L’échelonnement des taux maximums des redevances hydrauliques selon la réglementation fédérale

Autor(en): **Chavaz, Fernand**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **80 (1962)**

Heft 22

PDF erstellt am: **27.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-66163

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

L'échelonnement des taux maximums des redevances hydrauliques selon la réglementation fédérale

DK 336.2:621.29

Par **Fernand Chavaz,** ingénieur EPF, sous-directeur du Service fédéral des eaux, Berne

I. Introduction

Jusqu'au 1er janvier 1918, date de l'entrée en vigueur de la loi fédérale sur l'utilisation des forces hydrauliques du 22 décembre 1916 — loi que nous appellerons ici «la loi fédérale» — les cantons avaient toute latitude pour fixer les taxes et les redevances dues pour l'utilisation des forces hydrauliques.

La compétence de la Confédération d'intervenir dans ce domaine est définie dans les alinéas 5 et 6 de l'article 24bis de la Constitution fédérale, adopté le 25 octobre 1908. Il en résulte que la législation fédérale peut bien fixer aux cantons des limites quant aux redevances dues par les concessionnaires de forces hydrauliques, mais que ces redevances appartiennent aux cantons ou autres ayants droit selon la législation cantonale; cette règle est aussi valable pour les concessions qu'il appartient à la Confédération d'octroyer. Le but que poursuit la Constitution en permettant à la Confédération de limiter les redevances hydrauliques ressort de l'article constitutionnel: sauvegarder l'intérêt public et assurer l'utilisation rationnelle des forces hydrauliques. La Confédération a donc pour mission de veiller à ce que les redevances ne puissent constituer une entrave à la mise en valeur des forces hydrauliques. Grâce à celles-ci, notre pays a pu s'approvisionner lui-même en énergie électrique et se rendre indépendant de l'étranger dans ce domaine.

La loi fédérale a fixé dans les articles 49, 50 et 51 les limites dans lesquelles les ayants droit peuvent percevoir les redevances hydrauliques. Dans sa teneur initiale, l'article 49, 1er alinéa, prescrivait que la redevance annuelle ne pouvait excéder 6 francs par unité de puissance, soit par cheval théorique (75 kilogrammètres par seconde), et ceci, quelle que soit la qualité de la force utilisable. Le règlement concernant le calcul des redevances en matière de droits d'eau du 12 février 1918 a précisé les modalités d'application.

A la suite d'un postulat déposé en 1947 par le Conseiller national Joseph Kuntschen, les Chambres fédérales ont adopté le 20 juin 1952, une modification de cet article 49. Selon sa nouvelle teneur, le taux maximum a été porté à 10 francs, mais en même temps, le Conseil fédéral a été chargé «de le réduire partiellement jusqu'à 6 francs, suivant la durée des débits utilisables», et d'édicter les dispositions nécessaires à cet effet.

Au cours des délibérations aux Chambres, le représentant du Conseil fédéral comme les rapporteurs des commissions parlementaires furent unanimes pour estimer que cette réduction devait correspondre aux directives sur lesquelles avait été fondé un premier avant-projet de modification du règlement de 1918 dressé par le Service fédéral des eaux, puis porté à la connaissance des commissions parlementaires où il avait servi de base à leurs délibérations. Ces directives étaient les suivantes:

1. La moyenne des taux maxima pour l'ensemble de la Suisse devrait être de 9 francs environ par cheval théorique.
2. Sauf exceptions, le taux moyen de la redevance pour chaque usine ne devrait pas être inférieur à 8 francs par cheval théorique.
3. La construction d'usines à accumulation devrait être favorisée en leur appliquant des taux moyens relativement bas.
4. La régularité interannuelle des débits est un facteur dont on tiendra compte, ce qui permettra d'obtenir des taux relativement plus élevés pour les cantons de montagne.

Notre service fut naturellement chargé de poursuivre ses études et de mettre au point les modifications à apporter au règlement de 1918, ceci en collaboration avec les cantons, la Commission fédérale de l'économie hydraulique et les groupements intéressés: l'Association suisse pour l'économie des eaux et l'Union des centrales suisses d'électricité.

Nous avons pensé qu'il y aurait quelque intérêt à décrire brièvement les études en question, surtout celles de nature hydrologique. D'ailleurs, le développement de la technique conduit à la réalisation d'aménagements toujours plus complexes. Or, il aurait été pratiquement impossible d'établir un règlement d'application précisant exactement comment devait être traité chaque nouveau cas particulier. Il a fallu au contraire se borner à statuer les principes à la lumière desquels chacun de ces cas devait être examiné. Un aperçu sur ces principes et les considérations qui les ont fait adopter devrait donc, le cas échéant, faciliter un arrangement équitable entre autorités concédantes et concessionnaire au sujet de leur interprétation et de leur application. Rappelons à ce propos qu'au cas où un tel arrangement ne pourrait être trouvé, le différend devrait être porté devant les autorités judiciaires compétentes: l'autorité judiciaire cantonale en première instance, le tribunal fédéral statuant comme cour de droit public en seconde instance (art. 71 de la foi fédérale).

Relevons aussi en passant que les redevances annuelles en matière de droits d'eau constituent un élément très important des prestations des entreprises hydroélectriques en faveur de la collectivité; c'est ainsi qu'une enquête effectuée récemment auprès de tous les cantons a montré que le montant total de ces redevances, y compris l'impôt spécial prélevé dans certains cantons où ce sont des communautés subordonnées qui sont propriétaires des forces hydrauliques, a été de l'ordre de 25 millions de francs en 1960.

Les articles 50 et 51 de la loi fédérale n'ont pas été touchés par la modification de 1952. Ce dernier article 51 définit la puissance déterminante pour le calcul de la redevance; en effet, il aurait été vain de fixer un taux unitaire maximum des redevances, si, en même temps, on n'avait pas précisé la manière de déterminer la puissance à laquelle ce taux doit être appliqué. Suivant cet article 51, la puissance à mettre en compte est basée sur la production possible, calculée en valeurs brutes (force hydraulique brute). On estima en effet que les redevances en matière de droits d'eau devaient être assimilées à un loyer ou mieux encore à un fermage, ceux-ci étant dûs quelle que soit la manière dont le locataire ou le fermier utilise la chose louée ou affermée. L'article 51 ne fait cependant qu'énoncer les principes et laisse au Conseil fédéral le soin d'édicter les dispositions de détail nécessaires. Celles-ci se trouvent dans le règlement du 12 février 1918.

II. Les divers régimes de nos cours d'eau

Si l'on compare les courbes de durée des débits de nos cours d'eau, on constate qu'on peut classer ces derniers en trois catégories principales:

A. Les cours d'eau de *régime glaciaire;* ce régime est celui de la plupart des rivières descendant des Alpes.

B. Les cours d'eau de *régime pluvio-nival;* c'est en particulier le régime des rivières des Préalpes et du Jura.

C. Les cours d'eau de *régime complexe;* c'est notamment celui des grandes rivières du Plateau, émissaires des grands lacs subalpins: le Rhin en aval du lac de Constance, la Limmat en aval du lac de Zurich, la Reuss en aval du lac des Quatre-Cantons, l'Aar en aval du lac de Thoune et le Rhône en aval du lac Léman.

