

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 46 (1920)
Heft: 7

Artikel: L'usure des turbines hydrauliques, ses conséquences et les moyens d'y parer
Autor: Dufour, Henri
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-35762>

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: 30.03.2025

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

les états-majors techniques qui lui sont indispensables, les autres tout autant, quoique d'une façon moins immédiate, puisque c'est d'eux que jaillit la vérité scientifique, source de vie et de progrès. Tous sont également intéressés à l'industrie puisque c'est d'elle qu'ils tirent leur outillage et quelquefois aussi des inspirations. C'est donc par le canal des laboratoires que s'établit la collaboration entre science et industrie. Or, il faut le dire hautement, parce qu'on ne s'en rend pas toujours suffisamment compte, sans l'intervention directe de la science l'industrie ne peut que languir, la plupart des progrès étant dus à l'emploi des méthodes scientifiques de travail. On l'a si bien compris ailleurs, dans les grandes nations industrielles, qu'on y a fondé sous la haute surveillance de conseils formés de savants et d'industriels de marque, et à côté de nombreux laboratoires bien outillés comme ceux dont je viens de parler, des *laboratoires nationaux* ayant pour fonction essentielle de se livrer à des recherches scientifiques d'intérêt général pour l'industrie, de préciser par des mesures multiples des faits connus d'une façon qualitative, d'étudier des procédés de mesure servant aux essais et de fixer le choix des grandeurs à mesurer pour définir les qualités des matériaux.

» Notre pays possède nombre de laboratoires, mais il y en a peu qui travaillent en collaboration avec l'industrie ou pour l'industrie. Notre Laboratoire national, centre du *Service fédéral des poids et mesures*, tend à devenir pour la Suisse ce que sont pour les Etats-Unis d'Amérique, l'Angleterre et l'Allemagne les grands instituts de Washington, Teddington et Charlottenbourg. Mais pour égaler ces derniers, toutes proportions gardées, il lui faudra du temps. Notre industrie qui plie sous le faix de mesures fiscales dont la formule est presque un défi, et qui devra user de toutes ses forces, de toute son énergie, pour rompre les barrières, que l'on voit déjà s'élever, aura besoin, plus que toute autre, du concours de la Science. Et je crois que la Science, de son côté, devra se rapprocher toujours plus de l'industrie pour y trouver les appuis moraux et matériels qui lui sont nécessaires et qui, je le crois aussi, ne lui feront pas défaut.

» Travaillons donc à ce rapprochement, pour le plus grand bien de notre pays. »

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

par HENRI DUFOUR, ingénieur, à Bâle.

(Suite)¹

Pour les propriétaires de turbines hydrauliques dont l'eau motrice charrie des alluvions, les frais d'achat et de montage des pièces de rechange, ainsi que la valeur des pertes d'énergie dues aux arrêts pour les revisions

et les réparations, sont faciles à récapituler. Ce qui est moins facile à établir, ce sont les pertes d'énergie résultant des mauvais rendements des turbines usées, puis les quantités et la nature des alluvions provoquant cette usure. La connaissance de ces éléments est pourtant nécessaire, si l'on veut se rendre compte de la valeur commerciale des pertes subies, de leurs causes, de la possibilité de les atténuer et du capital que l'on peut investir dans ce but.

Nous pensons donc intéresser les propriétaires de turbines et les ingénieurs s'occupant de ces questions un peu spéciales, mais si intéressantes de l'hydraulique pratique, en donnant ici les résultats d'études faites dans deux usines, travaillant sous des conditions toutes différentes, de chute et de débit.

II. Etudes à l'usine de Molinar (Espagne).

L'usine de Molinar sur le *Jucar*, appartenant à la « Sociedad Hidroelectrica Española », à Madrid, a fait l'objet d'une description détaillée, parue dans la *Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure*, 1912, volume 56, pages 1181 et 1237. Nous dirons ici seulement que cette usine dispose d'une chute utile d'environ 64 mètres et était munie, à l'époque des expériences que nous y avons faites, de trois turbines Francis jumelles à bêche frontale, donnant au maximum 8320 HP chacune. Comme il ressort de la publication de la *Z. d. V. J.*, ces turbines sont au point de vue de leur construction et de leur rendement à l'état neuf, de toute première qualité.

La fig. 8 montre quelle a été, d'avril 1910 à janvier 1913, soit en 21 mois, par le fait de l'usure des distributeurs et des roues motrices, la diminution de puissance de deux de ces turbines.

