufour, ingénieur, à Bâle (suite et fin). — *Concours pour l'étude d'un projet d'hôtel de la Société de Banque suisse, à Lausanne.* — *Les forces hydrauliques en Suisse, en 1919.* — *Exposition de matériaux et systèmes de construction.* — *Société hydrotechnique de France.* — *Société suisse des Ingénieurs et des Architectes.* — *Société vaudoise et Section vaudoise de la Société suisse des Ingénieurs et des Architectes.* — *Bibliographie.* — *Carnet des Concours.*

L'usure des turbines hydrauliques, ses conséquences et les moyens d'y parer

par Henri Dufour, ingénieur, à Bâle.

(Suite et fin.) [1]

En proposant l'adoption de ce type de dessableur, nous avions garanti que pour un débit d'eau dessablée de 3400 litres par seconde, il éliminerait et évacuerait automatiquement toutes les alluvions minérales contenues dans l'eau à son arrivée, dont le diamètre des grains dépasserait 0,5 mm.

La transformation du dessableur de Saas-Balen, étant la première application, en Suisse, de ce principe pour le dessablage de l'eau motrice de turbines hydrauliques, il ne pouvait être question de donner aussi une garantie pour la longévité future des pièces de turbines soumises à l'usure. Il aurait fallu pour cela connaître non seulement l'efficacité du dessableur transformé, déterminée à l'avance par le calcul, mais encore et surtout, ce qui était impossible alors, connaître exactement la quantité d'alluvions fines qui, malgré le dessableur, passerait encore dans les turbines, et l'usure que ces alluvions provoqueraient. A lui seul, le fait, qu'avec le dessableur primitif, l'eau arrivant aux turbines contenait une forte proportion de sable dont les grains atteignaient jusqu'à 12 mm. de diamètre, tandis que l'eau dessablée par le nouveau dispositif ne contiendrait plus de grains dépassant 0,5 mm. et que sa teneur en alluvions plus fines serait aussi diminuée, laissait prévoir une diminution de l'usure suffisante pour justifier la transformation.

Dans le but de connaître les conditions de marche et d'usure des turbines avec l'ancien et le nouveau dessableur et de trouver par l'expérience une réponse aux questions qui se posaient, on procéda aux opérations suivantes :

En 1918, avec l'ancien dessableur :

Relevé des dépôts de sable dans les canaux de décantation à Saas-Balen et les canaux des turbines à l'Ackersand ;

Triage et comparaison des alluvions trouvées ;

Détermination exacte du rendement des turbines à l'état neuf, au printemps et usées en automne ;

Statistique des arrêts des turbines pour les révisions et les remplacements de pièces usées, de l'énergie produite par l'usine, des progrès de l'usure par le relevé du diamètre intérieur des injecteurs et de l'épaisseur des aubes des roues motrices, etc. ;

En 1919, avec le dessableur transformé :

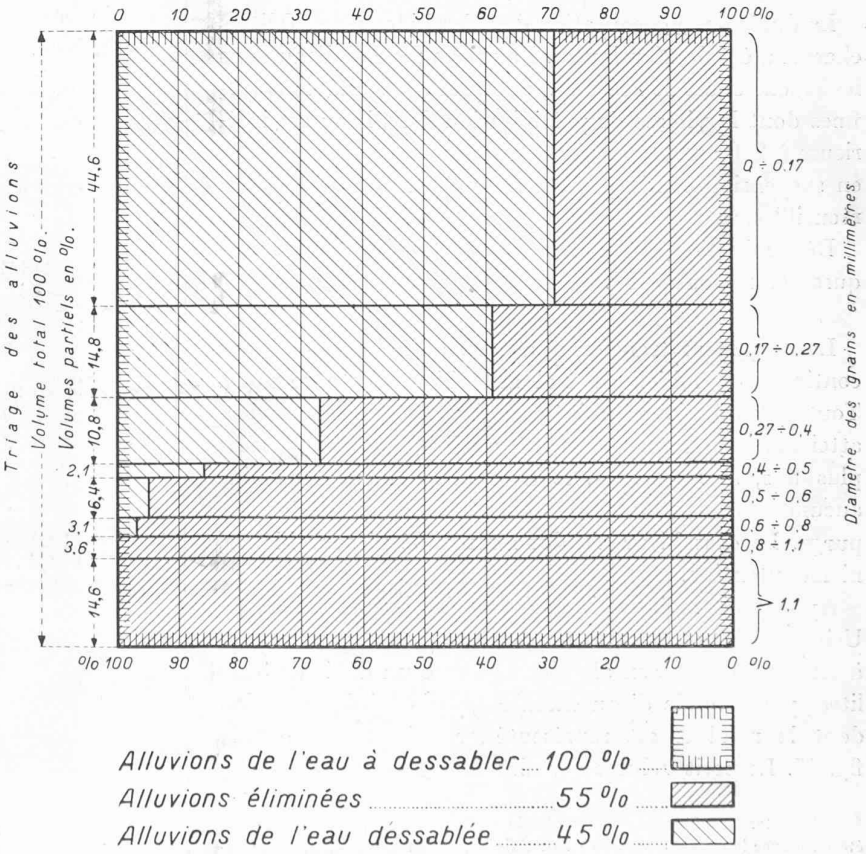


Fig. 15.
Représentation graphique du triage des alluvions par ordre de grandeur des grains.

[1] Voir *Bulletin technique* du 1er mai, page 97.

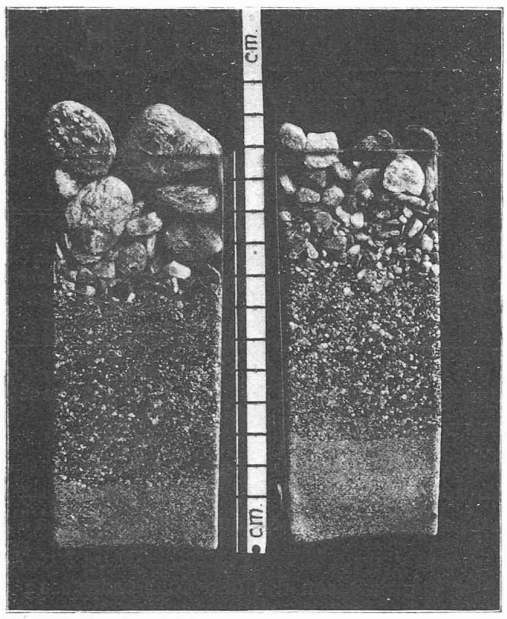


Fig. 16. — 1918. Dessableur primitif.
Alluvions prélevées :
dans les canaux de décantation. | dans le canal de fuite des turbines.