Le *régime glaciaire* est caractérisé par deux périodes bien distinctes: à une abondance estivale extrême succède un étiage hivernal prolongé et très accusé. Les écarts entre les débits d'été et d'hiver sont donc considérables. Mais ces grandes fluctuations saisonnières, en elles-mêmes défavorables, sont compensées, au moins partiellement, par la régularité de la périodicité annuelle et les variations relativement faibles des débits annuels cumulés. Dans ce régime, ce sont en effet les débits d'été qui impriment leur caractère à l'année puisqu'ils représentent à eux seuls jusqu'au 90% du débit annuel total. Or si l'été est chaud et sec, c'est la fonte des glaciers qui assure des débits importants; ce sont au contraire les précipitations, notamment celles tombant sur

les parties inférieures du bassin versant, qui garantissent des débits encore intéressants, même si l'été est froid et humide.

Le *régime pluvio-nival* est celui des cours d'eau qui prennent naissance dans les Préalpes ou le Jura: il est caractérisé avant tout par l'irrégularité des débits. Des crues peuvent se produire en toute saison. Celles-ci sont cependant les plus fréquentes en hiver. C'est aussi durant cette saison ainsi qu'au printemps, que les débits sont en général les plus abondants. En été et en automne se produisent souvent des périodes d'étiage très prononcé. A l'encontre du régime alpin, on note non seulement une dissimilitude des variations saisonnières, mais encore une forte variation des apports totaux, d'une année à l'autre.

Le *régime complexe* de nos grands cours d'eau est dû, d'une part au fait que leur bassin de réception comprend des régions différentes tant au point de vue géographique qu'au point de vue climat de sorte que le régime de leurs apports est lui aussi différent, d'autre part à l'influence compensatrice des lacs naturels et des bassins d'accumulation. Ainsi, le fait que ces cours d'eau subissent l'influence de facteurs très variés, parfois même contradictoires, leur assure un régime relativement régulier au cours d'une même année comme aussi lorsqu'on considère une période beaucoup plus longue. Le régime de ces cours d'eau est donc — vu sous l'angle de la production hydroélectrique — particulièrement favorable.

En réalité, il existe toute une gamme de régimes intermédiaires entre les régimes-types décrits ci-dessus.

La figure 1 représente, pour l'année 1960, les courbes chronologiques et les courbes des débits classés — ou courbes de durée — des débits moyens journaliers de deux cours d'eau dont les régimes sont très caractéristiques: la Viège à Viège (type glaciaire) et le Doubs à Ocourt (type pluvio-nival). La figure 2 donne les courbes des débits classés de différents cours d'eau des trois types principaux ainsi que celles de quelques rivières dont le régime est moins caractéristique. L'examen de ces courbes montre, par exemple, que le régime de la Sarine à Fribourg a été amélioré par l'aménagement du lac de la Gruyère d'un manière telle qu'il est maintenant semblable à celui du Rhin à Rheinfelden. Cette amélioration du régime est encore plus prononcée pour d'autres cours d'eau, par exemple pour l'Aa de Sarnen depuis la construction de l'usine du lac de Lungern.

III. Echelonnement du taux de la redevance des usines au fil de l'eau

La valeur des forces hydrauliques dépend de la durée des débits utilisables. En effet, les frais de construction comme ceux d'exploitation par unité de production d'une force hydraulique disponible pendant toute l'année sont inférieurs à ceux d'une force à disposition pendant quelques mois seulement. Si, de plus, comme c'est le cas en général, ces mois sont des mois d'été, les frais en question seront encore plus élevés puisque le concessionnaire devra créer un bassin d'accumulation s'il veut pouvoir disposer de cette énergie en hiver, c'est-à-dire durant la saison où elle est la plus demandée et où son prix de vente est par conséquent le plus élevé. Nous envisagions donc, au début de nos études, de prévoir un mode de calcul du taux maximum de la redevance analogue à celui en vigueur depuis longtemps dans le canton d'Argovie où c'est la courbe des débits classés qui sert de base au calcul de la redevance et où les puissances ou fractions de puissance disponibles sont subdivisées en 3 catégories affectées chacune d'un taux différent selon le nombre de mois pendant lesquels ces puissances sont à disposition.

Un examen de ce dispositif nous a montré toutefois qu'une solution de ce genre — solution satisfaisante pour le canton d'Argovie où toutes les grandes rivières: Aar, Reuss, Limmat, Rhin présentent un régime analogue — ne conviendrait pas à la Suisse tout entière, vu la diversité des régimes de nos cours d'eau. En effet, si l'on avait choisi des taux adaptés au régime des grands cours d'eau du Plateau, la redevance des usines utilisant des rivières d'autres régimes, notamment celles à régime glaciaire, aurait été réduite très fortement. Or, la régularité interannuelle du débit de ces

