

La régularisation des lacs du pied du Jura

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

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie**

Band (Jahr): **49 (1957)**

Heft 7-9

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-920837>

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.

La régularisation des lacs du pied du Jura

Fernand Chavaz, sous-directeur, et Maurice Baer, ingénieur du Service fédéral des eaux à Berne

La régularisation des lacs subjuraasiens de ses origines à nos jours

Le régime des lacs avant et après la «Correction des eaux du Jura»

Avant les travaux effectués de 1869 à 1891 à l'encontre de la «Correction des eaux du Jura», les trois lacs de Morat, de Neuchâtel et de Bienna étaient encore à l'état naturel, c'est-à-dire qu'aucun ouvrage artificiel ne permettait d'agir sur les débits de leurs émissaires et par conséquent sur leurs niveaux. Le régime des trois lacs dépendait donc avant tout de celui de leurs affluents. Or, exception faite de la Broye, les plus importants de ceux-ci: l'Orbe, l'Arnon, l'Areuse et la Suze provenaient du Jura. D'une manière générale, les niveaux les plus hauts étaient donc atteints au printemps lors de la fonte des neiges dans cette région tandis que les basses eaux se produisaient de préférence en automne, les cours d'eau jurassiens ayant souvent leur étiage à cette saison. Quant aux variations annuelles des niveaux au cours d'une même année, elles étaient de l'ordre de 1,20 m, la différence entre les niveaux maxima et minima d'une longue série d'années étant de 2,30 m environ. Comme on le sait, les niveaux moyens des lacs étaient alors de deux à trois mètres plus élevés qu'actuellement (voir fig. 1).

La dérivation de l'Aar dans le lac de Bienna et la construction des canaux de la Broye, de la Thielle et de Nidau à Büren modifièrent complètement ce régime naturel. La construction des canaux entre les lacs augmenta l'interdépendance de ceux-ci pour en faire de véritables vases communicants. Quant à la construction du canal de Nidau à Büren, elle augmenta fortement la capacité d'écoulement de l'exutoire du système hydraulique formé par les trois lacs. Mais c'est l'introduction de l'Aar dans ce système qui apporta les plus grandes modifications au régime antérieur à la correction. L'Aar, en effet, est un cours d'eau au régime alpin très accentué et elle apporte, en moyenne, trois fois plus d'eau aux lacs subjuraasiens que tous leurs affluents naturels réunis. Depuis la correction, son influence est donc prépondérante sur les niveaux des lacs et le régime de ceux-ci, soumis à des influences très diverses, est devenu fort complexe; toutefois, en règle générale, c'est en été, lors de la fonte des neiges et des glaciers dans l'Oberland bernois que les niveaux sont élevés alors que l'étiage a lieu durant l'arrière-automne, en hiver ou même au début du printemps. Quant aux grandes crues, c'est pendant l'arrière-automne ou en hiver qu'elles se produisent de préférence.

Les niveaux caractéristiques des trois lacs sont indiqués dans les figures 1 et 2.

Le premier barrage de Nidau

Le projet de l'ingénieur La Nicca qui servit de base aux travaux de la correction ne prévoyait pas de barrage de régularisation sur l'émissaire du lac de Bienna. Par contre, la possibilité d'éviter de trop bas niveaux des lacs au moyen d'un barrage mobile en cet endroit y était déjà mentionnée. Or, dès les premières années

de la mise en service du canal de Nidau à Büren, le niveau des lacs descendit si fortement que de graves inconvénients en résultèrent: navigation entravée, glissements de terrain sur les rives du lac de Bienna, mise à sec des fondations en bois de nombreux ouvrages riverains, etc. On décida donc de dresser le projet d'un barrage mobile à Nidau, qui, sans réduire la capacité du canal de Nidau à Büren ni gêner la navigation sur l'Aar, devait permettre d'éviter que le niveau du lac de Bienna ne s'abaisse au-dessous d'une cote déterminée (428,06 selon l'horizon actuel RPN: 373,60).

Comme la construction de ce barrage constituait un complément important du projet initial de correction, l'Assemblée fédérale dut se prononcer à son sujet. C'est ce qu'elle fit en l'approuvant le 7 juillet 1883, bien que le canton de Vaud — à l'encontre des autres cantons intéressés — ait été opposé à toute limitation artificielle de l'abaissement du niveau des lacs; ce canton aurait même désiré que le niveau de ceux-ci descende encore davantage, même au-dessous des cotes limites prévues dans le projet La Nicca.

