Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 51 (1925)
Heft: 21

Artikel: Evaluation de l'énergie des installations hydrauliques
Autor: Boucher, A.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-39538

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: 16.07.2025

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

51e année 10 octobre 1925 N° 21

BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

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

ORGANE DE PUBLICATION DE LA COMMISSION CENTRALE POUR LA NAVIGATION DU RHIN
ORGANE DE L'ASSOCIATION SUISSE D'HYGIÈNE ET DE TECHNIQUE URBAINES
ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

SOMMAIRE : *Evaluation de l'énergie des installations hydrauliques*, par M. A. Boucher, ingénieur. — *Cité-jardin « Nouvel-Aïre »*. — *Compte rendu de la première conférence internationale de l'énergie, à Londres*, par M. le Dr Ed. Tissot (suite et fin). — Correspondance : *Le projet d'utilisation des forces motrices de la Dixence (Valais)*. — Divers : *Vme Congrès de fonderie*. — Sociétés : *Société suisse des Ingénieurs et des Architectes*. — Carnet des concours. — *Service de placement*.

Evaluation de l'énergie des installations hydrauliques.[1]

par M. A. BOUCHER, ingénieur, à Prilly.

Lorsqu'on se propose de créer une force motrice hydraulique pour un emploi déterminé, ou d'y consacrer une installation hydraulique existante, on doit toujours commencer par se rendre compte de la quantité d'énergie qu'il est nécessaire de créer, ou d'obtenir de l'installation déjà existante.

Il faut s'assurer que chaque année il y aura une disponibilité d'un certain nombre de chevaux-heure ou de kilowatts-heure, et de plus, qu'au cours de l'année la puissance disponible ne descendra pas en dessous de certaines valeurs pendant plus d'un certain nombre d'heures ou de jours.

Ces quantités d'énergie dépendent de trois facteurs principaux :

1° Le rendement des machines, qui peut toujours être déterminé avec le degré de précision voulu ;

2° Les hauteurs de chute brute et nette qui peuvent aussi être déterminées avec précision ;

3° Les débits, soit quantités d'eau dont on peut disposer à différents moments.

C'est l'importance de ce dernier élément, éminemment variable, qu'il s'agit de déterminer, ou plutôt de prévoir.

Le débit des cours d'eau varie constamment, suivant les saisons et même les heures de la journée, mais pour un même cours d'eau ou des cours d'eau voisins, ces variations se meuvent dans des limites qu'on peut connaître lorsque la main de l'homme ne vient pas troubler l'œuvre de la nature. Ainsi, si sur le parcours d'un ruisseau ou d'une rivière se trouve un étang ou un lac naturel ou artificiel, et si ce réservoir est muni de vannes, la manœuvre de celles-ci modifiera avantageusement ou désavantageusement le débit du cours d'eau en le réglant ou en le déréglant plus ou moins pour satisfaire aux exigences plus ou moins légitimes des usiniers inférieurs dont les uns désirent la régularisation et les autres des excédents de puissances à certaines heures du jour ou de la nuit.

Dans les lignes qui suivent, nous ferons complètement abstraction des améliorations ou des aggravations causées par les accumulations artificielles ou naturelles, et nous ne considérerons que l'emploi de l'énergie hydraulique « au fil de l'eau ».

Le débit des cours d'eau est étroitement lié aux précipitations atmosphériques. En général le volume total des eaux écoulées par un bassin hydrographique au cours d'une année, c'est-à-dire d'un cycle complet de saisons, est inférieur à la somme des précipitations atmosphériques pendant les mêmes périodes. Une partie de l'eau qui tombe du ciel y retourne directement par évaporation, mais cette quantité n'est en général pas bien considérable sauf pour quelques régions privilégiées dans lesquelles on exploite des marais salants ou bien qui, comme dans la Basse-Egypte, ne peuvent vivre que grâce à des apports d'eau provenant d'autres régions. Il existe aussi des régions dans lesquelles les débits apparents des cours d'eau sont supérieurs à la somme des précipitations reçues par leurs bassins versants, du moins en apparence, car ces sommations ne tiennent compte que des indications des pluviomètres, et même des nivomètres, et ne peuvent tenir compte des condensations occultes, c'est-à-dire des eaux déposées par les brouillards et les rosées sur les végétaux. Elles ne tiennent pas compte non plus de très abondantes condensations hivernales en pays de plaine, sur la neige, et même estivales en pays de montagnes, car toutes les fois que l'air plus ou moins humide entre en contact avec la neige plus froide que lui, il y a nécessairement des condensations au moment du contact.