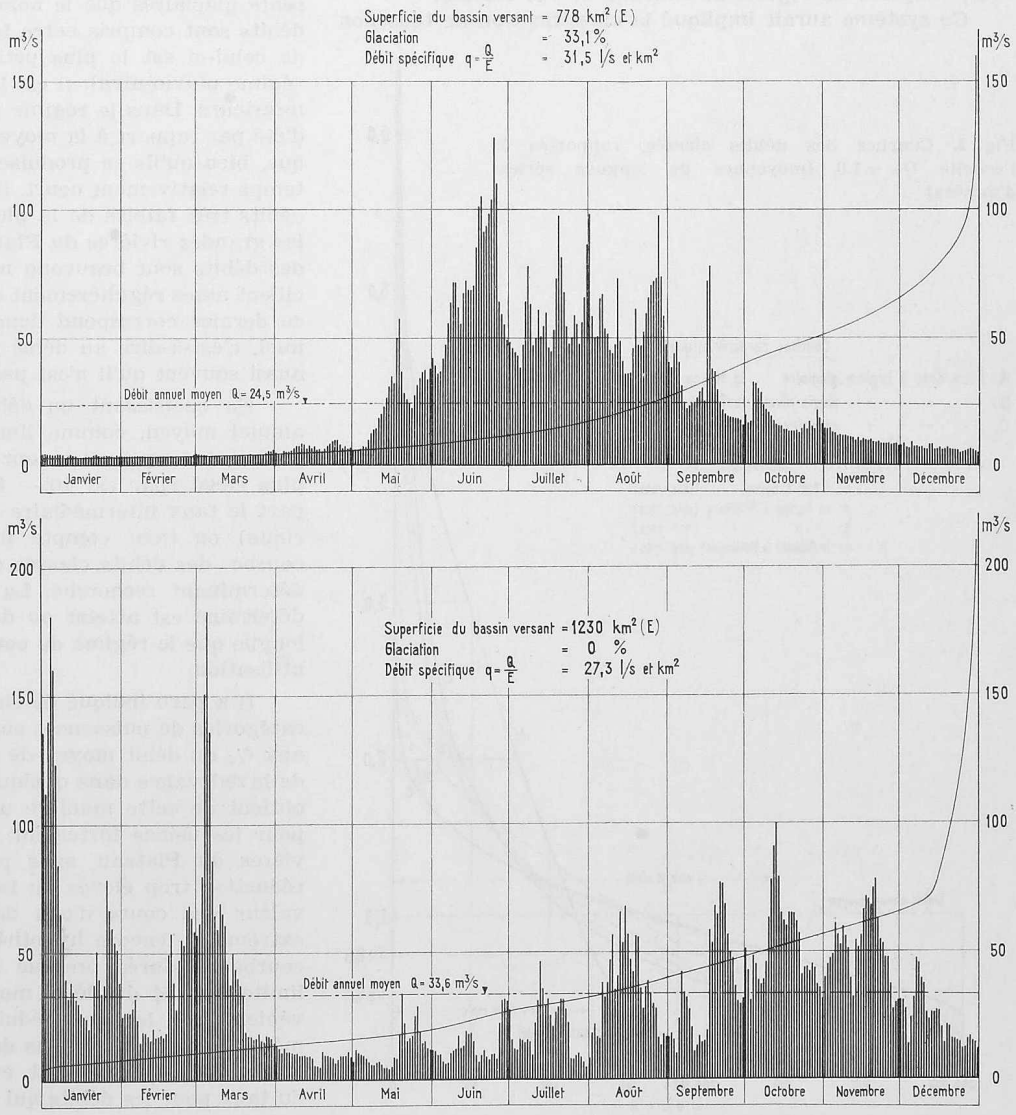


Fig. 1. Débits moyens journaliers et courbes des débits classés

En haut: Cours d'eau à régime glaciaire: la Viège à Viège, année 1960

En bas: Cours d'eau à régime pluvio-nival: le Doubs à Ocourt, année 1960

cours d'eau constitue un avantage important pour les usines qui les utilisent. De plus, ce régime est surtout celui des cours d'eau de montagne, c'est-à-dire de ceux dont la pente est très forte, ce qui est aussi un avantage, puisqu'en utilisant des sections relativement courtes, on dispose de chutes et partant de puissances élevées. Enfin, il semblait indiqué de trouver une réglementation qui assure aux cantons de montagne — dont les forces hydrauliques constituent une de leurs rares richesses — une source appréciable de revenus.

Tenant compte de ces considérations, nous avons examiné la possibilité de maintenir le dispositif argovien, mais en raccourcissant les durées qui limitent les catégories de puissances, par exemple de 10 et 8 mois à 9 et 6 mois. L'amélioration concernant les usines à haute chute fut très modeste alors que la réduction du taux maximum des usines de la basse Aar, par exemple, resta insignifiant même pour les usines équipées de manière à pouvoir utiliser des débits très élevés.

D'autres essais montrèrent qu'il n'était pas possible de choisir des durées fixes convenant en même temps aux usines utilisant des cours d'eau de régime glaciaire comme à celles utilisant des cours d'eau de plaine à régime relativement constant.

Une solution comportant des durées semblables pour tous les cours d'eau, quel que soit leur régime, ne pouvant donner satisfaction, nous avons considéré une deuxième possibilité: au lieu de subdiviser les puissances disponibles en catégories limitées par des durées fixes, prévoir une répartition basée sur des durées variables suivant le caractère du cours d'eau utilisé. Dans ce nouveau cadre, deux types de solutions différentes semblaient possibles:

a) répartir nos cours d'eau selon leur régime en plusieurs classes et fixer pour chacune de celles-ci des durées déterminées, adaptées au régime de chacune de ces classes.

Ce système aurait impliqué la classification de tous nos cours d'eau en différentes catégories, le même cours d'eau pouvant naturellement changer de classe le long de son cours. Nous avons examiné systématiquement un certain nombre de stations hydrographiques observées depuis nombre d'années afin de chercher à dégager un ou plusieurs critères aussi simples que possible (altitude moyenne du bassin versant, coefficient de glaciation, pente moyenne du lit, régularité du régime au cours des ans, etc.) susceptibles de fournir les bases du classement en question. Le résultat de cette étude ne fut pas concluant, car si on put dégager certaines règles très générales, nous n'avons par contre pas pu trouver de loi suffisamment précise pour servir de fondement à la classification recherchée. Dans ce domaine aussi, la nature est si diverse qu'on peut reconnaître tous les régimes intermédaires et passer insensiblement du régime glaciaire caractérisé au régime pluvio-nival pur. Une répartition en classes déterminées aurait donc été assez arbitraire et aurait présenté les inconvénients inhérents à ce mode de faire; c'est ainsi que l'on aurait été conduit dans certains cas limites à des situations peu équitables.

Restait l'autre type de solution possible, savoir:

b) préciser deux types extrêmes de régime et choisir des durées fixes pour chacun de ces types.

Dans chaque cas particulier, les durées effectives auraient été des valeurs intermédiaires déterminées en fonction d'un ou plusieurs critères convenablement choisis. C'est cette dernière idée qui nous a conduits à la solution retenue finalement. Celle-ci permet d'atteindre le but fixé plus simplement que de la façon exposée ci-dessus puisqu'il n'est même pas nécessaire de caractériser les deux régimes extrêmes, ni de déterminer des durées fixes pour ces cas limites. La confrontation des courbes des débits classés des cours d'eau de notre pays a montré en effet ce qui suit: c'est pour les torrents glaciaires que le nombre de jours pendant lesquels les débits sont compris entre le débit annuel moyen et la moitié de celui-ci est le plus petit. Ce nombre augmente dans le régime pluvio-nival; il est le maximum pour l'Aar et le Rhin inférieurs. Dans le régime glaciaire, les excédents des débits d'été par rapport à la moyenne annuelle sont si considérables que, bien qu'ils se produisent seulement pendant un laps de temps relativement court, ils compensent les déficits dus aux débits très faibles de la plus grande partie de l'année. Dans les grandes rivières du Plateau au contraire, les fluctuations des débits sont beaucoup moins accentuées et ces débits oscillent assez régulièrement de part et d'autre du débit moyen; ce dernier correspond donc sensiblement au débit semi-annuel, c'est-à-dire au débit moyen journalier qui est dépassé aussi souvent qu'il n'est pas atteint au cours de l'année.

En choisissant un débit déterminé, inférieur au débit annuel moyen, comme limite entre les deux catégories de puissances auxquelles sont appliqués, d'une part le taux le plus élevé (par ex. 10.— fr. par cheval théorique), d'autre part le taux intermédiaire (par ex. 8.— fr. par cheval théorique) on tient compte implicitement de la forme de la courbe des débits classés qui constitue en somme le critère déterminant recherché. La durée pendant laquelle ce débit déterminé est atteint ou dépassé est en effet d'autant plus longue que le régime du cours d'eau est plus favorable à son utilisation.