Pour la turbine N° III par exemple, les diminutions de puissance en fonction de la puissance à l'état neuf sont de :

| | | | | |
|---------------------------------------|-------|-------|-------|--------|
| Admission : | 100 % | 80 % | 70 % | 50 % |
| Diminution de puissance par l'usure : | 7,5 % | 9,3 % | 9,2 % | 11,7 % |

A l'aide des diagrammes de la fig. 8, puis des diagrammes du débit du *Jucar* et du coefficient d'utilisation de la puissance disponible, établis par le service d'exploitation, il est facile de calculer exactement la valeur commerciale des pertes d'énergie subies par l'usine de Molinar (qui possède plusieurs stations de réserve à vapeur) lorsque ses turbines sont usées.

III. Etudes à l'usine de Klösterli (Valais).

Les résultats qui vont suivre ont été obtenus à l'usine de Klösterli, sur la *Lonza*, en Valais, utilisant un débit limité par son tunnel d'amenée à 3000 litres par seconde (les jaugeages ont donné 2998 et 2999 litres par seconde) sous une chute utile en pleine charge de 218 mètres et dont l'équipement se compose de 7 turbines Girard de

¹ Voir *Bulletin technique*, N° du 21 février 1920, p. 41.

500 HP chacune et d'une turbine Pelton moderne de 3500 HP. La fig. 9 représente la prise d'eau, la fig. 10 une partie de la conduite et le bâtiment des machines de cette pittoresque et intéressante installation.

L'eau motrice charriant beaucoup d'alluvions, malgré toutes les mesures prises jusqu'à ce jour pour sa décanation, les turbines subissent chaque été une forte usure qui nécessite le remplacement fréquent des distributeurs

favorables que dans celles du type Girard. En quatre ans, le rendement moyen de cette turbine qui, à l'état neuf est de 81,6 %, descend par suite de l'usure de la roue motrice seule à 76,6 % ; à débit égal la diminution de puissance est donc de 6,1 % soit en moyenne seulement de 1,52 % par an. La diminution de puissance due à l'usure des distributeurs seuls n'a pas encore été déterminée. Selon les expériences faites par ailleurs elle peut

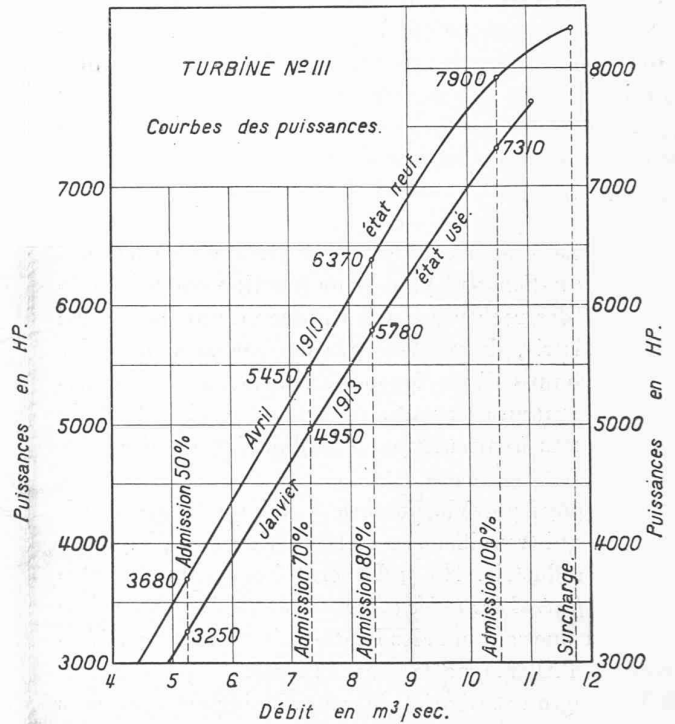
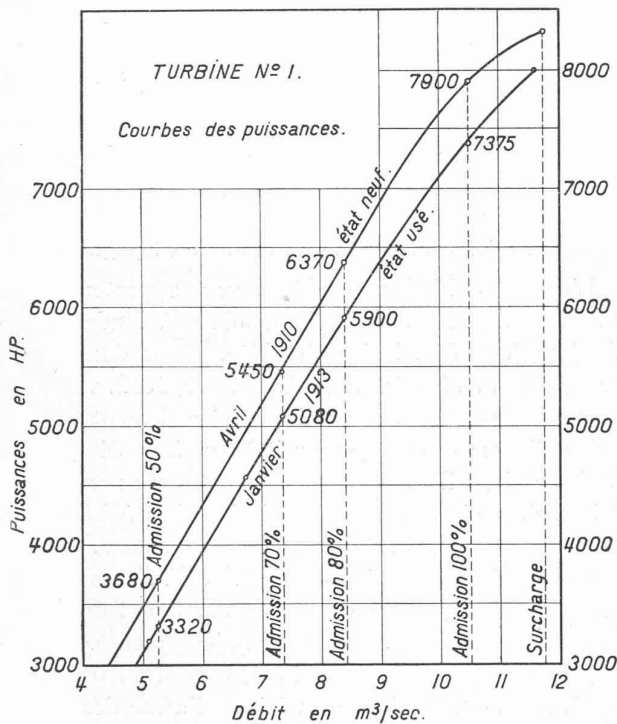