Prélèvement d'échantillons tous les jours, matin et soir, de l'eau dessablée et de l'eau de purge à la sortie du dessableur, ainsi que de l'eau sortant des turbines à l'Ackersand ;

La durée de la décantation dans les bidons de 10 litres chacun a été de 10 minutes. La profondeur de l'eau dans les bidons étant de 250 mm., une partie des alluvions très fines dont la vitesse de précipitation dans l'eau est inférieure à $250 : 10 \times 60 = 0{,}42$ mm. par seconde est restée en suspension et n'a pas été mesurée avec les alluvions recueillies.

Détermination du rendement des turbines et statistiques comme en 1918[1].

Le dessableur transformé a été en service avec purge continue, du milieu de mai au milieu d'octobre 1919. Toutes les alluvions éliminées de l'eau, depuis les graviers atteignant 40 mm. de diamètre, jusqu'aux limons les plus fins, se sont écoulées automatiquement sans aide aucune et sans la moindre obstruction des organes de purge. Le dessableur n'a donc demandé ni surveillance, ni manutention.

Après trois mois environ, de service irréprochable, les Usines de la Lonza firent procéder, le 9 août, par une eau à teneur moyenne en alluvions et avec un débit de 3400 litres par seconde d'eau dessablée, à l'essai de réception dont le résultat est représenté graphiquement par la fig. 15. Le petit volume des alluvions de l'eau dessablée, dont le diamètre des grains dépasse 0,4 mm. n'est plus que le 0,7 % du volume d'alluvions arrivant au dessableur et le 1,55 % du volume d'alluvions restant dans l'eau dessablée ; cette quantité insignifiante est composée en majeure partie de paillettes de mica légères n'ayant aucune influence pratique sur l'usure des turbines. La fig. 15 montre aussi que le dessableur élimine encore le 67 % des alluvions dont le diamètre des grains est de 0,4 à 0,27 mm., le 39 % de celles entre 0,27 à 0,17 mm. (tamis d'environ 2025 mailles au cm²) et le 29 % des plus fines encore. Les prélèvements journaliers d'alluvions, opérés lors des fortes vagues, ont montré que l'efficacité du dessableur ne se modifiait pas.

Il va sans dire qu'en augmentant le nombre et les dimensions des canaux de décantation on obtiendrait un dessablage encore meilleur.

Les densités des alluvions, telles que les ont définies MM. les professeurs L.-W. Collet et R. Mellet, sont :

	Alluvions de l'eau de purge	Alluvions de l'eau dessablée
Densité réelle	2,8	2,8
Densité réelle de l'alluvion déposée dans l'eau	2,2	1,9
Densité fictive	1,86	1,41

Mieux que les chiffres, les fig. 16 et 17 permettront au lecteur de se faire une idée sur les alluvions de la Viège et de comparer l'efficacité de l'ancien et du nouveau dessableur.

L'activité du nouveau dessableur, pendant l'été de

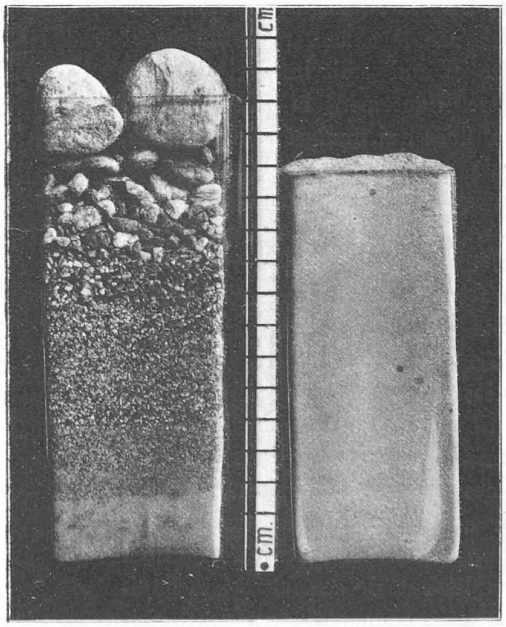


Fig. 17. — 1919. Dessableur transformé.
Alluvions prélevées :
dans l'eau de purge du dessableur. | dans l'eau des turbines.

[1] La détermination des rendements de la turbine N° IV à l'état neuf a été faite avec la collaboration de M. E. Fulpius, ingénieur en chef, la détermination des rendements de la même turbine à l'état usé et de la turbine N° II à l'état neuf, avec la collaboration de M. R. Neeser, directeur des Ateliers Piccard, Pictet & Cie, à Genève.

1919, est donnée par la fig. 18 ; nous la complétons et la résumons brièvement ici.

Le débit de l'eau dessablée a varié entre 2610 et 3700 litres par seconde.

Le poids des alluvions éliminées en un jour a varié entre 1 et 470, voire même un jour 688 tonnes, il a été en moyenne de 65,2 tonnes. Le maximum constaté a atteint le beau chiffre de 44 tonnes par heure pour 3080 litres par seconde d'eau dessablée. Ces chiffres montrent toute l'importance de la purge automatique.

a été au moins égale (en 1919) à celle arrivée au dessableur primitif, en 1918. La comparaison des résultats du service des turbines durant ces deux années, qui est le meilleur moyen de comparer l'efficacité des deux dispositions de dessablage, est donc parfaitement admissible.

Grâce à l'efficacité du nouveau dispositif la sécurité de marche de l'usine a grandement augmenté et l'usure des turbines ainsi que les pertes de rendement qui en résultent ont diminué dans une très forte proportion.