La Confédération accorda une subvention spéciale de 73 000 francs au canton de Berne pour la construction du barrage alors que les cantons de Fribourg et Neuchâtel allouèrent chacun 10 000 francs. L'arrêté fédéral prévoyait notamment qu'il appartenait au Conseil fédéral, d'accord avec les gouvernements des cantons participant à la correction des eaux du Jura, de fixer le règlement pour le service du barrage, de «l'écluse» comme on disait à cette époque. D'autre part, le canton de Berne était chargé de l'entretien et du service du barrage.

Ce premier barrage de Nidau fut construit de 1885 à 1887. Implanté à l'amont de l'embouchure de la Thielle, il comportait quatre larges passes, les deux latérales obturées par un certain nombre de vannes levantes et les deux centrales par deux bateaux-portes que l'on pouvait déplacer vers les rives en eaux moyennes et hautes. La navigation pouvait alors utiliser ces pertuis centraux tandis qu'en basses eaux, la liaison entre le lac de Bienna et l'Aar était assurée par la Thielle.

Le règlement de barrage de 1888

Le 21 septembre 1888, le Conseil fédéral approuvait le règlement de manœuvre du nouveau barrage. Comme tous les règlements de cette époque, il s'agissait d'un règlement écrit indiquant avant tout l'objectif primordial à atteindre: empêcher que le niveau du lac de Bienna ne descende au-dessous de la cote 428,06 tout en évitant de surélever les niveaux des hautes eaux des trois lacs. Mais, contrairement à ce qui était alors habituel, il indiquait déjà d'une manière assez précise les manœuvres à effectuer en fonction de la période de l'année et des niveaux du lac de Bienna. Le barrage devait notamment, en règle générale, être complètement ouvert du 15 avril au 31 octobre. Eu égard à la