Il a paru indiqué de choisir comme limite entre les deux catégories de puissances susmentionnées, celle correspondant aux $^3/_4$ du débit moyen de l'année. Le calcul du taux moyen de la redevance dans quelques cas concrets avait montré qu'on obtient de cette manière une certaine réduction de ce taux pour les usines fortement équipées utilisant les grandes rivières du Plateau, sans pour autant qu'il en résulte une réduction trop élevée du taux moyen des usines mettant en valeur des cours d'eau de régime glaciaire. Dans le cas extrême — encore hypothétique à l'heure actuelle — d'une courbe de durée presque horizontale, la fixation de cette limite aux $^3/_4$ du débit moyen aurait eu cependant l'inconvénient que le taux réduit de 8 francs aurait été perçu même pour des fractions de débits disponibles 365 jours par an, ce qui, naturellement, eut été un non-sens. Une réduction du taux pour les débits qui ne sont disponibles durant 2 ou 3

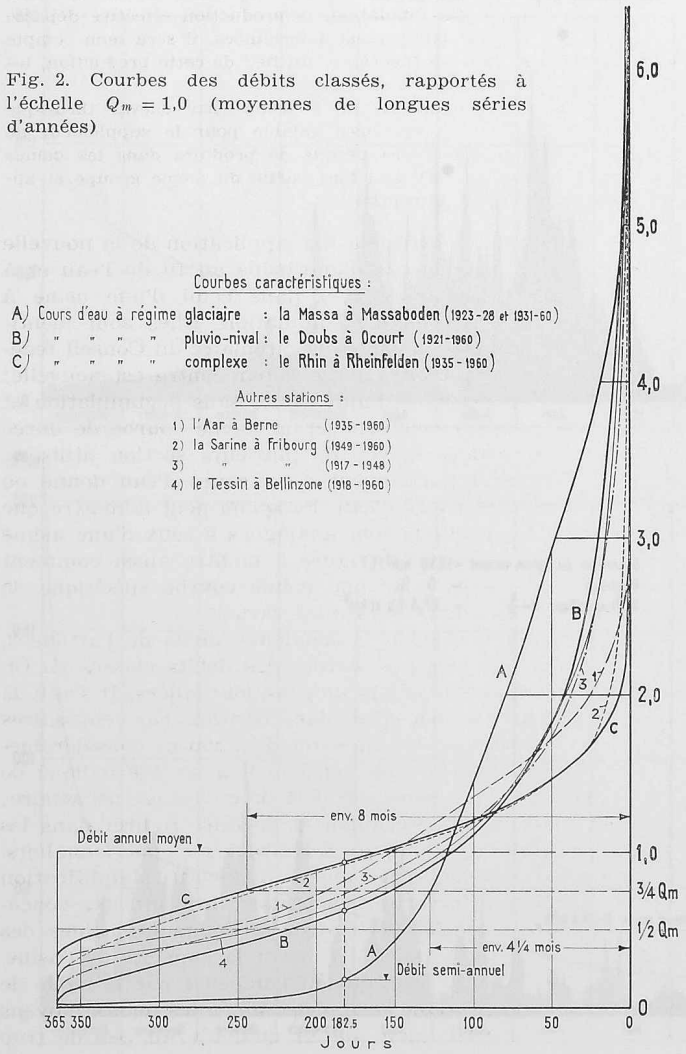


Fig. 2. Courbes des débits classés, rapportés à l'échelle $Q_m = 1{,}0$ (moyennes de longues séries d'années)

mois seulement par an ne serait aussi guère justifiée. Vu que, grâce à l'aménagement de nouveaux bassins d'accumulation, les courbes de durée de cours d'eau ont tendance à devenir de plus en plus plates, de sorte que la durée maximum d'utilisation des débits aménagés — qui est aujourd'hui de l'ordre de 8 mois — sera dépassée, nous avons prévu une disposition selon laquelle la limite entre les fractions de puissance taxées à 10 francs et celles taxées à 8 francs ne peut pas être inférieure au débit disponible pendant 8 mois par an.

Quant à la limite entre les fractions de puissance de valeur intermédiaire (p. ex. 8.— fr. par cheval théorique) et celles auxquelles correspond le taux le plus faible (p. ex. 6.— fr.), on a pensé qu'il convenait de la fixer de manière que, sauf exception, seules les usines à accumulation très fortement équipées par rapport aux débits naturels, puissent bénéficier de la réduction maximum envisagée de 4 francs. On a donc fixé cette limite au supplément de puissance correspondant au débit atteint ou dépassé pendant trois mois (91 jours) par an. Voir à ce sujet également le chapitre IV ci-dessous.

En résumé, les limites entre les trois catégories de puissances ou de fractions de puissance sont donc fixées par des valeurs numériques choisies empiriquement, mais à l'intérieur d'un cadre relativement étroit résultant de considérations rationnelles.

IV. Echelonnement du taux de la redevance des usines à accumulation

Selon le règlement de 1918, les redevances afférentes aux usines avec accumulation étaient déterminées en prenant en considération le débit utilisable des affluents naturels, sans tenir compte de l'accumulation; si toutefois la capacité de l'installation dépassait le débit semi-annuel des cours d'eau utilisés, on tenait compte du débit naturel jusqu'à concurrence de ce débit semi-annuel. Au delà de cette quantité, on ne tenait compte du débit que s'il était effectivement utilisé.

A première vue, cette réglementation paraissait simple. En fait, l'interprétation jouait un tel rôle et le calcul était si long que, sauf rares exceptions, les redevances des usines à accumulation étaient calculées forfaitairement à l'avance en faisant certaines suppositions quant à la manière dont les usines étaient exploitées. On évitait ainsi, dans une certaine mesure tout au moins, les difficultés qu'aurait causé une application stricte et répétée des clauses du règlement.

Il est évident qu'une situation de cette nature n'était pas satisfaisante; il a donc paru indiqué de profiter de l'occasion pour revoir également cet art. 22 du règlement.

Suivant le texte de 1953, la redevance est égale à celle d'une usine au fil de l'eau de même débit installé, cette redevance étant majorée, le cas échéant, du supplément de force obtenu grâce à l'accumulation, supplément taxé à raison de 6 fr. par cheval théorique. Ce taux est aussi valable pour le supplément de force que l'accumulation permet de produire dans les usines d'aval pour autant que celles-ci font partie du même groupe et appartiennent à la même entreprise.

Le calcul de la redevance des usines au fil de l'eau est simple et n'offre aucune ambiguïté. La détermination du montant de la redevance devant de toute façon être payé est donc aisée. Il en est de même du supplément éventuel dû à la présence du bassin d'accumulation puisque ce supplément est basé sur la différence entre la production effective — traduite en chevaux théoriques — et la puissance possible de l'usine en supposant qu'elle travaille au fil de l'eau.

Tout en satisfaisant au principe suivant lequel les usines à accumulation doivent être favorisées en ne prévoyant le payement d'une redevance que pour les eaux supplémentaires effectivement utilisées, le calcul de la redevance effective reste simple et clair. Cela est particulièrement important vu la complexité toujours croissante des nouveaux aménagements (dérivations, détournements, pompages, etc.); seuls en effet, des principes très simples permettent de résoudre équitablement et sans prescriptions, ni calculs trop longs, les cas de plus en plus complexes qui se présentent dans la pratique.