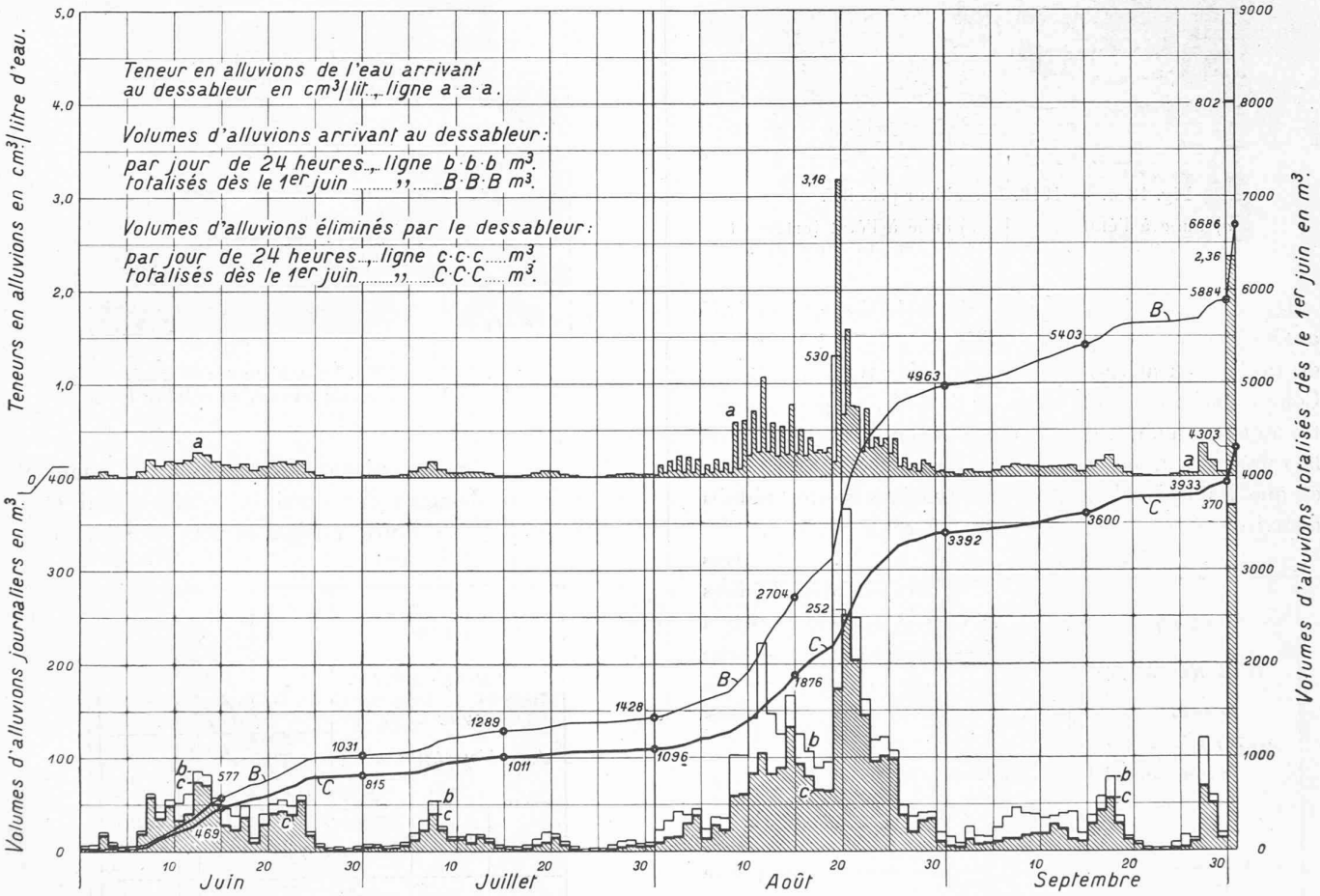


Fig. 18. — Graphique représentant l'activité du dessableur transformé, en 1919.

Le poids des alluvions éliminées du 1er juin au 1er octobre inclusivement a été de 8020 tonnes, celui du limon fin resté dans l'eau dessablée allant aux turbines, a été supérieur à 3300 tonnes. Ce poids d'alluvions n'est nullement négligeable et il était du plus haut intérêt de voir par la suite quelle serait, avec une chute de 700 mètres, son action sur les turbines.

Pendant la même période d'été, le débit de la Viège a été plus fort et le nombre de kilowattheures produit par l'usine de l'Ackersand plus grand, en 1919 qu'en 1918. En 1919 la manœuvre des vannes de la prise d'eau fut telle que le dessableur reçut la plus grande quantité possible d'alluvions, ceci en vue d'utiliser l'excellent sable fourni par son eau de purge. On peut donc admettre que la quantité d'alluvions arrivée au dessableur transformé

Du 1er avril au 1er octobre 1919, la diminution dans la production d'énergie, due aux arrêts, à cause des révisions, des réparations et des remplacements de pièces usées, a été seulement le $\frac{1}{20}$ de celle de 1918.

La diminution moyenne de l'épaisseur des aubes des roues motrices en fonte d'acier, qui sauf pour une turbine, avaient été renouvelées avant la période d'été des deux années et qui en 1918 avait atteint 6 à 7 mm., fut en 1919 de 1,3 mm. seulement. Les fig. 18*a* et 18*b* montrent l'aspect de ces aubes : *a*) à l'état neuf, *b*) à l'état fortement usé en automne 1918, *c*) après 10 mois de service avec le dessableur transformé, en octobre 1919. L'usure visible en u_1, u_2 et u_3, fig. 18*b*, provient de la porosité du métal.

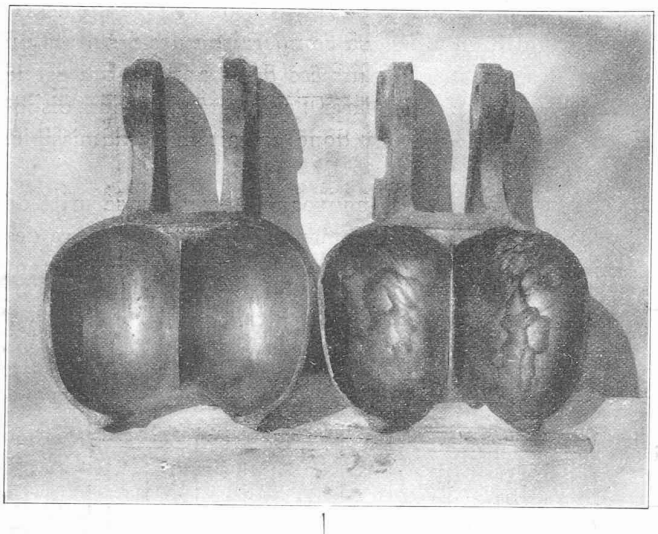


Fig. 18 *a*. — 1918. Dessableur primitif.

a) aube à l'état neuf. | *b*) aube à l'état fortement usé, en automne 1918.