Cela a été observé magistralement par François Forel et relaté dans son étude du Léman. Il a observé que le volume total annuel sortant par l'exutoire unique est notablement supérieur à la sommation des pluviomètres et des nivomètres du bassin versant.

Il en est de même en Hollande. La plupart des villes de son littoral sont alimentées en eau potable par des pompes qui aspirent les eaux douces d'une nappe souterraine d'un périmètre bien déterminé par des drainages. En année sèche on a constaté que le débit annuel des

[1] Communication présentée au IIIe Congrès de la houille blanche, à Grenoble, en juillet 1925.

pompages était notablement supérieur à la quantité apparente reçue par les zones drainées.

Néanmoins il est bien certain que les débits annuels des cours d'eau sont fonction des précipitations atmosphériques et que leurs variations doivent être du même ordre de grandeur. C'est le cas pour les débits totaux annuels, mais au point de vue pratique industriel, il n'y

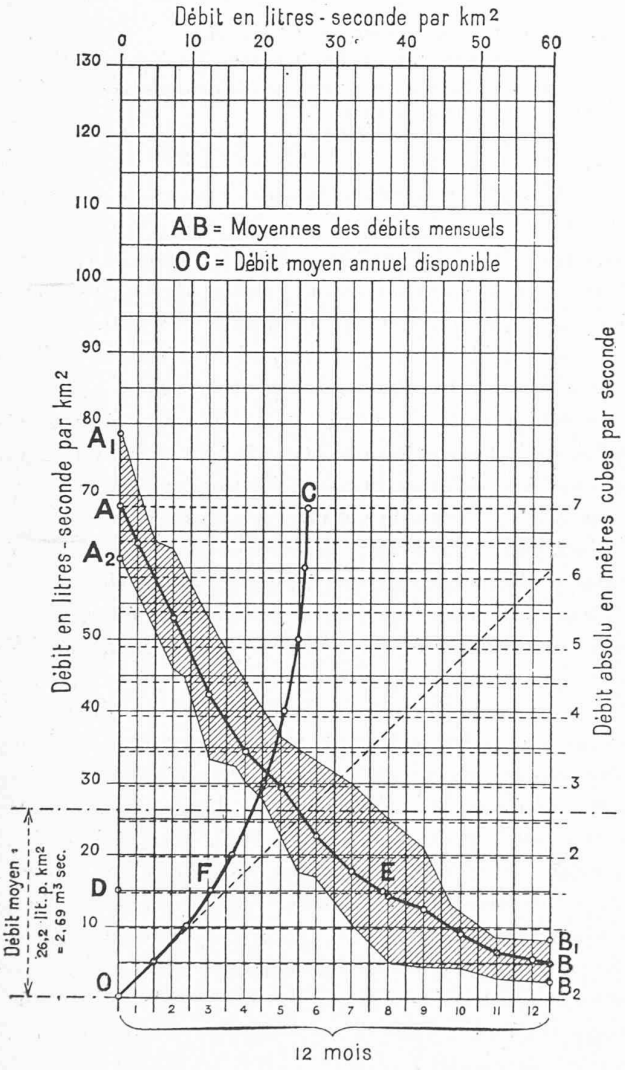

Fig. 1. — Le torrent de la Chaise, à Ugine.
Bassin versant : 103 km².
Altitude de la station de jaugeage : 401 m.
Années d'observation : 1905-1909.

a pas lieu d'envisager les débits totaux annuels mais seulement une fraction de ceux-ci qui, heureusement, a des variations moins importantes.