V. Le règlement concernant le calcul des redevances en matière de droits d'eau des 12 février 1918/31 décembre 1953

C'est donc en se basant sur les considérations exposées ci-dessus que le Conseil fédéral a modifié quelques articles du règlement de 1918, en date du 30 décembre 1953. Voici un extrait des nouveaux articles du règlement, limité aux seules questions traitées ici, soit l'échelonnement des taux en fonction de la durée et l'application de ce principe aux usines à accumulation.

Article premier

2) Le nombre de chevaux théoriques relatifs à chacune des classes de puissance définies à l'alinéa suivant est donné par la moyenne annuelle des puissances théoriques de chacune de ces classes.

3) La redevance ne doit pas dépasser annuellement le montant global résultant de l'application des taux suivants par cheval théorique:

a) 10 francs pour les puissances ou fractions de puissance utilisables dans l'usine jusqu'à concurrence de celles qui correspondent au débit de huit mois du cours d'eau; si le débit de huit mois est inférieur aux ¾ du débit moyen annuel du cours d'eau, cette dernière valeur est déterminante.

b) 8 francs pour les fractions de puissance supplémentaires utilisables jusqu'à concurrence de celles qui correspondent au débit de trois mois.

c) 6 francs pour les fractions de puissance utilisables en sus.

Article 2

2) Le débit de trois mois ou de huit mois est celui qui est atteint ou dépassé par les débits moyens journaliers du cours d'eau pendant 91 jours ou 243 jours par année; il n'est pas nécessaire que ces jours se suivent (courbe des débits classés).

5) Lorsque la courbe de durée des débits moyens journaliers du cours d'eau n'est pas connue, elle est estimée par analogie avec celles de régions comparables.

Article 22

1) La redevance maximum des usines avec accumulation est déterminée comme si ces usines étaient exploitées au fil de l'eau. Si toutefois, grâce à l'accumulation, la production effective dépasse les possibilités de production ainsi déterminées, il sera tenu compte de ce supplément de force théorique. Au lieu de cette production, les débits utilisés peuvent servir de base.

2) Le taux maximum est de 6 francs par cheval théorique supplémentaire. Ce taux est aussi valable pour le supplément de force que l'accumulation aura permis de produire dans les usines d'aval pour autant que celles-ci font partie du même groupe et appartiennent à la même entreprise.

Les fig. 3 et 4 constituent une application de la nouvelle réglementation dans le cas d'une usine au fil de l'eau et à basse chute (usine-barrage) et dans celui d'une usine à haute chute avec bassin d'accumulation. Elles sont identiques à celles représentées dans la circulaire du Conseil fédéral du 30 décembre 1953. La fig. 5 par contre est nouvelle; elle concerne une usine à haute chute sans accumulation et montre comment on peut utiliser la même courbe de durée pour calculer le taux moyen de plusieurs section utilisées, que ces sections appartiennent à un cours d'eau donné ou même à différents cours d'eau, lorsqu'on peut admettre que les débits de ces sections sont analogues à ceux d'une même station de jaugeage. Cette figure 5 montre aussi comment varie le taux moyen pour une même courbe spécifique de durée lorsque les débits utilisables varient.

Il est à noter que selon le deuxième alinéa de l'article 2, il suffit de déterminer les courbes des débits classés en tenant compte des seuls débits moyens journaliers. Il s'agit là d'une simplification. En effet, dans certains cas: émissaires des glaciers, torrents, etc., le débit peut varier considérablement au cours d'une même journée. Il a semblé indiqué de ne pas compliquer le calcul au delà de ce qui est nécessaire; or il est de règle de déterminer et de faire figurer dans les publications hydrographiques les débits moyens jounaliers.

Une étude spéciale a montré que cette simplification devrait en général favoriser légèrement les autorités concédantes, attendu qu'elle incorpore aux débits utilisables des débits partiels momentanés dépassant la capacité de l'usine. En fait, cet avantage est souvent compensé par le mode de calcul utilisé en pratique pour déterminer les débits moyens journaliers. En effet, pour autant qu'il n'y ait pas de trop

grandes fluctuations du niveau au cours de 24 heures, on détermine le débit moyen journalier en fonction du niveau moyen; on établit donc la moyenne des niveaux, puis on admet que le débit moyen du jour est celui qui correspond à ce niveau moyen. Or, du fait que la relation hauteur-débit n'est pas linéaire, mais représentée par une courbe convexe vers le haut, ce procédé conduit systématiquement à des débits moyens trop faibles. Il est vrai que lorsque les variations au cours d'une journée dépassent une certaine limite, on considère des intervalles de temps plus courts. Pour des raisons pratiques, on ne peut toutefois aller très loin; les débits journaliers moyens sont donc presque toujours plutôt trop faibles.

Pour nous rendre compte de l'influence de ces divers facteurs, nous avons examiné et calculé un cas particulier, celui du Trebsenbach à Rempen (bassin versant 17,3 km²) durant les 12 mois allant d'octobre 1940 à septembre 1941. Voici les résultats de cet examen:

a) moyennes annuelles des débits naturels	m³/s
μ) calcul selon la méthode usuelle, avec intervalles de temps de 6 heures au moins	0,807
ν) calcul selon une méthode plus précise (intervalles de temps pouvant être réduits jusqu'à 2 heures)	0,826
b) moyennes annuelles des débits utilisables (débits écrétés à 5 m³/sec)	
μ) selon la méthode usuelle	0,8045
ν) selon la méthode plus précise	0,8064

VI. Application et expériences

Voici bientôt 10 ans que la nouvelle réglementation est entrée en vigueur et il semble bien que son application n'a pas causé de graves difficultés. En effet, selon l'enquête toute récente, à laquelle nous avons déjà fait allusion, elle n'a donné lieu jusqu'à maintenant à aucune contestation devant les autorités judiciaires, tant cantonales que fédérales.

Il semble aussi que les résultats auxquels a conduit son application sont équitables, exception faite peut-être du fait que certaines eaux d'été, utilisables grâce aux accumulations, ne sont imposables dans ces usines qu'au taux minimum de 6 francs par cheval théorique alors que ces mêmes eaux, du fait qu'elles améliorent les faibles débits d'hiver d'usines du Plateau sont souvent imposables dans ces dernières usines au taux maximum de 10 francs par unité de puissance. Si cela se justifie du point de vue de la qualité des eaux mises à disposition des concessionnaires, certains cantons de montagne estiment que les cantons en aval profitent indûment de cette situation, puisque ceux-ci n'ont fourni aucune prestation correspondante alors que ce n'est pas le cas pour eux-mêmes, car ils ont mis à disposition une partie de leur territoire pour créer les accumulations en question. On a soulevé à ce propos la question de savoir si les cantons en aval ne devraient pas ristourner une partie du supplément de recettes en question aux cantons sur le territoire desquels se trouvent les bassins à l'origine de ces suppléments. Mais cela nécessiterait des calculs assez compliqués. Rappelons à ce sujet que l'article 33 de la loi fédérale qui concerne un cas analogue — contribution par des usiniers aux frais d'installations effectuées par des tiers et dont ils profitent — n'a jamais été appliqué jusqu'à maintenant, sinon à bien plaire.