Fig. 8. — Diagrammes des puissances des turbines de l'usine de « Molinar » à l'état neuf et après 21 mois de service.

et des roues motrices. Dans le but d'établir les pertes d'énergie dues à cette usure, la Société des Usines électriques de la Lonza, à Bâle, propriétaire de cette usine, a fait déterminer le rendement des deux types de turbines à différents degrés d'usure. Les jaugeages par moulinets montés dans la conduite, donnèrent une parfaite concordance avec un jaugeage par titration exécuté par M. le prof. R. Mellet, de Lausanne ; les mesures électriques furent faites en partie par les soins du Laboratoire d'essais de la Société suisse des Electriciens (S. S. E.) de Zurich et en partie par les soins des Usines de la Lonza.

Dans les turbines Girard, dont le distributeur à bascule est en bronze, et la roue motrice en fonte grise, les fuites d'eau dues à l'usure du distributeur n'arrivent plus dans la roue motrice et sont perdues pour la production d'énergie. En une seule année le rendement de ces anciennes turbines qui, à l'état de neuf, est de 77 à 78 % tombe par l'usure à 59 % ; à débit égal, la diminution de puissance est donc de 23,8 %.

Avec la turbine Pelton, dont les distributeurs sont en acier cimenté et la roue motrice en fonte d'acier, les conditions de production d'énergie à l'état usé sont plus

être beaucoup plus forte que celle due à l'usure de la roue.

L'usine de Klösterli possède un wattmètre enregistreur étalonné sur place par les soins du Laboratoire d'essais de la S. S. E. En été, lorsque l'usine marche à plein débit, limité comme il est dit plus haut, par le tunnel, les diagrammes du wattmètre donnent pour chaque jour la puissance maximum produite par les turbines.

La ligne pointillée de la fig. 11 représente la marche de cette puissance dans les mois de juin à octobre 1917. Du 1^{er} au 16 juin, la puissance des turbines en partie usées par les alluvions des années précédentes, est seulement le 92,5 % de leur puissance à l'état neuf. Par suite de l'usure progressive, cette puissance descend régulièrement pour atteindre, le 1^{er} septembre, le 81,2 % de celle à l'état neuf.

La ligne pointillée montre aussi très clairement l'augmentation de puissance obtenue en octobre 1917 par les remplacements successifs de quatre distributeurs des turbines de 500 HP. Dès le 6 octobre la puissance des turbines atteint le 88,7 % de la puissance à l'état neuf.

Ces constatations engagèrent les Usines de la Lonza, à procéder pendant l'été de 1918 à une étude simultanée,

du transport des alluvions à travers les turbines et de la variation de leur puissance. Pour cela on préleva dans les canaux de fuite des turbines, matin et soir, chaque fois 100 litres d'eau, donnant par décantation le volume d'alluvions qu'ils contenaient et on utilisa de nouveau les diagrammes du wattmètre enregistreur.

Les chiffres qui vont suivre, relatifs aux volumes et aux poids des alluvions, sont légèrement inférieurs à la réalité. Cela provient du fait que, lors des prélèvements d'échantillons, la durée de la décantation dans les bidons de 10 litres chacun a été seulement d'une minute, comptée dès l'instant où l'eau était tranquille. La profondeur de l'eau dans les bidons étant de 200 mm., une partie des alluvions très fines dont la vitesse de précipitation dans l'eau est inférieure à $200 : 60 = 3,3$ mm. par seconde

qu'elles produisent et dans la possibilité de les éliminer avec un dessableur.