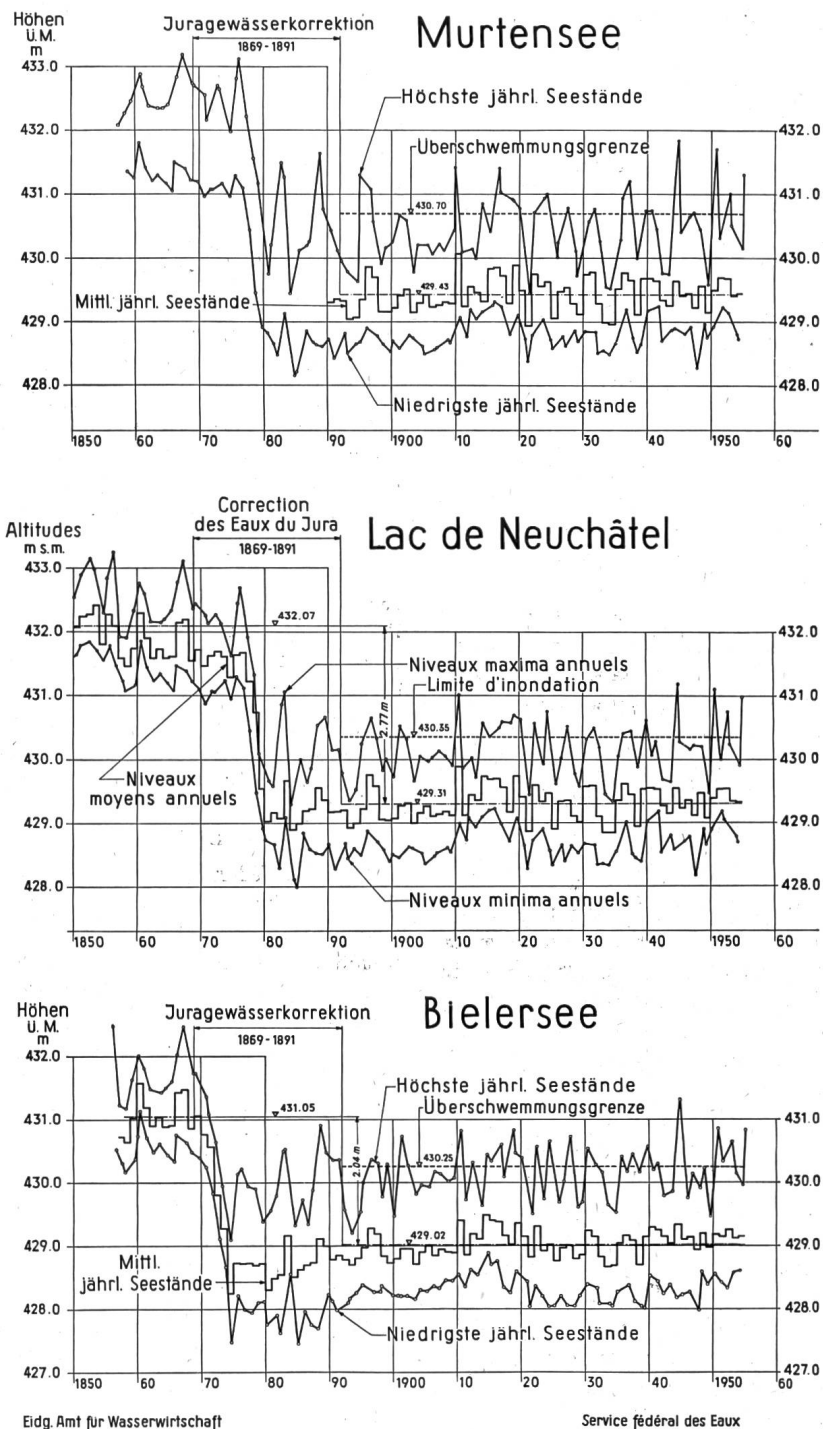


Fig. 1 Niveaux maxima, moyens et minima des lacs du pied du Jura jusqu'en 1954 (RPN: 373,60). Les cotes maxima atteintes lors de la crue de janvier-février 1955 figurent également sur le graphique.

navigation sur l'Aar, les deux passes centrales devaient être maintenues ouvertes le plus longtemps possible.

Les bateaux-portes obturés ces pertuis étaient toutefois de manipulation difficile; c'est ainsi que lors des crues de 1910, on ne put les éloigner à temps; on décida donc de transformer les bouchures de ces pertuis centraux en remplaçant chacun des bateaux-portes par 10 vannes mobiles. Ces transformations furent effectuées durant les années 1911 à 1915. Mais les pertuis latéraux et les fondations du barrage restèrent déficientes; mentionnons, par exemple, qu'un débit de l'ordre de 40 m³/sec continua de passer par-dessous le seuil du barrage.

En 1915, le règlement de 1888 fut légèrement modifié pour tenir compte des nouvelles caractéristiques de l'ouvrage. A cette occasion, les cantons supérieurs cherchèrent, dans l'intérêt de la navigation sur les lacs, non seulement à élever la limite d'abaissement mais aussi à maintenir, au moins pendant l'été, le niveau du lac de Bienne à la cote 429,25.

Le règlement de barrage de 1917

Mais un nouveau facteur était apparu qui allait provoquer une modification des principes même de la régularisation: Il s'agit de l'utilisation des forces hydrauliques. Celle-ci, encore presque inexistante en 1888,

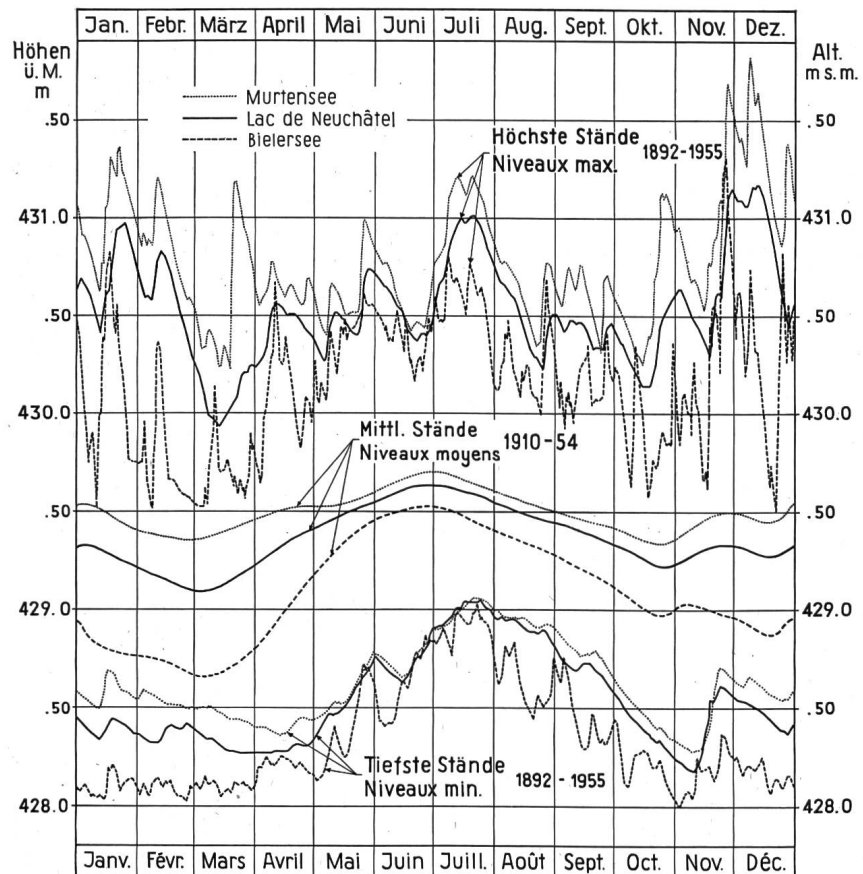


Fig. 2
Courbes limites maxima et minima
(1892—1955) et courbes moyennes
(1910—1954) des niveaux des lacs du pied
du Jura (RPN: 373,60)