Terminons en disant quelques mots sur quelques cas d'espèce non prévus expressément par le règlement et au sujet desquels notre service a été consulté tout en insistant sur le fait que l'opinion exprimée ici n'engage pas ce

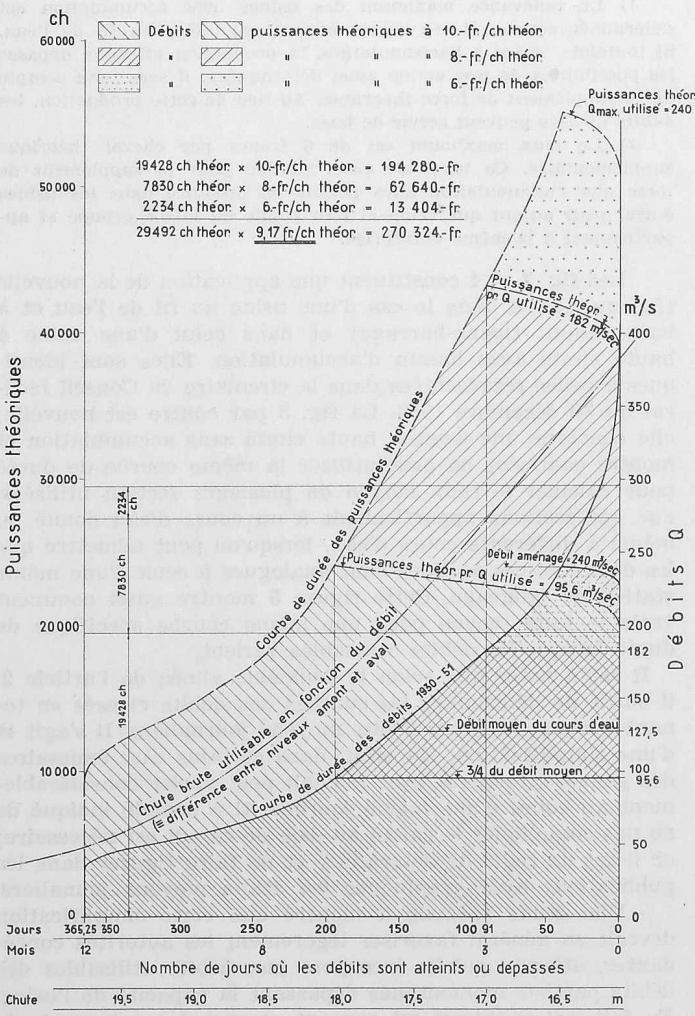


Fig. 3. Exemple de calcul du taux de la redevance maximum dans le cas d'une usine au fil de l'eau et à basse chute (usine-barrage)

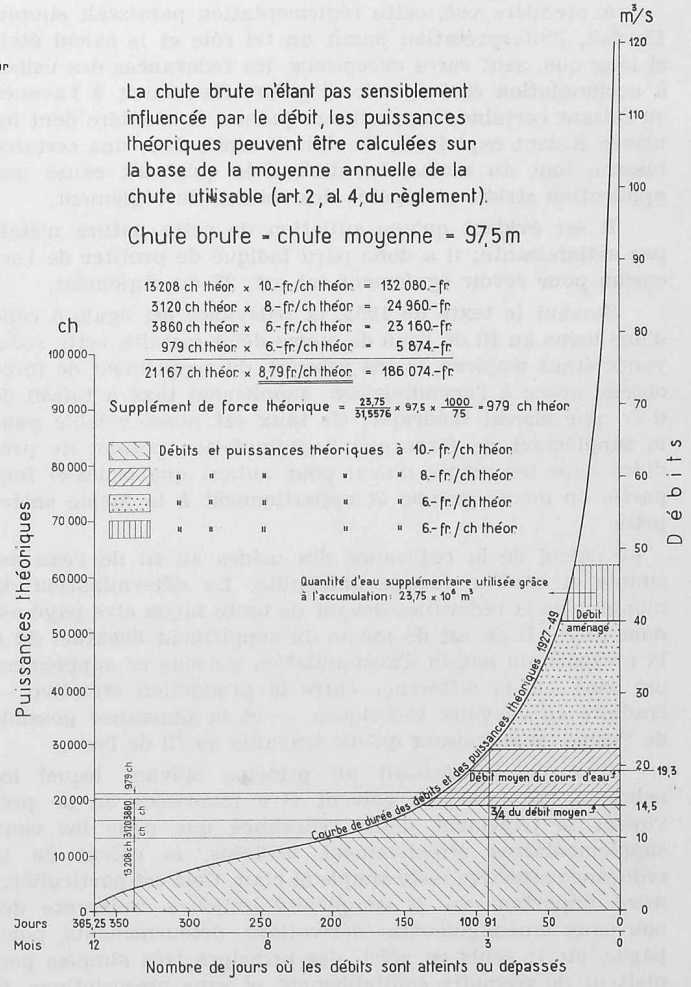


Fig. 4. Exemple de calcul du taux de la redevance maximum dans le cas d'une usine à haute chute avec bassin d'accumulation

dernier. En effet, comme nous l'avons déjà relevé, c'est aux tribunaux compétents et non à l'administration à trancher les différends qui peuvent surgir en matière de redevances hydrauliques. Comme en outre, il pourrait arriver que de tels différends soient soumis à notre service pour préavis par les tribunaux, celui-ci est tenu — en dehors de ces consultations officielles — à une grande réserve.

1. Pertes d'eau par infiltrations ou évaporations:

Faut-il astreindre aux redevances les pertes d'eau intervenant après le captage ou même avant celui-ci, par exemple, dans les retenues situées en amont des prises d'eau?

Ni la loi, ni le règlement ne contiennent des prescriptions explicites à ce sujet. A défaut de clauses spéciales prévues dans les concessions ou d'arrangements conclus ultérieurement sur ce point, il ne reste donc qu'à s'inspirer des principes qui sont à la base de la loi et du règlement pour chercher à en dégager, dans chaque cas particulier, la solution la plus équitable. Ces principes sont les suivants:

a) Il faut toujours partir du cours d'eau naturel, le long de la section dont les eaux sont utilisées.

b) Il faut toujours se référer au régime naturel du cours d'eau, le long de cette section.