Les densités de deux échantillons de ces alluvions, telles qu'elles ont été définies par MM. les professeurs L.-W. Collet et R. Mellet ¹ sont :

| | |
|---|--------------|
| Densité réelle de l'alluvion desséchée : | 2,7 et 2,7 |
| Densité réelle de l'alluvion déposée dans l'eau : | 2,0 et 2,1 |
| Densité fictive de l'alluvion : | 1,67 et 1,79 |

La connaissance du débit de l'usine et du volume d'alluvions contenu dans les prélèvements journaliers de

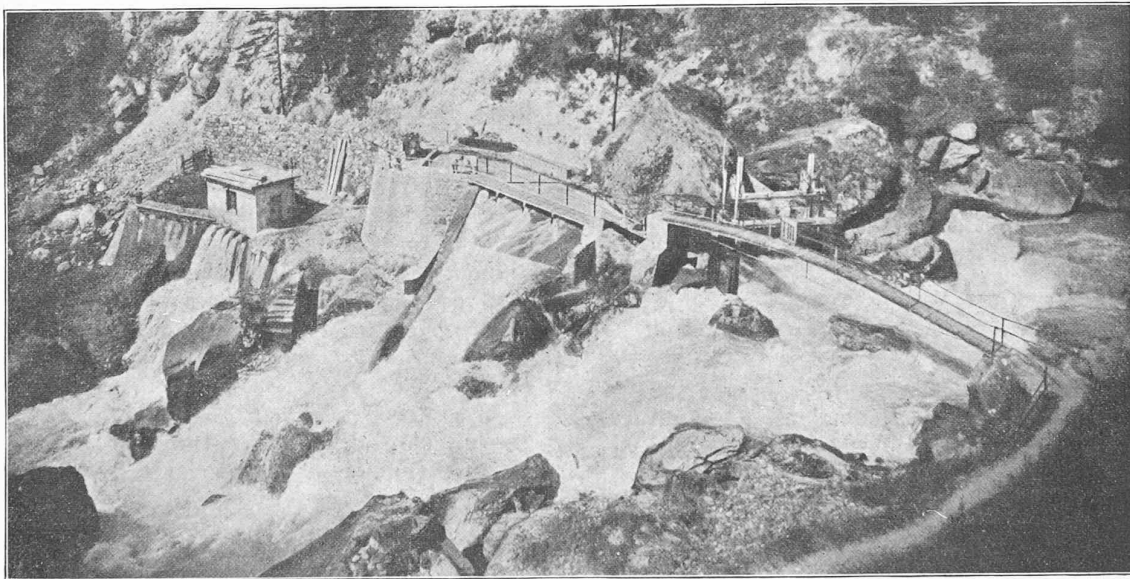


Fig. 9. — Prise d'eau de l'usine de Klösterli sur la Lonza, à Mittal.

est restée en suspension et n'a pas été mesurée avec les alluvions recueillies. C'est ce qui explique aussi les valeurs relativement élevées que nous avons trouvées pour les densités de ces alluvions.

La composition moyenne des alluvions recueillies pendant toute la période d'observation, au point de vue des dimensions de leurs grains, est donnée par la tablelle suivante :

| Diamètre des grains en m/m. | | | | | |
|--|---------|---------|----------|------------|--------|
| > 1,1 | 1,1-0,8 | 0,8-0,4 | 0,4-0,27 | 0,270-0,17 | < 0,17 |
| Volumes partiels en % du volume total. | | | | | |
| 14,9 | 10,8 | 34,2 | 21,5 | 11,0 | 7,6 |

Cette composition des alluvions joue, à côté de leur dureté non encore étudiée, un rôle important dans l'usure

200 litres, permet de calculer pour chaque jour, le volume d'alluvions ayant traversé les turbines.

La fig. 11 donne pour les mois de juin à octobre 1918 les diagrammes suivants :

Puissance de l'usine à plein débit et à pleine charge de 100 %, les turbines étant à l'état neuf.

Puissance de l'usine à plein débit, les turbines étant à différents degrés d'usure.

Transport d'alluvions journaliers en mètres cubes.

Transports d'alluvions en mètres cubes totalisés dès le 18 juin.

Ces diagrammes qui, ceci soit dit en passant, sont peut-être les premiers de ce genre ayant été publiés, donnent la relation directe entre les transports d'alluvions et la puissance de l'usine, influencée par l'usure des turbines. Nous nous permettrons de les commenter brièvement.

La période d'observation a duré 105 jours, le volume

¹ Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles, vol. 50, N° 185, p. 393, 1915.