En effet, si nous considérons la plupart de nos cours d'eau en prenant pour unité leur moindre débit, il se trouve qu'en temps de crue le débit est plusieurs centaines de fois plus grand et par conséquent qu'on ne peut songer à employer toute l'eau, car il faudrait faire des installations beaucoup trop onéreuses et qui ne fonctionneraient que quelques jours ou même quelques heures par an.

Il faut donc nécessairement restreindre les programmes et envisager des installations débitant N fois le minimum.

Ce débit minimum, sauf pour des cas très exceptionnels et de très petits bassins versants, est proportionnel à la surface du bassin versant. Il convient de l'évaluer en litres par km^2 et par seconde. Sous cette forme il varie peu d'un bassin à un bassin voisin, et aussi d'une année à l'autre. Pour les Alpes, les Pyrénées et même la Scandinavie, le débit minimum caractéristique est en général voisin de 5 litres par km^2 et par seconde. Nous rappelons ici que le débit minimum caractéristique est celui au-dessous duquel un cours d'eau ne descend pas pendant plus de dix jours par an.

Donc, dans la plupart des cas, pour les Alpes et les Pyrénées, si l'on envisage des installations débitant au maximum 5 litres par km^2 et par seconde, elles pourront marcher en plein pendant 355 jours par an, et ne manqueront plus ou moins d'eau en année moyenne que pendant une dizaine de jours.

Mais le plus souvent il faut envisager des installations débitant beaucoup plus que 5 litres par km^2, et il faut tâcher de se rendre compte de ce qui se passera dans différents cas.

C'est là le but principal de notre étude qui n'est guère qu'une compilation des observations du service d'études des Grandes Forces hydrauliques de France, et de celles du Service fédéral des eaux en Suisse. Nous avons cherché à grouper les chiffres en les traduisant par des graphiques présentés sous des formes permettant de tirer des conclusions avec des degrés de précision déterminés.

Les éléments dont nous disposions nous ont permis de porter nos recherches sur les bassins du Rhône, du Rhin, de l'Isère, de la Durance, et aussi de l'Ariège, et nous avons établi pour ces différents cours d'eau leurs courbes caractéristiques pour plusieurs années. [1]

Ces courbes caractéristiques ont été établies de la manière suivante :

Pour chaque cours d'eau et pour chaque année d'observations, on a fait les moyennes des débits mensuels, et on les a classées par ordre de grandeur, les mois étant admis comme abcisses et les débits comme ordonnées, le premier mois étant celui du débit maximum. En général, les différents mois de l'année, pour différentes années et différents cours d'eau, occupent par ordre de grandeur approximativement le même rang, c'est-à-dire que les minima se produisent environ à la même époque comme aussi les maxima. Mais cela n'est pas une règle absolue. Il y a même dans certains cours d'eau des variations importantes. Ceux alimentés abondamment par la fonte des neiges et des glaciers des hautes montagnes n'ont chaque année qu'une seule période de basses-eaux, à la fin de l'hiver. Les cours d'eau alimentés par des neiges éphémères ont en général deux périodes de basses-eaux, l'une pendant les grands froids, et l'autre en été quand toutes les neiges sont fondues.

[1] Nous ne reproduisons que trois des 24 graphiques qui illustrent la communication originale de M. Boucher. *Réd.*

Pour les différents cours d'eau et pour les différentes stations, on a fait les moyennes des débits mensuels d'après les observations faites pendant plusieurs années, et cela a permis de construire pour chacun des cours d'eau une courbe telle que la courbe AB de la figure 1. Sur cette même figure 1 on voit aussi deux autres courbes $A_1 B_1$ et $A_2 B_2$ qui sont les courbes-enveloppes de toutes les années d'observations. On ne peut pas dire que la courbe $A_1 B_1$ représente le régime d'une année très humide et la courbe $A_2 B_2$ le régime d'une année très sèche. Ce sont les limites inférieure et supérieure des débits pendant les années où on a fait des observations.