I. *Section AB* (E = 501,9 km²)

$$q_{a_I} = \frac{44000}{501,9} = 87,7 \text{ l/s et km}^2$$

$$Q_{af_I} = 44 \times \frac{503}{501,9} = 44,1 \text{ m}^3/\text{s}$$

Par planimétrie:

$$\begin{array}{rcl} 382,3 \times 10^6 \text{ m}^3 \times 10 & = & 3823 \\ 176,5 \times 10^6 \text{ m}^3 \times 8 & = & 1412 \\ 56,5 \times 10^6 \text{ m}^3 \times 6 & = & 339 \\ \hline 615,3 \times 10^6 \text{ m}^3 & & 5574 \end{array}$$

$$t_{a_I} = \frac{5574}{615,3} = 9,06 \text{ fr./ch. théor.}$$

Un calcul analogue donne:

II. *Pour la section BC* (E = 523,3 km²)

$$q_{a_{II}} = \frac{44000}{523,3} = 84,8 \text{ l/s et km}^2$$

$$Q_{af_{II}} = 44 \times \frac{503}{523,3} = 42,3 \text{ m}^3/\text{s}$$

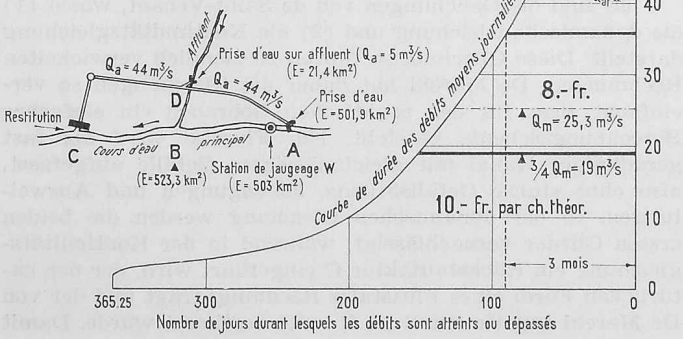
$$t_{a_{II}} = 9,12 \text{ fr./ch. théor.}$$

III. *Pour la section DB* (E = 21,4 km²)

$$q_{a_{III}} = \frac{5000}{21,4} = 234 \text{ l/s et km}^2$$

$$Q_{af_{III}} = 5 \times \frac{503}{21,4} = 117,7 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$t_{a_{III}} = 8,41 \text{ fr./ch. théor.}$$



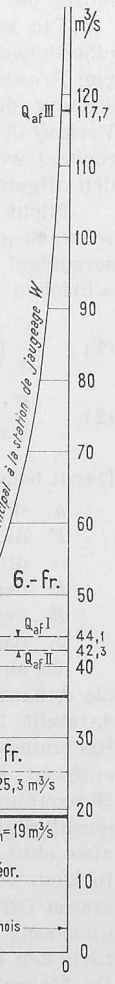


Fig. 5. Exemple de calcul du taux de la redevance maximum dans le cas d'une usine à haute chute au fil de l'eau

1. La chute utilisable de chaque section mise en valeur est constante (moyenne des chutes utilisables de la section considérée)
2. La courbe de durée des débits spécifiques à la station de jaugeage *W* est valable pour toutes les sections utilisées
3. Afin de déterminer le taux moyen de chaque section utilisée, le débit équipé de celles-ci est transformé dans le rapport entre la surface du bassin versant en *W* et celui relatif à la section considérée.

c) Toute la force qui n'entre plus en considération pour une autre utilisation est astreinte à la redevance.

Considérons par exemple les eaux récoltées par les canaux de drainage longeant les digues bordant les retenues de nos grandes usines du Plateau. Bien que la retenue occupe en général le lit naturel du cours d'eau, le niveau de l'eau a été surélevé. Les débits perdus par suite de l'intervention du concessionnaire le long de cette section devraient donc être astreints à redevances pour autant qu'ils diminuent les débits utilisables de l'usine. Cette interprétation est corroborée par l'art. 21, al. 1 du règlement qui prescrit que «le débit du cours d'eau public doit être mesuré dans un profil non influencé par l'utilisation de la chute». Cela ressort aussi du fait qu'une autre disposition de l'usine, par exemple, la construction d'un canal ou d'une galerie captant les eaux en amont des points d'infiltration, aurait pu permettre d'éviter de perdre de l'eau.

Qu'en est-il lorsqu'il s'agit d'une de nos grandes accumulations en montagne? En principe, les considérations ci-dessus s'appliquent aussi, ce qui fait que les pertes — qui peuvent être très importantes — devraient être astreintes à redevances pour autant qu'elles diminuent les débits utilisables de l'usine au fil de l'eau. L'art. 20 du règlement prévoit toutefois que «dans les bassins d'accumulation naturels ou artificiels, le débit utilisable peut se déterminer par les variations de l'eau dans la retenue ainsi que par le débit artificiel (débit utilisé mesuré dans le canal de fuite) ou le débit naturel (déversoir ou écoulement dans le lit naturel)». L'art. 21, 2e al. du règlement va encore plus loin en ce sens qu'il semble imposer ce dernier mode de calcul; or celui-ci a pour effet de déduire automatiquement des apports naturels effectifs — et par conséquent des débits utilisables — tous les débits perdus dans la retenue et au barrage par évaporation et par infiltration.

On voit qu'ici, seuls des arrangements amiables pris en toute équité peuvent donner la solution, si l'on veut éviter que doivent intervenir les autorités judiciaires.

2. Débits réservés (dotations)

L'article 16 du règlement prescrit que pour déterminer les débits utilisables, il faut retrancher des débits totaux du cours d'eau ceux qui, en vertu de la concession, doivent y rester ou ceux que le concessionnaire doit fournir d'après les prescriptions de la loi ou de la concession. Faut-il procéder de même lorsqu'il s'agit de déterminer les débits caractéristiques prévus par le nouveau règlement: débits de 8 et de 3 mois, trois quarts du débit moyen?

L'art. 16 n'a pas été modifié en 1953 de manière à laisser aux autorités concédantes et aux concessionnaires le soin de s'entendre à ce sujet suivant les conditions particulières du cas d'espèce examiné. Il semble bien qu'en général la solution la plus équitable consiste à s'inspirer de la réglementation prévue pour le calcul des débits utilisables, par conséquent à déduire les eaux de dotation de la courbe des débits classés avant d'en tirer les débits caractéristiques indiqués plus haut.

3. Nouvel aménagement englobant un ancien aménagement dont la concession subsiste

Une entreprise électrique a construit un nouvel et grand aménagement au fil de l'eau, ce qui a nécessité la suppression d'une de ses anciennes usines, car la section de cours d'eau utilisée par celle-ci est comprise dans celle mise en valeur dans le nouvel aménagement. Le débit utilisé dans la nouvelle usine dépasse de beaucoup celui de l'ancienne usine; celle-ci était au bénéfice d'une concession non échue prévoyant des redevances fixées à un taux très modeste, sans qu'une revision de ce taux puisse être exigée. Pour réaliser le grand aménagement, il a fallu obtenir de l'autorité concédante une nouvelle concession concernant les droits d'utilisation non compris dans l'ancienne; cette nouvelle concession prévoit que ce supplément de force sera astreint à une redevance correspondant au maximum prévu par les normes fédérales. Comment calculer cette redevance? Dans ce cas, il faut:

1) calculer la redevance totale pour le nouvel aménagement,

en vertu des nouvelles normes fédérales, comme si l'ancienne concession n'existait plus,
2) calculer la redevance de l'ancien aménagement selon les nouvelles normes fédérales,
3) faire la différence entre les deux montants ainsi obtenus; enfin
4) ajouter à la différence ainsi trouvée le montant résultant de l'ancienne concession.