Eidg. Amt für Wasserwirtschaft

Service fédéral des Eaux

s'était développée rapidement depuis le début du siècle. Aussi en 1917, l'Association des usines de l'Aar et du Rhin présentait-elle un nouveau projet de règlement établi par la Société Motor à Baden. Ce projet prévoyait notamment une surélévation des niveaux des lacs en automne afin d'augmenter la production hivernale d'électricité.

Vu la pénurie d'énergie qui sévissait alors — on se trouvait en pleine guerre mondiale — et tenant compte d'une recommandation du Département fédéral de l'économie publique, les cantons intéressés acceptèrent que ce règlement soit appliqué à titre provisoire. Avec l'autorisation de l'Inspection des travaux publics, il fut donc mis en vigueur dès l'hiver 1917/18. Mais on se trouvait dans une période pluvieuse, de sorte que le règlement ne fit vraiment sentir ses effets qu'à partir de l'hiver 1920/21.

L'article premier de ce nouveau règlement stipulait que le barrage de Nidau avait pour but:

- d'empêcher le niveau du lac de Bièvre de descendre au-dessous de la cote 428,06,
- d'accumuler de l'eau dans les lacs durant l'arrière-automne, ceci en vue d'augmenter, d'une manière aussi régulière que possible, les débits naturels d'étiage.

Par ailleurs, il fixait le niveau de retenue en automne à la cote 429,24 et précisait que ces mesures ne devaient pas conduire à augmenter les niveaux d'été.

Les articles suivants indiquaient les débits à écouler en fonction des niveaux du lac de Bièvre. Ils fixaient à 429,74 le niveau à partir duquel le barrage devait être complètement ouvert lorsque le lac montait et à 429,24 celui où l'on pouvait commencer à fermer le barrage lorsque le lac descendait. Comme on avait reconnu qu'il était essentiel pour la prévention des crues que le lac de Neuchâtel restât le moins longtemps possible au-dessus de son niveau moyen, même si le lac de Bièvre était à une cote normale, le règlement prévoyait une plus grande ouverture du barrage lorsque le lac de Neuchâtel dépassait sa cote moyenne. Il s'agissait, cette fois, d'un règlement essentiellement graphique avec zones de réglage bien déterminées.

En mars 1921, c'est-à-dire à la fin de l'hiver extraordinairement sec 1920/21, on envisagea d'abaisser exceptionnellement le niveau du lac de Bièvre jusqu'à la cote 427,74 en vue de faciliter l'approvisionnement du pays en énergie électrique. Mais les trois cantons supérieurs s'y opposèrent. En fait, le lac de Bièvre ne descendit pas au-dessous de la cote 428,04.

En 1922, les cantons riverains, consultés cette fois au sujet de la prolongation de l'application du règlement Motor au-delà du délai initialement prévu de cinq ans, firent part de leur accord, mais l'année suivante déjà, le 8 septembre 1923, le barrage, qui n'avait pas été construit pour permettre une surélévation des niveaux de l'eau en automne et qui, comme nous l'avons déjà relevé, était en mauvais état, se rompit partiellement.

ment alors que le niveau du lac de Bienne se trouvait à la cote 429,25 environ.

Les réparations effectuées immédiatement ne permirent, depuis lors, que d'appliquer le règlement de 1888. C'est donc sur la base de ce règlement que les lacs du pied du Jura furent régularisés de 1923 à 1939, date de la mise en service du nouveau barrage.

Le nouveau barrage de Nidau-Port

Une transformation de l'ancien barrage de Nidau, suranné et menaçant ruine, s'étant avérée irrationnelle et onéreuse, on décida de le remplacer par un nouvel ouvrage. Le nouveau barrage, implanté cette fois en aval de l'embouchure de l'ancienne Thielle, au droit du village de Port, fut construit de 1935 à 1939 selon le projet établi en 1934/35 par la Direction des travaux publics du canton de Berne. Il comporte une ouverture libre totale de 65 m répartie en cinq pertuis de 13 m, obturés par des vannes-wagons doubles. Une échelle à poissons est située dans la culée gauche, tandis qu'une écluse de navigation de 12 m × 52 m complète le barrage sur rive droite (voir fig. 3).