La consommation en pièces de rechange, qui en 1918 avait dépassé 6600 kg. est tombée en 1919, à 4 petits becs de tuyères en acier trempé, d'un poids total de 13 kg. Comme moyenne probable pour l'avenir, on peut admettre aujourd'hui, que dans les mêmes conditions de service, la durée des aubes sera prolongée de plusieurs années et que les frais d'entretien des turbines seront réduits d'environ 70 à 80 % par rapport à ceux de 1918.

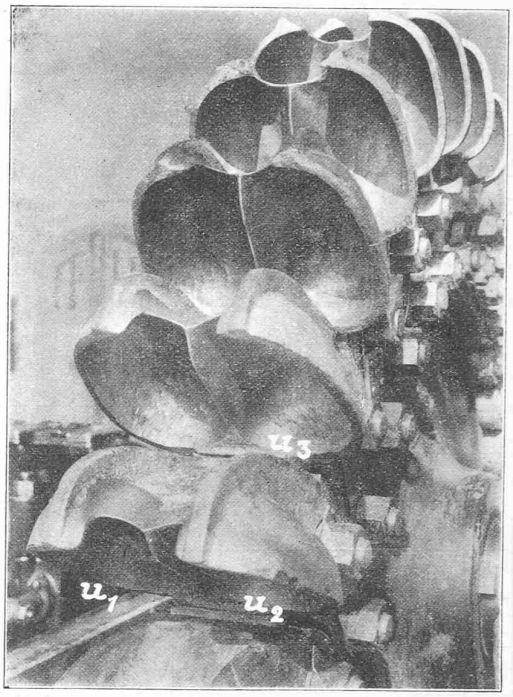


Fig. 18 *b*. — 1919. Dessableur transformé.
c) aube après 10 mois de service, en octobre 1919.

Pour pouvoir déterminer exactement et au moment voulu les rendements des turbines à l'état neuf et à différents degrés d'usure, l'usine de l'Ackersand, pour-

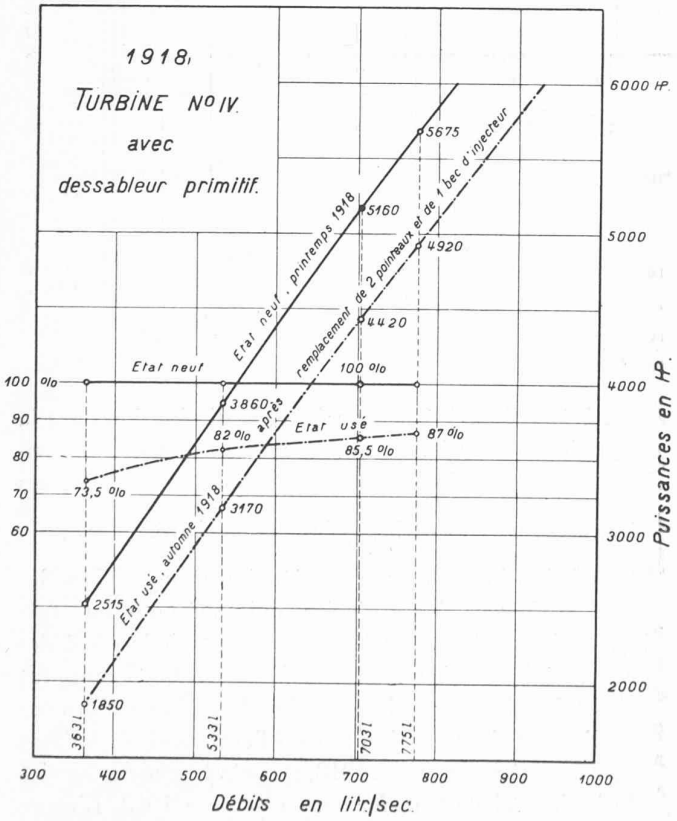


Fig. 19. — Diagramme des puissances de la turbine IV en 1918.

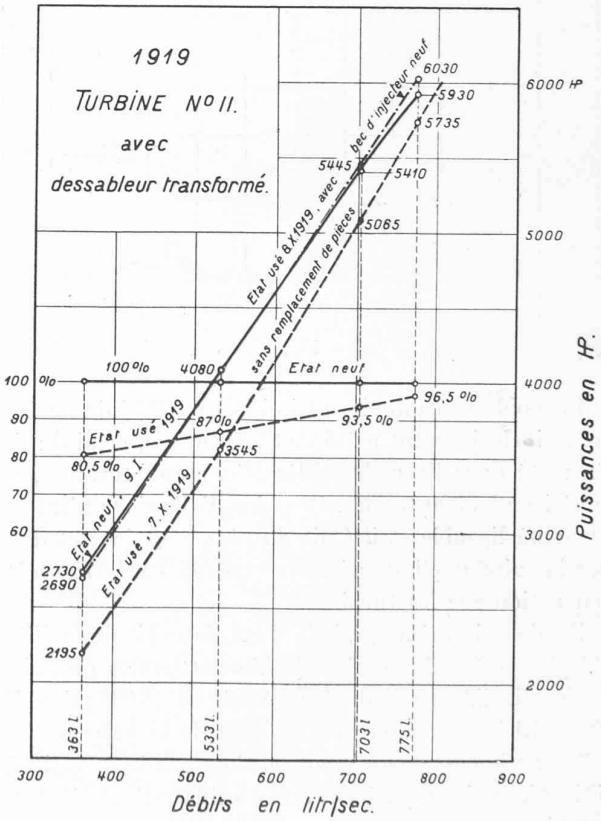


Fig. 20. — Diagramme des puissances de la turbine II en 1919.

vue dès sa construction d'un canal de jaugeages par écran, a été munie encore de déversoirs étalonnés placés dans le canal de fuite de chaque turbine ; d'un manomètre de précision pouvant être étalonné sur place avant et après les expériences et d'une résistance à eau absorbant plus de 10,000 kW. Les Usines de la Lonza ont en outre fait l'acquisition des instruments de précision nécessaires aux mesures électriques.