Fig. 10. — Partie de la conduite et bâtiment des machines de l'usine de Klösterli.

d'alluvions transporté se monte à 3132 m³, soit environ 5220 à 5600 tonnes et la diminution de puissance à 10,4 % de la puissance des turbines à l'état neuf.

Le transport d'alluvions accuse deux vagues principales ayant à elles seules occasionné le 95 % de la diminution de puissance constatée. Ces deux vagues ont duré ensemble 32 jours soit seulement le 30,4 % de la durée de la période d'observation, elles ont transporté ensemble 2203 m³ soit exactement les 70,5 % du transport total d'alluvions. La table suivante donne les caractéristiques de ces deux vagues.

| DÉSIGNATION DE LA VAGUE | Durée de la vague Jours | ALLUVIONS TRANSPORTÉES | | |
|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| | | au total m ³ | moyenne par jour m ³ | maximum par jour m ³ |
| Vague du 17 au 26 juillet | 10 | 1058 | 105,8 | 193 |
| Vague du 17 août au 7 sept. | 22 | 1145 | 52,0 | 140 |

| DÉSIGNATION DE LA VAGUE | TENEUR EN ALLUVIONS PAR LITRE D'EAU | | | Diminution de la puissance de l'usine en % de sa puissance avec turbines à l'état neuf | |
|-----------------------------|--|---------------------------------------|-------------------------------------|--|------------------------|
| | moyenne de la vague cm ³ | maximum journalier cm ³ | maximum constaté cm ³ | pendant la vague % | par jour de vague % |
| Vague du 17 au 26 juillet | 0,408 | 0,75 | 0,86 | 6,51 | 0,65 |
| Vague du 17 août au 7 sept. | 0,201 | 0,54 | 0,61 | 3,44 | 0,16 |

L'usure des turbines de Klösterli, comme celle des turbines de Florida-Alta, est donc bien un phénomène tout naturel ne pouvant être supprimé que par le dessablage de l'eau motrice.

Le diagramme des puissances nous montre que déjà le 1^{er} juin, la puissance des turbines en partie usées par les alluvions des années précédentes n'était que le 92,5 % de la puissance avec turbines à l'état neuf. Après la première vague de 10 jours la puissance des turbines descend à 86,0 %, après la seconde de 22 jours à 82,1 % de celle avec turbines à l'état neuf. En septembre 1918 la diminution de puissance totale due à l'usure est donc de 17,9 %.

Le remplacement de 4 distributeurs et de deux roues motrices des turbines Girard a permis de revenir, le 23 octobre, à 89,5 % ; le remplacement des trois derniers distributeurs des turbines Girard et de la roue motrice de la turbine Pelton, (non représentés sur le diagramme), qui a eu lieu plus tard en hiver 1918-1919, de revenir à 99 % de la puissance avec turbines à l'état neuf, prouvant ainsi que seule l'usure de ces organes avait occasionné les pertes constatées en 1917 et 1918.

La surface hachurée représente la perte d'énergie due à l'usure, pendant les mois de juin à octobre 1918, elle se monte à 12,9 % de l'énergie qu'aurait produite l'usine avec des turbines à l'état neuf pendant le même temps. En 1916 cette perte était de 11,1 %, en 1917 de 13,5 %.

(A suivre.)

Destruction et restauration du bassin houiller du Nord de la France et du Pas-de-Calais.

La Société des ingénieurs civils de France, pensant qu'« à l'heure où la Nation allemande élève de tous côtés des difficultés de toutes natures et cherche à dégager par tous les moyens sa responsabilité, il était intéressant que certains documents, jusqu'ici peu répandus, fussent connus davantage », a bien voulu nous adresser le texte, illustré de 48 photographies documentaires, du beau discours que M. Ed. Gruner a prononcé en prenant possession du fauteuil présidentiel de cette Société, le 9 janvier dernier. Nous en reproduisons la dernière partie. — *Réd.*

Ce qu'est l'importance du désastre, quelques chiffres vous le préciseront :