Le coût des travaux a été de 4 300 000 francs. Les 65 % de cette somme furent couverts par des subventions fédérales.

Les règlements de barrage 1917/39 et 1917/41

Comme celui de 1883, l'arrêté fédéral du 20 septembre 1935 accordant une subvention au canton de Berne pour la construction du nouveau barrage de Nidau prévoit que le canton doit assurer à ses frais le service du barrage et que les niveaux et débits doivent être réglés conformément au règlement établi par le Conseil fédéral. D'autre part, en 1935 déjà, tous les cantons intéressés — Berne y compris — avaient donné leur assentiment, non seulement à la construction du nouveau barrage, mais aussi à l'application du règlement «Motor» dès que le nouvel ouvrage serait terminé.

Ce fut le cas en 1939. Dès lors, on put donc appliquer un nouveau règlement, semblable dans ses grandes lignes au règlement «Motor» de 1917, mais fixant à 429,49 la cote du lac de Bienne au-dessus de laquelle le barrage doit être complètement ouvert, que le lac monte ou descende (limite de régularisation) et tenant compte bien entendu des caractéristiques et des possibilités de réglage du barrage récemment achevé. Mais certaines clauses de ce règlement — appelé règlement 1917/39 — pouvaient être interprétées de manière différentes, ce qui donna lieu à de nombreuses réclamations, notamment de la part des intéressés et cantons d'aval. Le Service fédéral des eaux chercha à améliorer la situation en précisant autant que possible les prescriptions ambiguës. Ces études conduisirent au règlement 1917/41 qui fut approuvé par tous les cantons riverains des lacs, puis par le Conseil fédéral le 17 juillet 1941. Ce règlement comporte des zones et des lignes de régularisation et fixe les débits à écouler au barrage en fonction du niveau du lac de Bienne tout en tenant compte aussi, non seulement du niveau du lac de Neuchâtel, mais encore de la tendance de ce lac à monter ou à descendre.

Mais la deuxième guerre mondiale faisait alors rage et de nouveau, notre pays devait chercher à augmenter dans toute la mesure du possible ses possibilités de production d'énergie indigène. Par un arrêté du

10 février 1942, remplacé le 16 juin de la même année par un arrêté plus complet — arrêtés pris tous deux en vertu des pleins pouvoirs — le Conseil fédéral autorisa le Département des postes et des chemins de fer à ordonner, de sa propre initiative ou pour donner suite aux demandes des usiniers de l'Aar, toutes les mesures propres à accroître la production des usines hydroélectriques, notamment en prescrivant l'exhaussement ou l'abaissement des niveaux des lacs naturels. Par la suite, le département en question délégua ces attributions à un commissaire.

Etant donné le rôle que peuvent jouer les trois lacs du pied du Jura dans la production des importantes usines situées à l'aval de Nidau, nombre d'ordonnances du commissaire concernèrent ces lacs. C'est ainsi que de 1942 à 1951, l'application du règlement 1917/41 fut suspendue chaque année durant de nombreux mois, en hiver en particulier. Cette réglementation spéciale favorisa notablement la production d'énergie. Si elle eut une influence sensible sur les niveaux moyens des lacs en hiver, ses répercussions sur les niveaux de crue furent cependant modestes. Lors des hautes eaux extraordinaires de 1944 par exemple, les niveaux maximums dépassèrent de 4 à 7 cm seulement ceux qui auraient été constatés si l'on avait appliqué le règlement 1917/41. En revanche, pendant les basses eaux de 1947, les lacs descendirent beaucoup plus bas que si ce règlement avait été respecté.

Le règlement de barrage de 1955

Il semblait que le retour à une situation économique plus normale allait permettre d'appliquer dorénavant d'une manière continue le règlement 1917/41, mais à nouveau, des circonstances imprévues allaient survenir. En effet, une crue presque aussi grave que celle de 1944 s'était produite en 1950; en 1952 puis derechef au début de 1955 d'importantes inondations affectaient à nouveau la région des lacs. Considérant la fréquence de ces crues ainsi que l'ampleur des dégâts causés tant aux cultures qu'aux constructions riveraines, les cantons directement intéressés de Vaud, Neuchâtel, Fribourg, Berne et Soleure, demandèrent formellement que le règlement 1917/41 soit remplacé au plus vite par un nouveau règlement «tenant compte uniquement des besoins des riverains et des niveaux des lacs et de l'Aar». Ce règlement devait rester en vigueur jusqu'au début des travaux de la deuxième correction des eaux du pied du Jura. Si cette substitution ne devait pas avoir lieu, les cantons intéressés déclaraient devoir décliner d'avance toute responsabilité au cas où de nouvelles inondations se produiraient.