Cette faculté de procéder à des expériences rapides donnant des résultats exacts et sûrs a permis au constructeur des turbines, les *Ateliers Piccard, Pictet et Cie*, à Genève, d'améliorer systématiquement leur rendement et d'arriver à des résultats qui sont remarquables, si l'on considère que la construction de ces turbines date de 1906. A cette époque on possédait peu de données expérimentales sur des unités de cette puissance ; si l'on pouvait moderniser complètement ces turbines et les faire bénéficier de tous les perfectionnements que leurs constructeurs ont découvert dès lors, il est certain que l'on obtiendrait des rendements encore supérieurs aux valeurs citées.

Voici les principaux résultats obtenus dès l'automne de 1917.

La fig. 19 représente pour les différents débits, les puissances de la turbine N° IV en 1918 avec le dessableur primitif, le printemps à l'état neuf, l'automne à l'état usé, après remplacement en mai et juin, de différentes pièces et plusieurs soudures d'aubes perforées par l'usure.

Débit . . litres/sec.	775	703	533	363
Diminution de puissance due à l'usure, en % de la puissance à l'état neuf	13%	14,5 %	18 %	26,5 %

Bien que dès octobre 1918 les turbines usées fussent réparées et remises à neuf (remplacement des distributeurs entiers et des roues motrices) aussitôt que le permit le service de l'usine, la diminution dans la production d'énergie, due aux mauvais rendements des turbines usées, se monte pour les quatre premiers mois de l'hiver 1918-1919 au 12 % de l'énergie totale en kilowattheures, produite par l'usine de l'Ackersand.

La fig. 20 représente pour différents débits les puissances de la turbine N° II en 1919 avec le dessableur transformé, le printemps à l'état neuf, le 7 octobre à l'état usé sans réparations ni remplacements aucun dès sa mise à l'état neuf, datant de décembre 1918. On

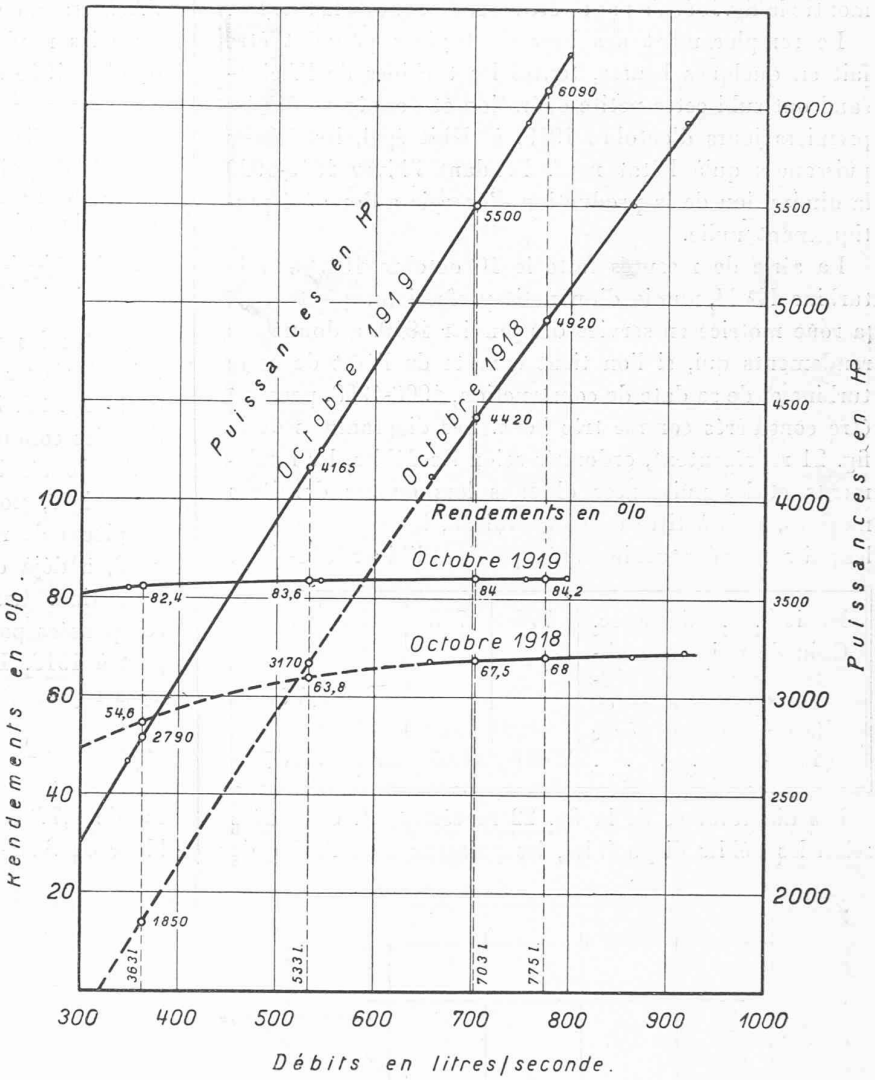


Fig. 21. — Diagramme des rendements et des puissances minimums et maximums d'une turbine.

remarquera, qu'à débits égaux, les puissances à l'état neuf, sont sensiblement supérieures à celles de 1918 ; cela provient d'une amélioration apportée par le constructeur à ses turbines.

Débit . . litres/sec.	775	703	533	363
Diminution de puissance due à l'usure, en % de la puissance à l'état neuf	3,5 %	6,5 %	13,0%	19,5%

Après le remplacement du bec de la tuyère, petit anneau d'un poids de 3,5 kg. opéré le 7 octobre dans l'après-midi, les puissances de la turbine aux différents débits, déterminées le 8 octobre, sont, comme le montre la fig. 20 pratiquement les mêmes qu'à l'état neuf. Le remplacement de cette petite pièce a donc suffi pour reporter les rendements de cette turbine à leurs valeurs initiales.

Cette constatation est très importante, car elle montre que l'usure des organes non remplacés (pointeau et aubes de la roue motrice) très faible et très régulière, comme le

montre la fig. 18*b*, n'a pas altéré le rendement de la turbine.

