**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens
**Band:** 31 (1940)
**Heft:** 11

**Artikel:** Frais d'établissement et d'exploitation des usines hydroélectriques suisses

**Autor:** Härry, A.

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-1058002

**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:** 22.08.2025

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

tension d'environ 200 volts contre terre ensuite d'un défaut d'isolement et d'une grande résistance de mise à terre. Un géomètre a été victime dans sa chambre de bain, du passage du courant d'une installation défectueuse sur un objet normalement sans tension (installation d'eau d'une chambre de bain). Ensuite de circonstances fortuites, il est mort, quoique la tension effective à laquelle il a été soumis n'était que d'environ 70 volts. Une description détaillée de cet accident se trouve dans le bulletin de l'ASE 1940, No. 1, à la page 21. Un soldat, de métier monteur de téléphone, a été tué alors qu'il était occupé à compléter une installation provisoire d'éclairage dans un cantonnement; il se trouvait sur de la maçonnerie mouillée et tenait un fil sous tension à la main. Le cas d'un maçon est aussi à citer; il perdit la vie en touchant le manteau de plomb d'une installation d'éclairage dans une écurie. Ce câble sous plomb était devenu défectueux ensuite de la désinfection de l'écurie après une période de fièvre aphteuse. L'accidenté se trouvait debout dans une flaque de lisier avec des souliers cloués quand il toucha le câble. Au sujet des précautions à prendre envers les installations électriques lors de la désinfection d'écuries, voir bulletin de l'ASE, année 1939, No. 4, page 117. Sept monteurs électriciens furent blessés pendant leur travail. Relevons un cas où le fusible d'un coupe-circuit unipolaire était placé dans le conducteur neutre et non dans celui de la phase, de sorte que l'installation à laquelle travaillait un jeune monteur est restée sous tension. Celui-ci pensait avoir fait le nécessaire pour sa protection après avoir enlevé le fusible de groupe.

# Frais d'établissement et d'exploitation des usines hydroélectriques suisses.

Par *A. Härry*, Zurich.

*Partant des chiffres à disposition, l'auteur donne un aperçu des frais d'aménagement et d'exploitation des usines hydro-électriques suisses. Pour ce faire, l'auteur a dû recourir dans une large mesure à des estimations. Il a admis une utilisation complète de l'énergie disponible et un taux de 5 % pour les intérêts des capitaux engagés. Il s'agit là d'une étude personnelle de l'auteur, sans aucune collaboration de la part des centrales ou d'instances officielles.*

*Auf Grund des zur Verfügung stehenden Materials wird ein Ueberblick über Baukosten und Betriebskosten der schweizerischen Wasserkraftwerke gegeben. Dabei war der Autor weitgehend auf eigene Schätzungen angewiesen. Angenommen wurde eine hundertprozentige Ausnutzung der disponiblen Energie und eine Verzinsung der Gelder von 5 %. Es handelt sich um eine persönliche Untersuchung des Autors, ohne irgendwelche Mitwirkung der Elektrizitätswerke und offiziellen Stellen.*

L'extrême variété des conditions hydrographiques de notre pays donne lieu à de très fortes différences dans les frais d'établissement et d'exploitation des usines hydroélectriques suisses. Il est donc intéressant d'établir un aperçu de ces frais en se basant sur des chiffres tirés de la pratique.

Dans sa Communication No. 23, le Service fédéral des Eaux a publié pour la première fois un rapport sur les frais de production de l'énergie électrique fournie par les usines hydroélectriques suisses (1927)[1]). Depuis lors, un grand nombre de nouvelles usines ont été aménagées. La présente étude en tient compte. Elle s'occupe également des frais d'établissement.

Nous distinguons, comme le fait le Service fédéral des Eaux, les catégories d'usines suivantes:

Usines à bassins d'accumulation annuelle,
Usines de pointe à bassins de compensation,
Usines au fil de l'eau sans bassin d'accumulation, divisées elles-mêmes en usines à basse chute et en usines à haute chute.

Nous avons considéré presque toutes les usines hydroélectriques suisses d'une puissance nominale dépassant 3000 kW, y compris les usines frontalières. Les données essentielles de chaque usine ou groupe d'usines ont été relevées dans un tableau. Ces chiffres sont tirés principalement de la Statistique des Entreprises électriques de la Suisse, édition de 1936, élaborée par l'Inspectorat des installations à courant fort de l'ASE. Ils ont été vérifiés et complétés au besoin d'après les rapports de gestion des entreprises ou les descriptions d'usines.