Bien que l'adoption d'un nouveau règlement correspondant au désir des cantons risquât de rendre moins favorable les débits de l'émissaire des lacs, notre service dut reconnaître le bienfondé de cette demande. Comme il était nécessaire de disposer le plus rapidement possible d'un règlement répondant aux vœux des cantons, il parut indiqué de conserver dans ses grandes lignes le règlement 1917/41, mais en le modifiant durant la période dite d'hiver allant de la mi-août au début de mars, ceci afin d'abaisser sensiblement les niveaux qu'atteindraient alors les lacs en cas de crues de leurs affluents. Cette manière de faire était d'autant plus justifiée qu'il est probable que la durée d'application de ce nouveau règlement ne sera pas très

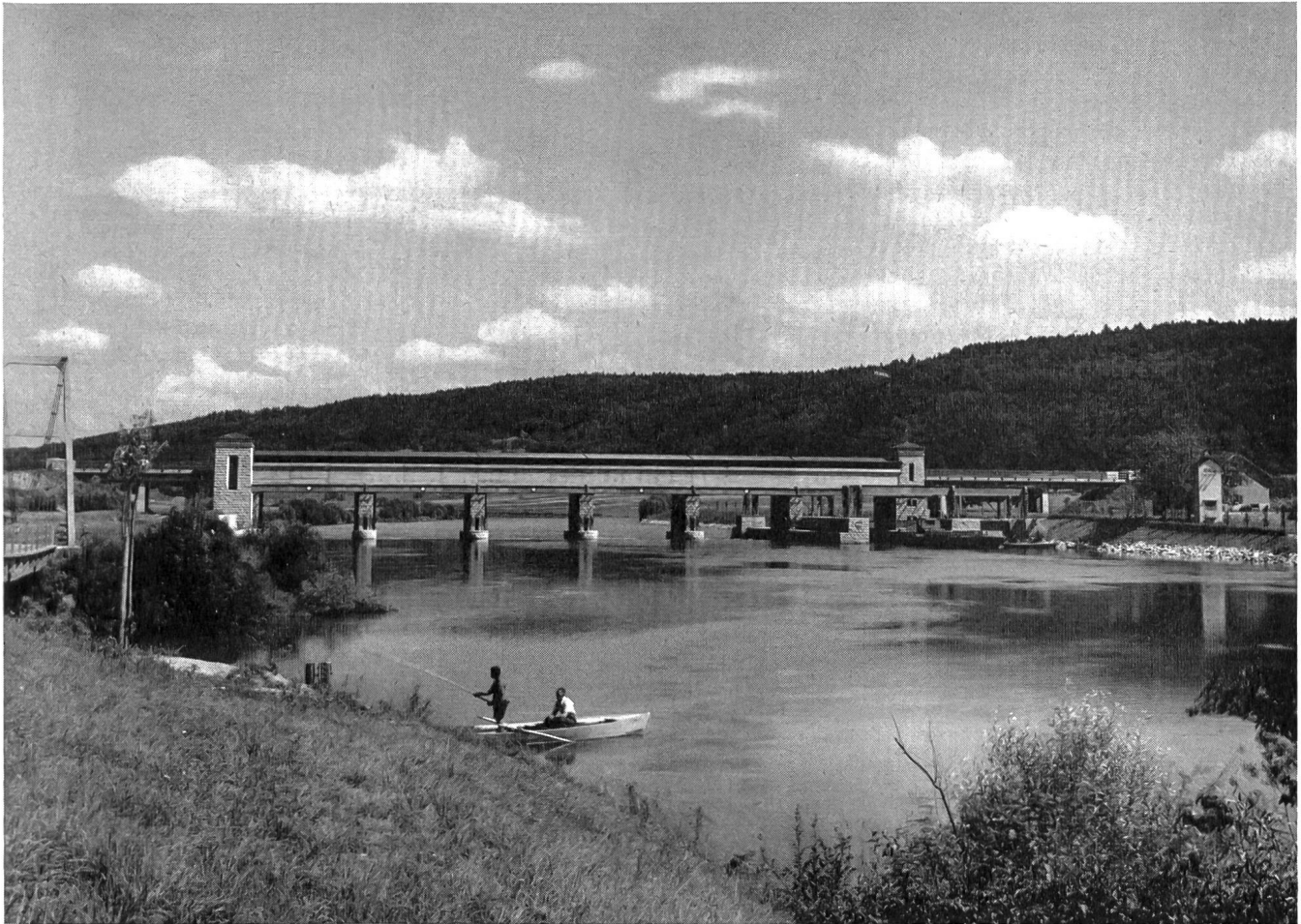


Fig. 3 Le barrage de Nidau-Port vu de l'amont; à gauche l'embouchure de la Thielle, à droite l'écluse de navigation