Le remplacement des becs de tuyères pouvant être fait en quelques heures, toutes les turbines de l'Ackersand ont subi cette petite opération et donnèrent dès les premiers jours d'octobre 1919, à débit égal, les mêmes puissances qu'à l'état neuf. Pendant l'hiver 1919-1920 la diminution de la production d'énergie a donc été pratiquement nulle.

La série de mesures faite le 10 octobre 1919, sur la turbine N° II, munie d'un petit perfectionnement et de la roue motrice en service dès janvier 1919, a donné des rendements qui, si l'on tient compte de l'état de cette turbine et de sa date de construction, 1906-1908, peuvent être considérés comme très bons. Les diagrammes de la fig. 21 représentent, ordonnés selon les débits, les rendements et les puissances obtenus lors de ces dernières mesures, puis à titre de comparaison, les rendements et les puissances des turbines usées pendant l'hiver 1918-1919:

Débit . . litres/sec.	775	703	533	363
Gain de puissance obtenu en hiver 1919-1920, par rapport à la puissance en hiver 1918-1919	23,8 %	24,6 %	31,2 %	50,7 %

Les diagrammes de la fig. 22 représentent, ordonnées selon les débits disponibles, les puissances de l'usine de l'Ackersand en kW., aux bornes des alternateurs, calculées avec les rendements des turbines tels qu'ils étaient en octobre 1918 et 1919 :

Débits disponibles litres/s.	3000	2000	1000
Gain de puissance obtenu en octobre 1919, par rapport à la puissance en octobre 1918 . . . en . . kW:	3200	2300	1450
. . . . ou	24,7 %	26,6 %	36,3 %

Toutes les puissances des figures 19, 20 et 21 sont calculées avec la même chute utile ; pour les puissances de la fig. 22, il a été tenu compte des pertes de charge dans les conduites, augmentant avec le débit.

Sur le résultat commercial de la transformation du dessableur, nous pouvons dire, qu'en 1919, l'économie en pièces de rechange pour les turbines, par rapport à 1918, a déjà dépassé les dépenses faites pour la transformation. Ces dépenses sont d'autre part largement compensées par le seul gain d'énergie de 1919, par rapport à 1918. Le prix de revient de ce gain d'énergie que nous représentons par le quotient :

$$\frac{\text{dépenses pour la transformation}}{\text{gain d'énergie en 1919 en kWh}}$$

est de 0,77 cts par kWh. La transformation du dessableur de Saas-Balen était donc pleinement justifiée.

Les diagrammes des fig. 19 à 22 pour l'usine de l'Ackersand, comme ceux des fig. 3, 3*a*, 8 et 11 pour les usines de Florida-Alta, de Molinar et de Klösterli, montrent les variations extraordinaires que peuvent subir les rendements des turbines hydrauliques installées dans les conditions les plus diverses, par l'usure de certains de leurs organes. Ils montrent aussi l'importance, nous préférons même dire la nécessité pour de telles usines, de procéder à des expériences comme celles que nous venons de décrire, et, s'il y a lieu, de parer à l'usure des turbines par le dessablage efficace de leur eau motrice.

Les travaux préliminaires pour la construction d'usines hydrauliques sur les cours d'eau non encore utilisés, devraient comprendre, pour éviter plus tard les surprises et les dépenses supplémentaires que peut occasionner l'usure des turbines, une étude du charriage des alluvions. Les constatations faites aux usines de Klösterli et de l'Ackersand pourront alors servir de points de comparaison aux ingénieurs qui auront à se prononcer sur l'opportunité d'une installation de dessablage.