Le tableau sur lequel se basent les présentes considérations, contient les indications suivantes:

Désignation de l'usine, année de construction;
Puissance nominale en kW (puissance maximum normale au régime permanent des alternateurs);
Production annuelle moyenne possible;
Durée annuelle d'utilisation de la puissance nominale en heures;
Coût du barrage seul, coût des installations sans le barrage et frais d'établissement totaux;
Frais d'établissement moyens en fr./kW et fr./kWh;
Frais d'exploitation annuels en % des frais d'établissement;
Frais d'exploitation annuels du barrage seul (6 % des frais d'établissement);
Frais d'exploitation annuels des installations, sans le barrage totaux;
Frais d'établissement annuels en fr./kW et ct./kWh.

Le service fédéral des Eaux a calculé les frais d'établissement sur la base des prix en vigueur en 1927, à l'aide des facteurs de conversion suivants:

a) Modification des prix normaux;
b) Modifications des constructions ou des installations mécaniques pour les usines modernes (simplifications);
c) Modification de l'installation électrique.

Nous avons adopté sans changement ces conversions. Pour les usines construites depuis 1927, nous avons indiqué les frais d'établissement réels. Les

[1]) Wirtschaftliches über die Energieversorgung des Landes im Winter. Comm. No. 23 du Service fédéral des Eaux. Berne 1928.

frais d'établissement par kW de puissance nominale en fonction de la durée d'utilisation annuelle moyenne sont représentés sur la fig. 1.

Les frais d'exploitation annuels sont calculés séparément pour le barrage et pour les autres installations de l'usine. Pour les frais d'exploitation du barrage, on a admis le 6 % des frais d'établissement. Pour les autres parties des installations, nous

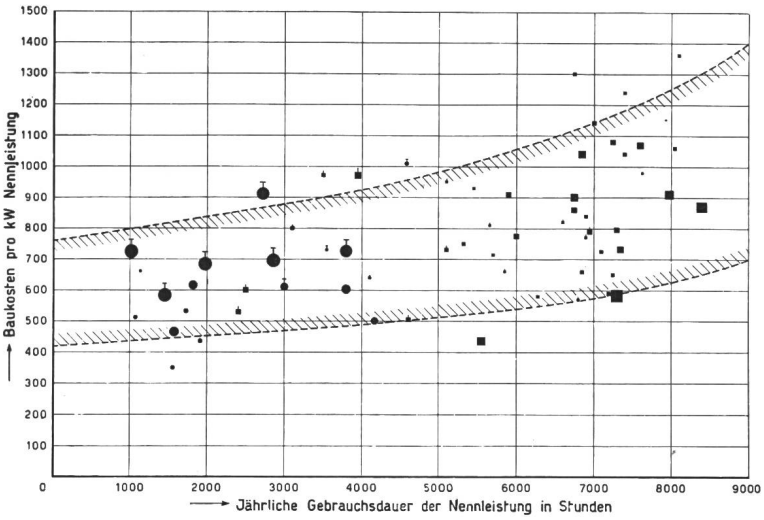


Fig. 1.

Frais d'établissement des usines hydroélectriques suisses, calculés d'aprs les prix de 1927/37, en fr./kW de puissance.

Légende:

- Usines à accumulation à grand barrage
- Usines à accumulation sans grand barrage
- Usine de pointe à bassin de compensation
- Usines au fil de l'eau sans bassin de compensation

avons calculé les frais d'exploitation annuels en pourcents en fonction de la durée d'utilisation annuelle (durée d'exploitation) et nous nous sommes servis dans ce but du diagramme établi par le Service fédéral des Eaux (fig. 2). Les frais d'exploitation annuels comprennent: intérêts du capital investi, amortissements divers et versements au fonds de renouvellement, administration, exploitation et entretien, impôts et taxes. Les intérêts annuels du

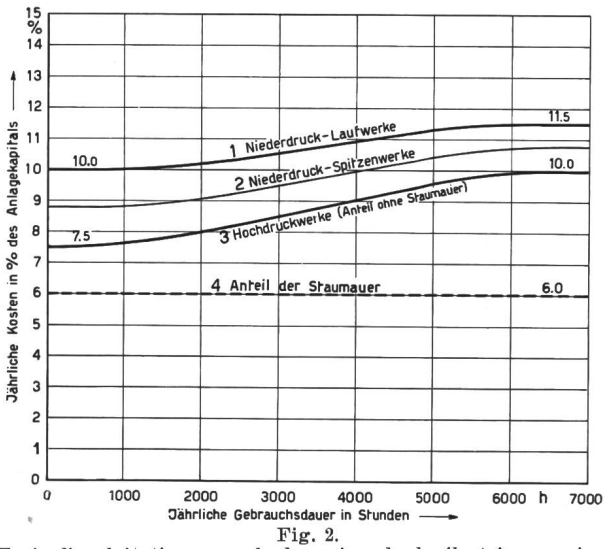


Fig. 2.