longue puisque les cantons en question ont la ferme intention de réaliser prochainement une nouvelle correction. Des calculs ont montré que si ce règlement provisoire de 1955 — c'est ainsi qu'il est désigné officiellement — avait déjà été appliqué alors, les niveaux maxima atteints par les lacs au cours des grandes crues de 1944, 1950, 1952 et 1955 auraient été réduits de 7 à 10 cm en moyenne, ce qui correspond à une diminution de 14 à 18 % du dépassement des limites des dégâts. Ces résultats peuvent paraître modestes à première vue; ils sont pourtant déjà très notables et ne pourraient être améliorés sans qu'il en résulte de graves inconvénients pour les riverains d'aval. Seuls de nouveaux et importants travaux de correction, tels que ceux envisagés actuellement, permettront d'établir un règlement susceptible d'améliorer radicalement la situation dans la région des lacs du pied du Jura sans pour autant que le régime de l'Aar à l'aval de Nidau ne devienne inacceptable pour ses riverains.

Quelques considérations générales

Nous avons pensé qu'il était intéressant de rappeler brièvement les diverses phases par lesquelles a passé la régularisation des lacs du pied du Jura, de ses débuts à nos jours. Malgré le peu de place restant dis-

ponible, il convient de compléter cet aperçu essentiellement historique par quelques considérations d'ordre plus général.

Tout règlement ne peut être qu'un compromis

Tout d'abord, il faut constater que dans les régions très peuplées et intensivement cultivées au milieu desquelles sont situés la plupart de nos grands lacs naturels, la régularisation de ceux-ci pose d'importants et complexes problèmes vu la multiplicité et la diversité des intérêts en présence: constructions riveraines, pêche, navigation, agriculture, hygiène, protection du paysage, etc. Les desiderata concernant les niveaux des lacs sont souvent divergents, parfois même contradictoires. De plus, les intérêts des riverains des lacs se heurtent souvent à ceux des riverains des émissaires, notamment à ceux des usiniers. Il arrive aussi que les vœux des représentants d'une même sphère d'activité, navigation ou pêche par exemple, soient opposés selon qu'il s'agisse de la navigation ou de la pêche sur les lacs ou sur leurs émissaires. Toute réglementation, pour être équitable, ne peut donc consister qu'en un compromis dont la mise au point nécessite de longues études préalables. Lors de l'étude d'un nouveau règlement, il convient donc que tous les intéressés fassent preuve de modération dans leurs prétentions et de compréhension pour les besoins des autres secteurs intéressés.

Règlements souples ou rigides?

Alors que les anciens règlements de barrage n'étaient guère précis et indiquaient davantage les buts à poursuivre que les manœuvres à effectuer à cet effet, la plupart des règlements modernes précisent — généralement sous forme graphique — sinon ces manœuvres elles-mêmes, du moins les débits à écouler au barrage de régularisation.

L'idéal consisterait naturellement à disposer d'un certain nombre de règlements différents, chacun de ceux-ci étant établi en fonction du caractère possible des années: années humides, années sèches, etc. De tels règlements sont appliqués en Suède par exemple, où le régime estival des cours d'eau dépend avant tout de la quantité de neige tombée en hiver et peut donc être prévu assez facilement. C'est ainsi que pour certains lacs, on a établi trois règlements différents: un pour les années avec fortes chutes de neige, un autre pour les années avec chutes moyennes et un troisième pour celles pauvres en précipitations nivales. Pour les lacs de notre pays, en particulier pour ceux du pied du Jura, dont le bassin versant actuel s'étend à la fois sur les Alpes, le Plateau et le Jura, des prévisions au sujet du débit de leurs affluents, même de courte durée, ne sont guère possibles. On est donc obligé d'avoir recours à un règlement unique, dont l'application, tout en maintenant les niveaux à des cotes raisonnables pendant les années normales, entraîne le moins possible d'inconvénients tant au cours des années sèches que durant les années de hautes eaux.