4. Calcul des redevances lorsque l'usine a été en service pendant une partie de l'année seulement

Comment faut-il procéder lorsqu'il s'agit de déterminer la redevance maximum quand celle-ci n'est due que pour une partie de l'année seulement? C'est le cas notamment pour toute nouvelle usine, puisqu'il est bien rare que celle-ci commence son exploitation le premier janvier.

Il faut alors commencer par établir la courbe de durée de l'aménagement en question pour toute l'année considérée, comme si l'usine avait été mise en service le 1er janvier de celle-ci. Cette courbe donne les débits caractéristiques: Q 3 mois, Q 8 mois, ¾ Q. On établit ensuite la courbe de durée pour la seule période astreinte à redevance, et ce sont alors les valeurs trouvées précédemment pour Q 3 mois, Q 8 mois et ¾ Q qui déterminent les zones de cette deuxième courbe auxquelles s'appliquent les taux de 10, 8 et éventuellement 6 fr. par cheval théorique.

A noter que si les arrêts dans la marche de l'usine ne devaient pas être dus à celle-ci, mais à des raisons afférentes au cours d'eau utilisé, par exemple à un manque complet de débits utilisables pendant une partie de l'année, le mode de faire ci-dessus ne serait guère applicable sans autre. Il faudrait alors rechercher plutôt une solution s'inspirant des principes sur lesquels a été fondée la nouvelle réglementation.

Adresse de l'auteur: Ing. *F. Chavaz*, sous-directeur du Service fédéral des eaux, Bollwerk 27, Berne.

Die Berechnung der Flutwellen bei Bruch von Talsperren

DK 627.891

Von **Andreas Wackernagel**, dipl. Ing. ETH, im Ingenieurbureau Gebrüder Gruner, Basel

1. Einleitung

Die wachsende Zahl grosser Speicherbecken, die oberhalb bewohnter Gebiete angelegt sind, erfordert einerseits eine hohe Sicherheit und anderseits die ständige Ueberwachung der Talsperren im Betrieb. Es ist daher zur Selbstverständlichkeit geworden, dass in grössere Talsperren ausgedehnte Messanlagen eingebaut werden, um in jedem Betriebszustand des Bauwerkes das Kräftespiel und die Verformungen zu überprüfen. Beim Ergreifen dieser Massnahmen, welche unzulässige Bewegungen und Spannungen des Bauwerkes rechtzeitig erkennen lassen, und unter der Voraussetzung, dass die übliche Sorgfalt bei der Bauausführung eingehalten werde, sind Staumauerbrüche in Friedenszeiten so gut wie ausgeschlossen. Immerhin kann es angezeigt sein, sich Rechenschaft über die Auswirkungen eines Talsperrenbruches zu geben. Ein derartiges Ereignis rückt in Kriegszeiten in den Bereich der Möglichkeit.

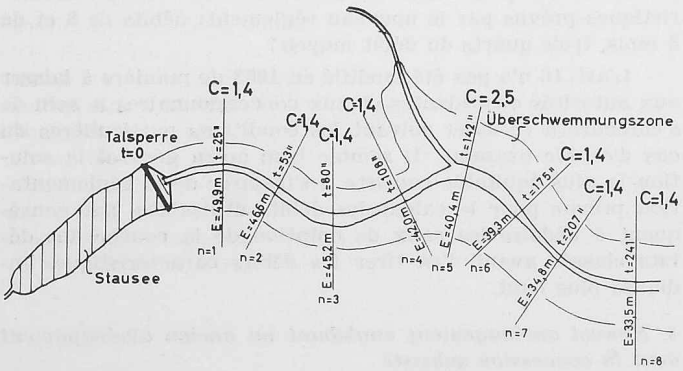


Bild 1. Ueberschwemmungsplan infolge Bruch einer Talsperre

Bei totalem Bruch grosser Talsperren können Abflussmengen bis zu mehreren 100 000 m³/s an der Sperrstelle entstehen, welche dann im Unterlauf auf einen Bruchteil dieser Grösse gedämpft werden. Eine Kenntnis der Gefahrenzone infolge der entstehenden Flutwelle ermöglicht es, Vorratslager, Schutzräume und Verbindungswege so anzulegen, dass sie bei Zerstörung einer Talsperre nicht gefährdet werden. Diesbezügliche Studien sind in letzter Zeit in der Schweiz (Bild 1) auf Veranlassung und in Zusammenarbeit mit dem Eidg. Amt für Wasserwirtschaft durchgeführt worden.

2. Berechnung der Flutwelle

Zur Berechnung der Flutwelle gehört einerseits die Bestimmung des Ausflusses aus dem Stausee in Funktion der Zeit und anderseits die Bestimmung des raumzeitlichen Verlaufes der Flutwelle im Flusstal unterhalb der Sperre.

Die Berechnung des *Ausflusses aus einem Stausee* bei plötzlichem Bruch einer Talsperre kann nach der Methode von *Frank* ausgeführt werden. Dabei ist eine gewisse Idealisierung der Form des Staubeckens erforderlich [1]. Der *Verlauf der Flutwelle* kann nach der Methode *De Marchi* berechnet werden, die nach verschiedenen Vereinfachungen aus den allgemeinen Gleichungen hervorgeht [2].

Nicht permanente Abflüsse des Wassers in einem schwach geneigten, fast geradlinigen Kanal mit freiem Wasserspiegel werden durch folgende Differentialgleichungen beschrieben

$$(1) \qquad \frac{\partial}{\partial x}\left(h + \frac{v^2}{2g}\right) + \frac{1}{g}\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{v^2}{k^2 \cdot R^{4/3}} = Js$$

$$(2) \qquad \frac{\partial F \cdot v}{\partial x} + \frac{\partial F}{\partial t} = 0$$

Darin bedeuten:

- h die Wassertiefe
- F die Querschnittsfläche
- v die Wassergeschwindigkeit
- k den Reibungskoeffizienten nach Strickler
- R den Hydraulischen Radius
- J_s das Sohlengefälle

Es sind die Gleichungen von de Saint-Venant, wobei (1) die dynamische Gleichung und (2) die Kontinuitätsgleichung darstellt. Diese Gleichungen führen zu ziemlich verwickelten Rechnungen. De Marchi hat daher die Gleichungen so vereinfacht, dass für den praktischen Gebrauch ein einfaches Berechnungsschema entsteht. Ein Flusstal wird als fast geradliniger Kanal mit gleichmässigem Gefälle aufgefasst, also ohne starke Gefällsbrüche, Einengungen und Ausweitungen. In der dynamischen Gleichung werden die beiden ersten Glieder vernachlässigt, während in der Kontinuitätsgleichung ein Rückstaufaktor C eingeführt wird, der der natürlichen Form eines Flusstales Rechnung trägt und der von De Marchi experimentell zu C = 1,4 bestimmt wurde. Damit sehen die beiden Gleichungen wie folgt aus:

$$(3) \qquad \frac{v^2}{k^2 R^{4/3}} = Js$$

$$(4) \qquad \frac{\partial F \cdot v}{\partial x} + C\frac{\partial F}{\partial t} = 0$$

Diese Gleichungen werden numerisch mit endlichen Differenzen integriert. Das Flusstal wird durch Querprofile in