Frais d'exploitation annuels des usines hydroélectriques suisses en % des frais d'établissement, calculés d'après les prix de 1927/1937.

capital inverti ont été calculés uniformément au 5 % (y compris une prime de 0,5 % pour les risques).

Les frais d'exploitation annuels des usines à haute chute (sans les barrages) varient de 7,5 à 10,0 %, ceux des usines au fil de l'eau à basse chute de 10,0 à 11,5 % des frais d'installations; ceux des usines de pointe à basse chute atteignent des valeurs intermédiaires. Quand cela a été possible, les frais d'exploitation annuels effectifs ont été tirés des rapports de gestion des entreprises. Contrairement à la méthode du Service fédéral des Eaux, nous n'avons pas fait pour les usines à accumulation une distinction entre l'utilisation de l'énergie annuelle totale et celle de l'énergie pendant les six mois d'hiver, car les écarts des frais d'exploitation par kW sont peu importants. La fig. 3 montre les frais d'exploitation annuels en fr./kW de puissance nominale pour la durée d'utilisation annuelle correspondante.

L'enquête a porté sur 67 usines de l'intérieur du pays et frontalières. La puissance nominale de toutes ces usines atteint 1 691 410 kW et la production annuelle moyenne disponible $7408{,}7 \times 10^6$ kWh. Les frais d'établissement se montent à 1 240 900 000 fr. Les frais d'exploitation annuels moyens atteignent 114 331 500 fr., soit le 9,21 % des frais d'établissement. Les résultats de l'enquête sont groupés dans les tableaux I à V.

*Frais d'établissement par kW de puissance installée.*

Tableau I.

| Catégories d'usines | | Durée d'utilisat. annuelle moyenne possible en h | Frais d'établissement en fr./kW | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | min. | max. | moyenne |
| Usines à bassin d'accumulation annuelle . . . . | | 2355 | 350 | 1010 | 667 |
| Usines de pointe à bassin de compensation . . . | | 4276 | 510 | 970 | 749 |
| Usines au fil de l'eau, sans bassin de compensation | Basse chute | 7403 | 582 | 1360 | 871 |
| | Haute chute | 6396 | 435 | 1060 | 675 |
| Toutes les usines | | 4380 | 350 | 1360 | 734 |

Les résultats de la fig. 1 sont groupés au tableau III, qui indique les frais d'établissement par kW et kWh pour les conditions d'aménagement les plus favorables et les plus défavorables et pour di-

verses durées d'utilisation annuelles. Ce tableau montre nettement l'augmentation des frais d'établissement par kW et la diminution de ces frais par kWh pouvant être produit, en fonction de l'augmentation de la durée d'utilisation.

*Frais d'établissement par kWh de production possible.*

Tableau II.

| Catégories d'usines | | Frais d'établissement en fr./Wkh | | |
|---|---|---|---|---|
| | | minimum | maximum | moyenne |
| Usines à bassin d'accumulation annuelle . . . . | | 0,120 | 0,800 | 0,283 |
| Usines de pointe à bassin de compensation . . . | | 0,084 | 0,277 | 0,174 |
| Usines au fil de l'eau, sans bassin de compensation | Basse chute | 0,080 | 0,193 | 0,118 |
| | Haute chute | 0,078 | 0,170 | 0,106 |
| Toutes les usines | | 0,078 | 0,800 | 0,167 |

Les résultats de la fig. 3 sont groupés au tableau V, qui indique les frais d'exploitation annuels par kW et kWh pour les conditions d'établissement les plus favorables et les plus défavorables et pour diverses durées d'utilisation annuelles. On notera que les frais d'exploitation par kW augmentent et que les frais par kWh diminuent quand la durée d'utilisation augmente.