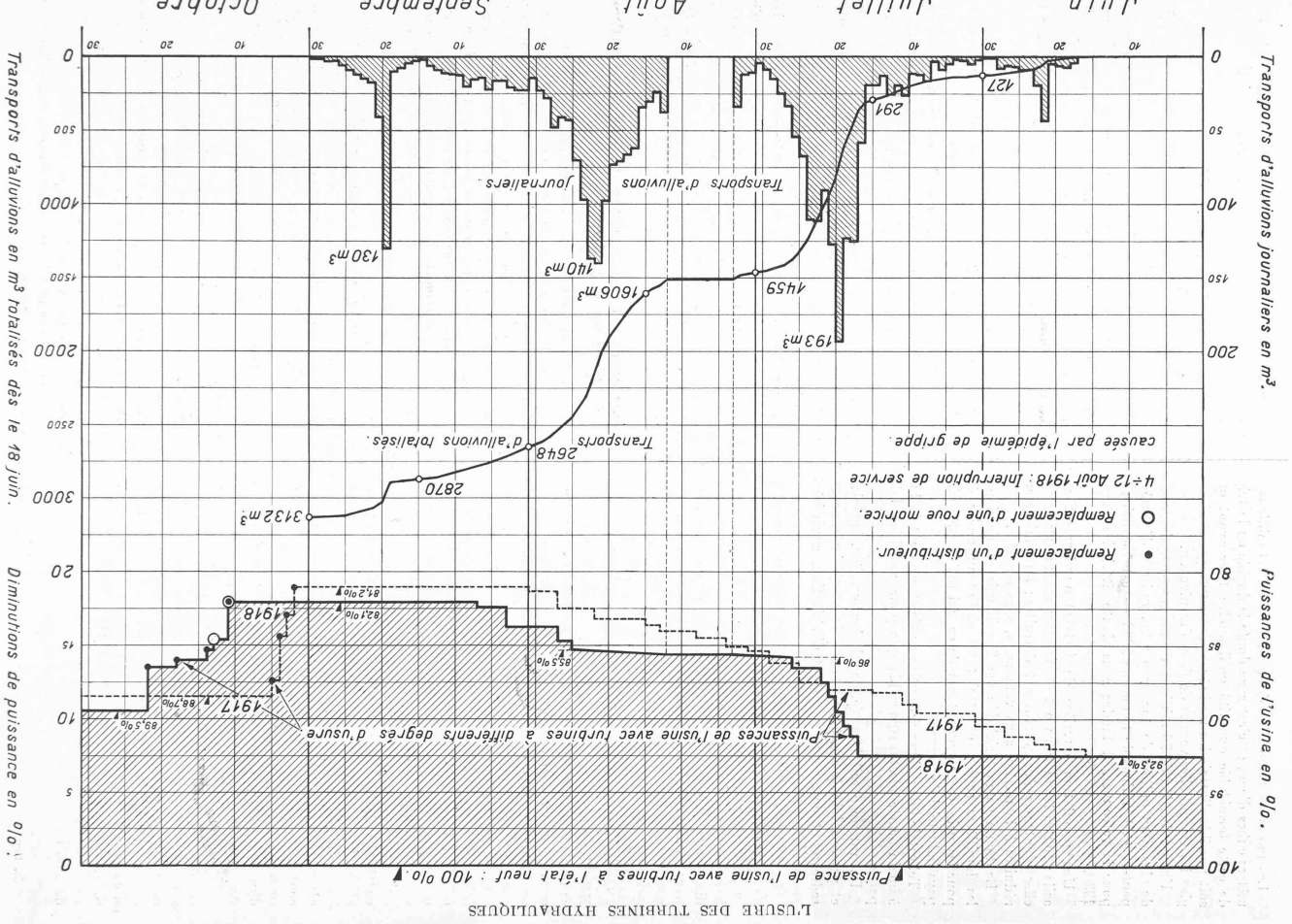
220 fosses sont rendues inutilisables pour plusieurs années ; quelques-unes ne seront remises en pleine exploitation que dans dix ans, quelque activité et science qu'on mette à les réorganiser.

Toutes les installations du jour ont été intégralement détruites.

Tous les ponts de routes et de chemins de fer ont été complètement coupés et effondrés et, le plus souvent, leurs culées en maçonnerie ont été bouleversées.

Sur des centaines de kilomètres, tous les rails ont été coupés et tordus aux éclissages ; toutes les prises d'eau, les réservoirs, les signaux ont été mis dans un état absolument irréparable. Les wagons et les locomotives qui n'ont pu être utilisés pour emporter le butin gisent avec leurs boîtes à graisse et leurs essieux brisés, leurs organes moteurs et leurs foyers tordus et percés.

Fig. 11. — Usine de Klosterli; graphique donnant la relation entre le transport des alluvions et la puissance disponible de l'usine, marchant à plein débit.



L'USINE DES TURBINES HYDRAULIQUES

Transports d'alluvions en m³ réalisés dès le 18 juin.

Puissances de l'usine en %.

Diminutions de puissance en %.