Sur les graphiques des figures 2 et 3, on a figuré seulement la courbe $A B$ des moyennes mensuelles.

Sur ces graphiques il y a trois échelles de débits :

a) une échelle verticale à gauche, en litres par seconde et par km^2 ;

b) une échelle verticale à droite qui est celle des débits absolus en m^3 par seconde ;

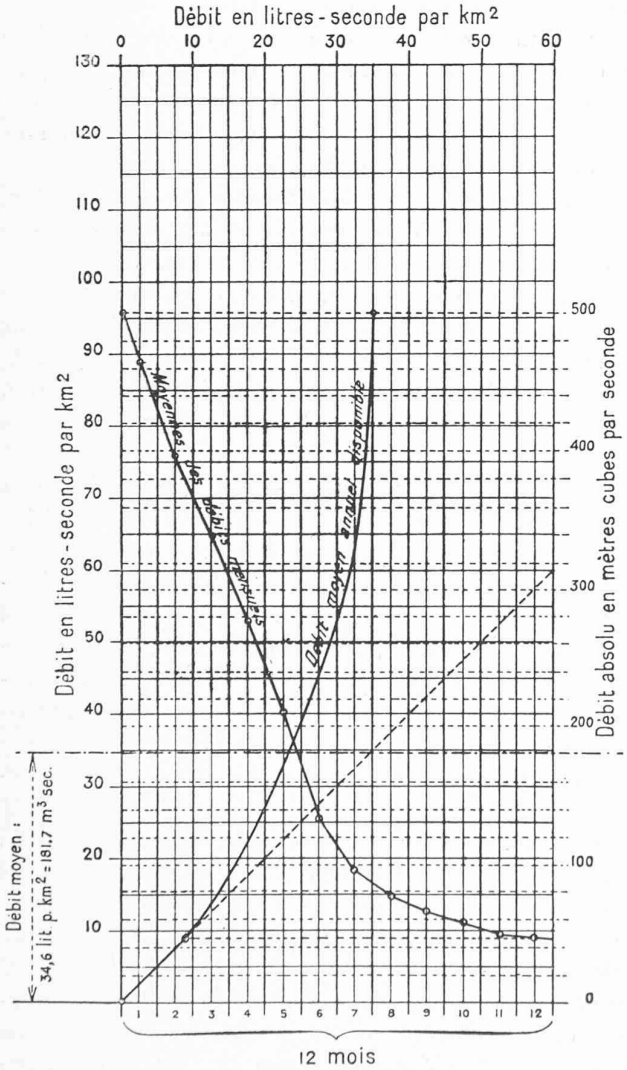

Fig. 2. — Le Rhône, à la Porte du Scex.
Bassin versant : 5220 km².
Altitude de la station de jaugeage : 374 m.
Années d'observation : 1917-1923.