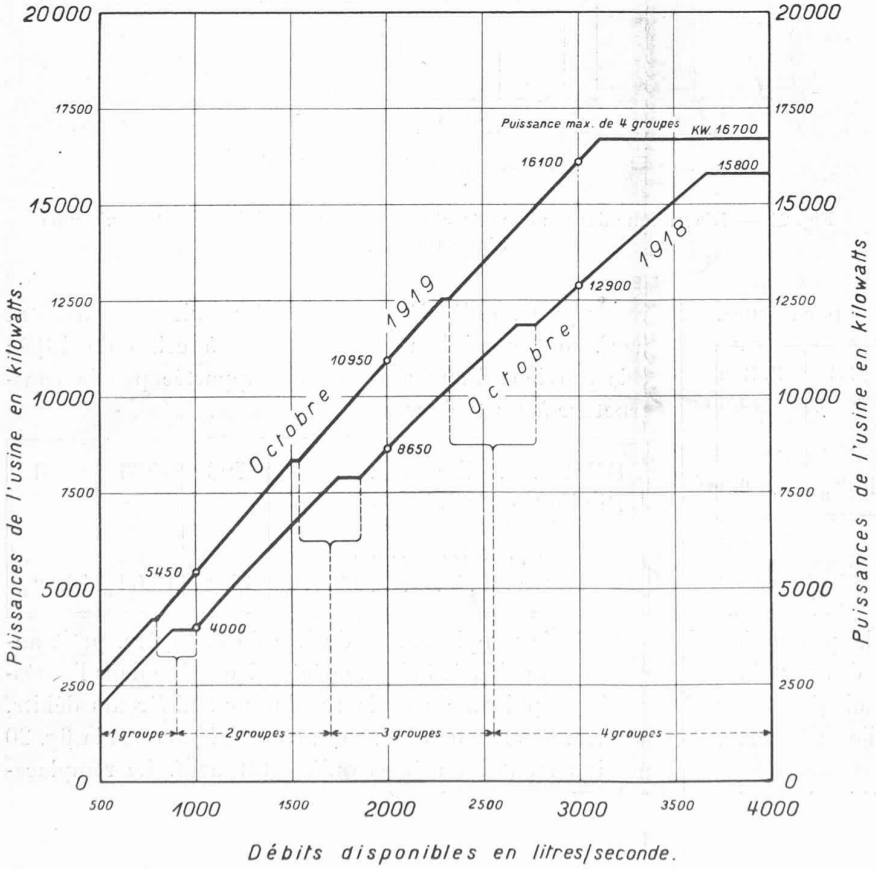
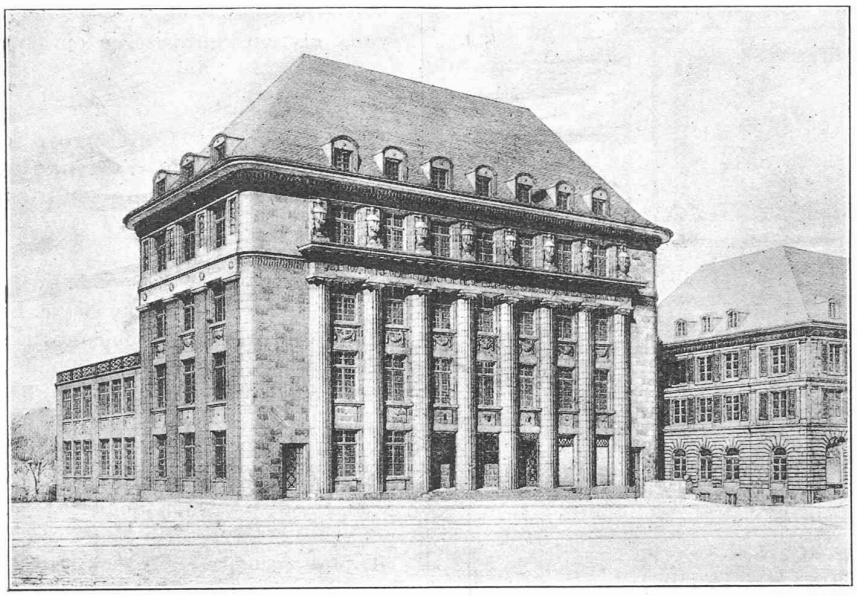
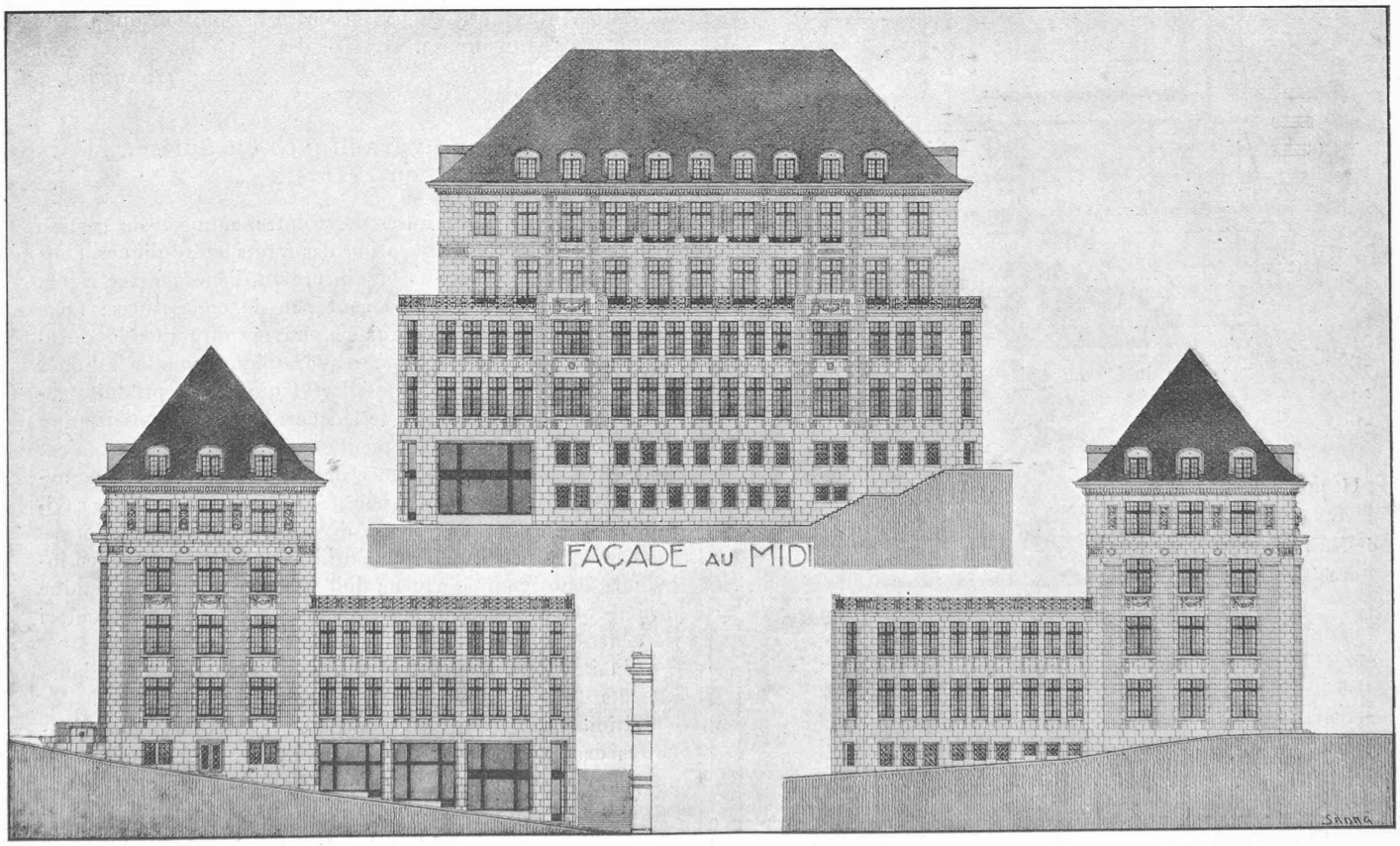


Fig. 22. — Diagramme des puissances disponibles de l'usine de l'Ackersand, en 1918 (avec dessableur primitif) et en 1919 (avec dessableur transformé).