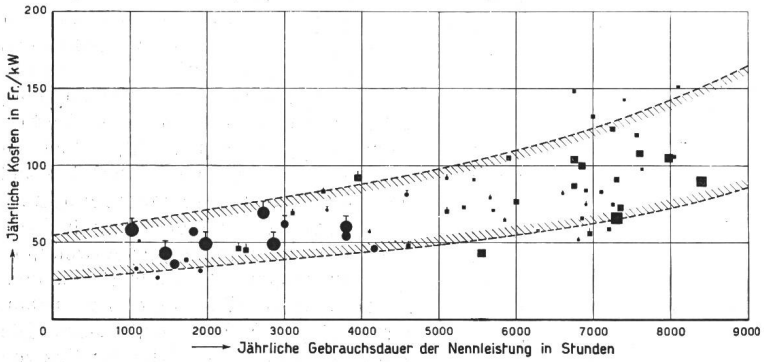


Fig. 3.
Frais d'exploitation annuels des usines hydro électriques suisses en fr./kW de puissance nominale.

*Frais spécifique d'établissement pour des conditions favorables et défavorables.*

Tableau III.

| Durée d'utilisation annuelle en h | Frais d'établissement en fr./kW et fr./kWh pour des conditions d'aménagement | | | |
|---|---|---|---|---|
| | favorables | | défavorables | |
| | fr./kW | fr./kWh | fr./kW | fr./kWh |
| 500 | 430 | 0,860 | 780 | 1,560 |
| 1000 | 435 | 0,435 | 800 | 0,800 |
| 2000 | 450 | 0,225 | 835 | 0,417 |
| 3000 | 470 | 0,157 | 880 | 0,294 |
| 4000 | 490 | 0,122 | 925 | 0,231 |
| 5000 | 510 | 0,102 | 980 | 0,196 |
| 6000 | 540 | 0,090 | 1055 | 0,175 |
| 7000 | 570 | 0,081 | 1140 | 0,163 |
| 8000 | 625 | 0,078 | 1240 | 0,155 |

Les frais de production par kW-an au départ de l'usine atteignent en moyenne 108,62 fr. pour les usines au fil de l'eau. Dans le cas d'une exploitation avec interconnexion, ce chiffre est plus élevé, par suite de l'énergie de complément, ainsi que des frais et des pertes d'énergie occasionnés par les installations de transmission.

*Frais spécifiques d'exploitation.*

Tableau IV.

| Catégories usines | Production d'énergie annuelle moyenne possible en $10^6$ kWh | Frais d'exploitation annuels | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | fr./kW | | | ct./kWh | | |
| | | min. | max. | moy. | min. | max. | moy. |
| Usines à bassin d'accumulation annuelle | 2054,3 | 27,3 | 81,0 | 52,3 | 1,10 | 5,69 | 2,22 |
| Usines de pointe à bassin de compensation . . . . . | 742,8 | 45,0 | 92,0 | 65,4 | 0,77 | 2,32 | 1,52 |
| Usines au fil de l'eau, sans bassin de compensation | | | | | | | |
| Basse chute . . . | 3551,1 | 66,2 | 156,0 | 96,3 | 0,91 | 2,20 | 1,30 |
| Haute chute . . | 1060,5 | 58,3 | 106,0 | 57,1 | 0,77 | 1,67 | 1,04 |
| Toutes les usines | 7408,7 | 27,3 | 156,0 | 67,6 | 0,77 | 5,69 | 1,54 |

*Frais spécifiques d'exploitation pour des conditions favorables et défavorables.*

Tableau V.

| Durée d'utilisation annuelle moyenne possible en h | Frais d'exploitation annuels en fr./kW et ct./kWh pour des conditions d'établissement et d'exploitation | | | |
|---|---|---|---|---|
| | favorables | | défavorables | |
| | fr./kW | ct./kWh | fr./kW | ct./kWh |
| 500 | 28 | 5,60 | 59 | 11,80 |
| 1 000 | 30 | 3,00 | 63 | 6,30 |
| 2 000 | 34 | 1,70 | 70 | 3,50 |
| 3 000 | 39 | 1,30 | 80 | 2,67 |
| 4 000 | 43 | 1,08 | 88 | 2,20 |
| 5 000 | 49 | 0,98 | 97 | 1,94 |
| 6 000 | 55 | 0,92 | 109 | 1,82 |
| 7 000 | 62 | 0,89 | 124 | 1,78 |
| 8 000 | 70 | 0,87 | 140 | 1,74 |

Notons à ce sujet que l'on a admis une utilisation *complète* (100 %) de l'énergie moyenne disponible à l'usine, ainsi qu'un intérêt de 5 % sur les capitaux investis (y compris une prime de 0,5 % pour les risques). Il s'agit donc des *prix de revient proprement-dits* sans aucun bénéfice pour l'entreprise. Si l'on admet une utilisation de 85 % en moyenne de l'énergie disponible et un intérêt de 6,5 % en moyenne, les chiffres indiqués augmentent d'environ 37 %.