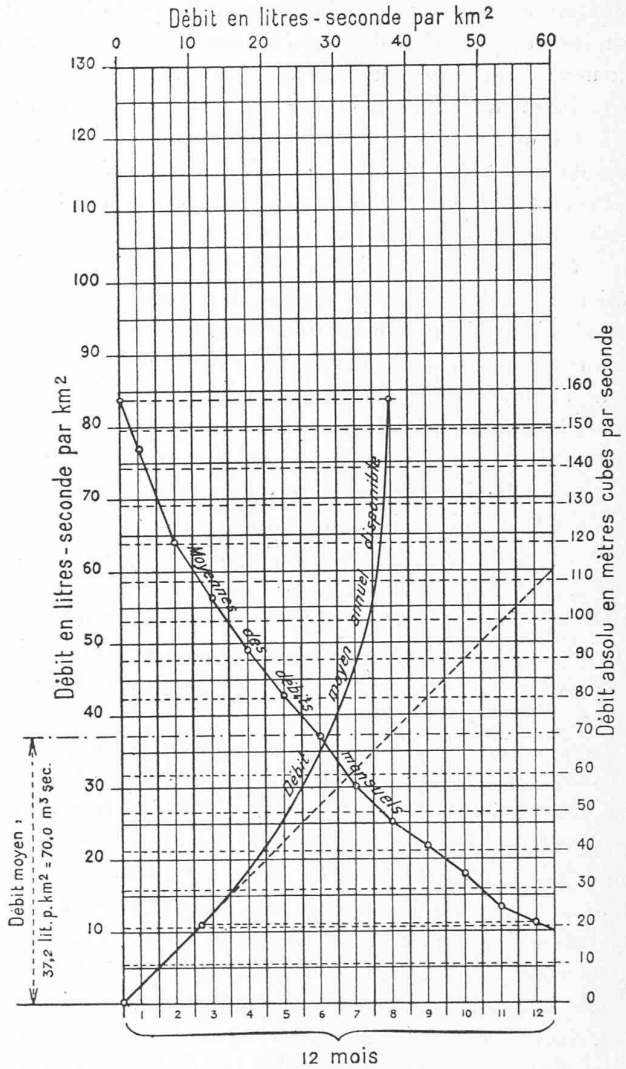

Fig. 3. — L'Arve, à Etrembières.
Bassin versant : 1877 km².
Altitude de la station de jaugeage : 402 m.
Années d'observation : 1905-1911.

c) une échelle horizontale, en haut, en litres par seconde et par km^2 ;

La quatrième échelle en bas, celle des abcisses, est graduée en temps soit en mois.

Si maintenant l'on examine la courbe moyenne $A B$ de la fig. 1, on voit que le débit le plus faible est d'environ 5 litres par kilomètre carré. Si l'on fait une installation de force motrice pour ce débit, on sera donc assuré de pouvoir, en année moyenne, marcher toute l'année à débit constant d'une façon continue. Seulement ce débit est toujours faible et il est naturel de faire une installation pour un débit plus élevé, quitte à marcher à débit réduit pendant une partie de l'année.

Dans ce cas, quel sera le débit moyen disponible pendant l'année qui pourra servir de base pour calculer le nombre de kilowatts-heure annuels sur lequel on pourra compter ? La seconde courbe $O C$ du graphique nous donne la réponse à cette question. Si, par exemple, on prévoit une installation de 15 litres par kilomètre carré, on

constate d'abord que ce débit maximum sera disponible pendant une fraction de l'année correspondant à la longueur *D E* du graphique (soit 225 jours).

La longueur *D F* (le point *F* étant un point de la courbe *OC*) représente alors le débit moyen annuel disponible, soit dans ce cas 12,9 litres par kilomètre carré.

Ceci expliqué, considérons un cas pratique d'utilisation de ces graphiques et supposons qu'on se propose de créer une force motrice sur l'Arve, dans sa partie inférieure, ou de se rendre compte de l'importance d'une installation existant déjà en cet endroit.

Admettons que cette installation sera faite ou soit faite pour un débit de 20 litres par *km*². L'inspection de la figure 3, et plus spécialement de la courbe des moyennes des débits mensuels, montre que, pendant neuf mois, cette installation marchera probablement en plein, et que pendant trois mois elle manquera plus ou moins d'eau sans cependant descendre en-dessous de la demi-puissance.

Si sur la même figure 3 nous considérons la courbe des débits moyens, nous voyons que pour une installation de 40 litres par km², le débit annuel moyen (indiqué au sommet de la figure) sera de 30 litres.

Ceci signifie que si on fait une installation capable de prendre une quantité d'eau correspondant à 40 litres par km² et si on la fait travailler de façon qu'elle absorbe les 40 litres toutes les fois qu'ils y sont et qu'elle prenne tout ce qu'il y aura le reste du temps, on aura pu disposer dans l'année d'un nombre de *chevaux-heure* ou de *kwh* égal à celui qu'on aurait obtenu si on avait disposé d'un débit constant de 30 litres par km².