CONCOURS POUR L'HOTEL DE LA SOCIÉTÉ DE BANQUE SUISSE, A LAUSANNE



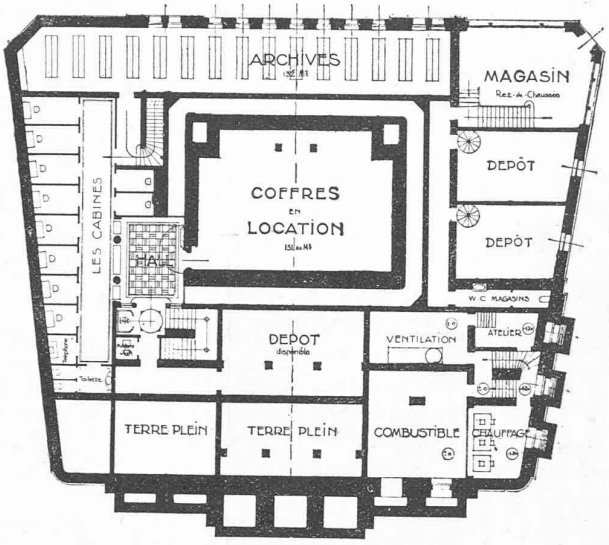
Perspective



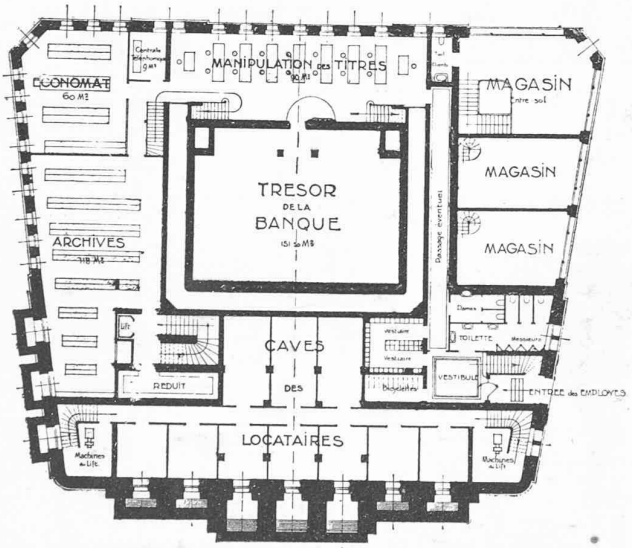
Façade ouest. Echelle — 1 : 500. Façade est.

IIe prix *ex-æquo :* Projet de MM. *Schorp et Huguenin*, architectes, à Montreux.

CONCOURS POUR L'HOTEL
DE LA SOCIÉTÉ DE BANQUE SUISSE, A LAUSANNE

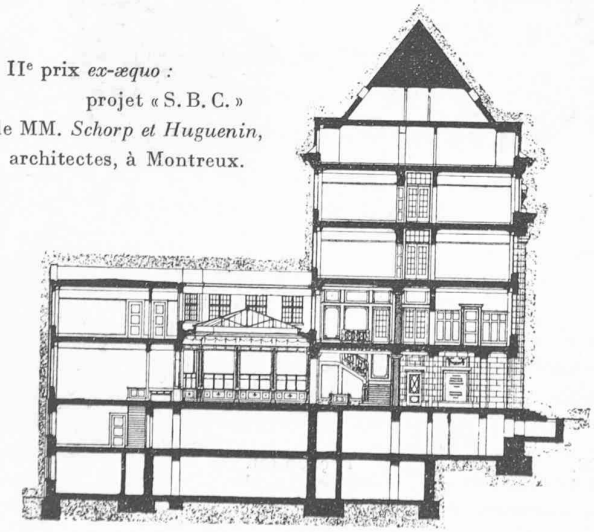


Plan du 2e sous-sol. — 1 : 500.



Plan du 1er sous-sol. — 1 : 500.

IIe prix *ex-æquo :*
projet « S. B. C. »
de MM. *Schorp et Huguenin,*
architectes, à Montreux.



Coupe transversale. — 1 : 500.

En terminant nous exprimons nos vifs remerciements aux sociétés propriétaires et constructeurs de turbines hydrauliques, nommées au cours de cette notice et tout spécialement à la *Société des Usines électriques de la Lonza*, qui ont bien voulu nous encourager dans nos travaux et nous autoriser à en publier les résultats.

Concours d'idées pour l'étude d'un projet d'hôtel de la Société de Banque Suisse, à Lausanne.

(Suite) [1]

2me prix *ex-æquo* — « *S. B. C.* ». — Ce projet est conçu d'une façon claire et pratique. Les plans du rez-de-chaussée et des sous-sols sont bien distribués ; par contre, au premier étage, la répartition des bureaux de la direction laisse à désirer. Au deuxième sous-sol, il serait nécessaise de supprimer les terre-pleins pous développer les services secondaires.

Au *rez-de-chaussée*, le double escalier des locataires nous paraît superflu ; l'escalier de la direction est écrasé par le dégagement prévu au premier étage. — L'entrée de service est bien placée; par contre les vestiaires et toilettes sont insuffisants ; une emprise sur les caves des locataires aurait permis de développer ces locaux. Profitons de l'occasion pour remarquer qu'aucun des concurrents n'a utilisé le dessous de la place St-François, qui est propriété de la Société, pour y loger des caves ou dépôts de charbon. — Les façades sont monumentales mais rappellent trop certain hôtel de banque de Zurich; nous critiquons en outre la solution du porche qui n'est pas heureuse. Les façades latérales sont bien conçues.

(A suivre).

Les forces hydrauliques en Suisse, en 1919.[2]

Dans les remarques faites dans notre rapport de gestion de l'année 1918 sur l'utilisation des forces hydrauliques, nous constations que malgré le besoin urgent d'énergie électrique, il avait été accordé relativement peu de concessions ; nous sommes heureux aujourd'hui de pouvoir dire que le développement actuel de nos forces hydrauliques semble indiquer d'une manière assez sûre que l'arrêt qui s'était produit pendant les premières années de la guerre dans la construction de nos usines est définitivement surmonté. Ce résultat n'est pas seulement la conséquence des mauvaises conditions actuelles et des perspectives peu réjouissantes de notre ravitaillement en charbon ; il est dû aussi au fait que l'on se rend compte peu à peu que l'utilisation de la puissance inhérente à nos cours d'eau ne doit pas être retardée et rendue difficile par des conditions exagérées s'appliquant à l'octroi de concessions.

De fait, les communautés concédantes sauvegardent leurs intérêts tout aussi bien en accordant des concessions à des conditions modérées qu'en émettant vis-à-vis des concessionnaires des exigences très élevées : elles favorisent une mise en valeur plus rapide de leurs forces hydrauliques et viennent ainsi plus vite en possession des redevances et des autres prestations auxquelles elles ont droit. Elles s'assurent de cette manière des avantages qui compenseront, dans la plupart des

[1] Voir *Bulletin technique* du 29 mai 1920, page 123.

[2] Extrait du rapport de gestion du Service des eaux du Département fédéral de l'Intérieur.