Les indications données par les graphiques ne sont pas rigoureuses, puisque leurs éléments constitutifs varient d'une année à l'autre et d'un lieu à l'autre, mais ces variations sont relativement peu considérables.

L'inspection de la figure 1 montre l'importance de ces variations dans le temps pour un cas donné.

La comparaison des différents graphiques entre eux montre l'importance des variations d'un lieu à un autre et le peu d'importance de celles-ci pour les lieux voisins.

Cité-Jardin "Nouvel-Aïre"

La Cité-Jardin de *Nouvel-Aïre* créée par l'Etat de Genève sur l'initiative de M. Albert Perrenoud, alors Conseiller d'Etat, a été construite en 1923 et 1924 par MM. *de Morsier & Weibel* et *E. Odier*, architectes, sous les ordres d'une commission présidée par M. Elysée Streit.

La Cité comporte un ensemble de 44 logements de divers types de 3, 4 et 5 pièces, avec jardin, formant une rue et une place où les habitants du quartier trouvent, dans quelques magasins, les ressources nécessaires à tout ménage. (Voir les illustrations ci-contre.)

Elle s'élève entre Aïre et Châtelaine, et en dehors des grandes artères de circulation, sur une ancienne propriété d'agrément dont la villa de style avec ses dépendances, et les beaux groupes d'arbres, ont été soigneusement conservés.

Les constructions peuvent se définir sommairement comme suit :

Les types A et B à trois façades et un mitoyen ne diffèrent l'un de l'autre que par la toiture et les proportions.

Ils renferment un sous-sol entièrement excavé avec cave et buanderie, un rez-de-chaussée avec pièce commune (Wohnstube) et petite cuisine indépendante et une chambre à coucher ; au premier étage, deux chambres à coucher et une chambre de bain—W.-C. ; au comble une chambre mansardée et un grenier.

Le type C à trois façades également, d'un caractère spécialement genevois avec son escalier extérieur, contient deux appartements indépendants superposés.

Au rez-de-chaussée, un appartement de trois pièces avec deux chambres à coucher, bain-W.-C. et une pièce commune avec annexe servant de laboratoire, où tous les services de cuisine se trouvent réunis.

Au premier étage, accessible par l'escalier extérieur indépendant, un appartement de même nature, mais avec une chambre supplémentaire au comble.

Au sous-sol : une buanderie et un étendage communs aux deux appartements et trois caves.

Les types D, E et M, à deux façades et deux mitoyens, constituent le centre des groupes de logement en ordre contigu.

Les constructions *D* et *E* ont quatre pièces chacune dont une pièce commune avec annexe-laboratoire et trois chambres à coucher.

Le type *E* destiné spécialement à l'orientation nord-sud possède ses services et ses dégagements au nord et ses quatre pièces au midi.

Enfin le type *M* avec magasin, étudié spécialement pour la place, possède une arcade avec arrière, une cuisine et trois ou quatre chambres aux étages.

Toutes les constructions de *Nouvel-Aïre* sont entièrement excavées. Elles comportent sur rez-de-chaussée un seul étage et un comble partiellement habité. Dans chaque logement sont installés l'eau, le gaz, l'électricité, une buanderie et chambre de bain avec bouilleur électrique de 100 litres. Un poêle de faïence est placé dans la pièce commune avec bouches à chaleur dans toutes les chambres.

Les diverses constructions ont été groupées de la façon suivante (elles pourraient évidemment l'être d'autres manières) : quatre groupes *AA* et six *BB* en maisons jumelles, un groupe *AEEA ;* deux groupes *CDDDB* et un *CMMMMC*.

Les matériaux de construction sont : la pierre de Meillerie pour les sous-sols, et les plots creux à trois matelas d'air de 25 cm. d'épaisseur totale pour les murs en élévation.

Les tuiles vieillies et le crépissage rustique teinté contribuent à donner à ces constructions un caractère