D'aucuns estiment que précisément pour pouvoir tenir compte de la diversité du caractère hydrographique des différentes années, ces règlements ne devraient pas être très précis, mais au contraire comporter des clauses assez souples, de manière que le gardien ou l'organisme chargé de la régularisation jouisse d'une certaine liberté d'appréciation. En réalité, les expériences faites dans ce domaine montrent que même en disposant de certains renseignements complémentaires, comme par exemple les débits des affluents à un lac, il est encore très difficile de choisir la meilleure réglementation. Souvent même, on peut constater après coup qu'une régularisation effectuée selon un règlement univoque aurait été tout aussi favorable. La stricte application d'un règlement précis présente aussi le grand avantage suivant: pour autant qu'ils disposent du règlement et des données sur lesquelles il se base, c'est-à-dire avant tout des niveaux des lacs, et en supposant que la situation météorologique n'évolue pas trop rapidement, tous les intéressés peuvent se rendre compte eux-mêmes des manœuvres qui vont être effectuées au barrage de régularisation; il leur est donc facile de prendre, sans aucun retard, les mesures utiles, sans rester dans l'incertitude jusqu'au moment où on leur communique les manœuvres réalisées effectivement.

Difficulté de régler plusieurs lacs interdépendants

S'il est relativement facile de régler le niveau d'un seul lac au moyen d'un barrage situé sur son émissaire, il est en revanche beaucoup plus difficile de régler les niveaux de plusieurs lacs interdépendants lorsqu'il n'existe qu'un seul barrage de régularisation pour l'ensemble du système. Dans le cas des lacs du pied du Jura, cette opération est d'autant plus délicate que le lac de Bienne, le seul sur lequel on peut agir directe-

ment, est relativement petit et que le lac de Neuchâtel, dont la surface est 5,5 fois plus grande, communique avec lui par un canal dont la capacité d'écoulement est relativement faible. Il s'ensuit que les manœuvres effectuées au barrage n'agissent qu'avec un fort retard sur les niveaux des deux lacs supérieurs et que la régularisation n'a sur eux qu'une influence limitée. Cet inconvénient se fait surtout sentir après les crues importantes. En effet, il n'est alors pas possible d'abaisser le lac de Neuchâtel aussi rapidement qu'il serait désirable et cela même en maintenant le lac de Bienne aussi bas que le permettent, d'une part, la capacité de son émissaire, d'autre part, les intérêts de ses riverains. Une nouvelle crue des affluents aux lacs survenant à un moment où le lac de Neuchâtel n'est pas encore redescendu à une cote normale risque alors de provoquer de graves inondations. C'est ce qui s'est produit lors des hautes eaux de ces dernières années.

Importance de la rétention des lacs

Même lorsqu'un lac n'est pas régularisé, c'est-à-dire que son émissaire ne comporte aucun ouvrage permettant d'agir sur ses niveaux, ces derniers subissent des fluctuations importantes au cours des années. Or le volume compris entre les niveaux extrêmes constitue une capacité de rétention très précieuse puisqu'elle permet d'amortir considérablement les variations de débit de l'émissaire par rapport à ceux des affluents. C'est ainsi que les apports totaux aux lacs du pied du Jura ont atteint lors de la crue de janvier 1955 la valeur momentanée maximum de 1900 m³/sec environ, tandis que le débit de l'Aar à Nidau n'a pas dépassé 610 m³/sec (voir fig. 4). En sens inverse, lors d'étiages même prononcés, le débit de l'Aar en cet endroit n'a été, depuis 1910, que très rarement inférieur à 90 m³/sec, alors que celui des apports aux lacs descend souvent, en automne et en hiver, au-dessous de cette valeur.

En retardant les crues de l'émissaire, la rétention d'un lac contribue encore d'une autre manière à réduire leur importance. En effet, ces crues ne se produisent qu'après celles des affluents de l'émissaire, l'Emme, la Dünnern, la Wigger, etc. dans le cas de l'Aar. Depuis la correction des eaux du pied du Jura, il n'y a donc plus, en aval du lac de Bienne, simultanéité des crues de l'Aar et de celles de ces divers cours d'eau.

Il ressort de la fig. 1 que les lacs subjuraasiens ont toujours présenté, avant comme après la correction, des variations annuelles de niveau de l'ordre de grandeur de 1 à 2 m. Il est évident que, même une fois effectuée la nouvelle correction prévue, une amplitude suffisante devra subsister entre les niveaux extrêmes si l'on veut éviter que le régime de l'émissaire ne devienne trop irrégulier.

Influence des bassins d'accumulation

La construction de nombreux bassins d'accumulation (Montsalvens, Grimsel, Gelmer, Rossens, Rätherichsboden, Oberaar) dans le bassin de réception des lacs du pied du Jura a amélioré leur régime et facilité dans une certaine mesure leur régularisation. En moyenne, les apports de printemps et d'été ont diminué alors que ceux d'automne et d'hiver ont augmenté. Il en résulte que les hautes eaux normales des lacs en été sont un peu moins élevées tandis que les niveaux d'étiage en automne et en hiver sont moins bas. L'écart entre les

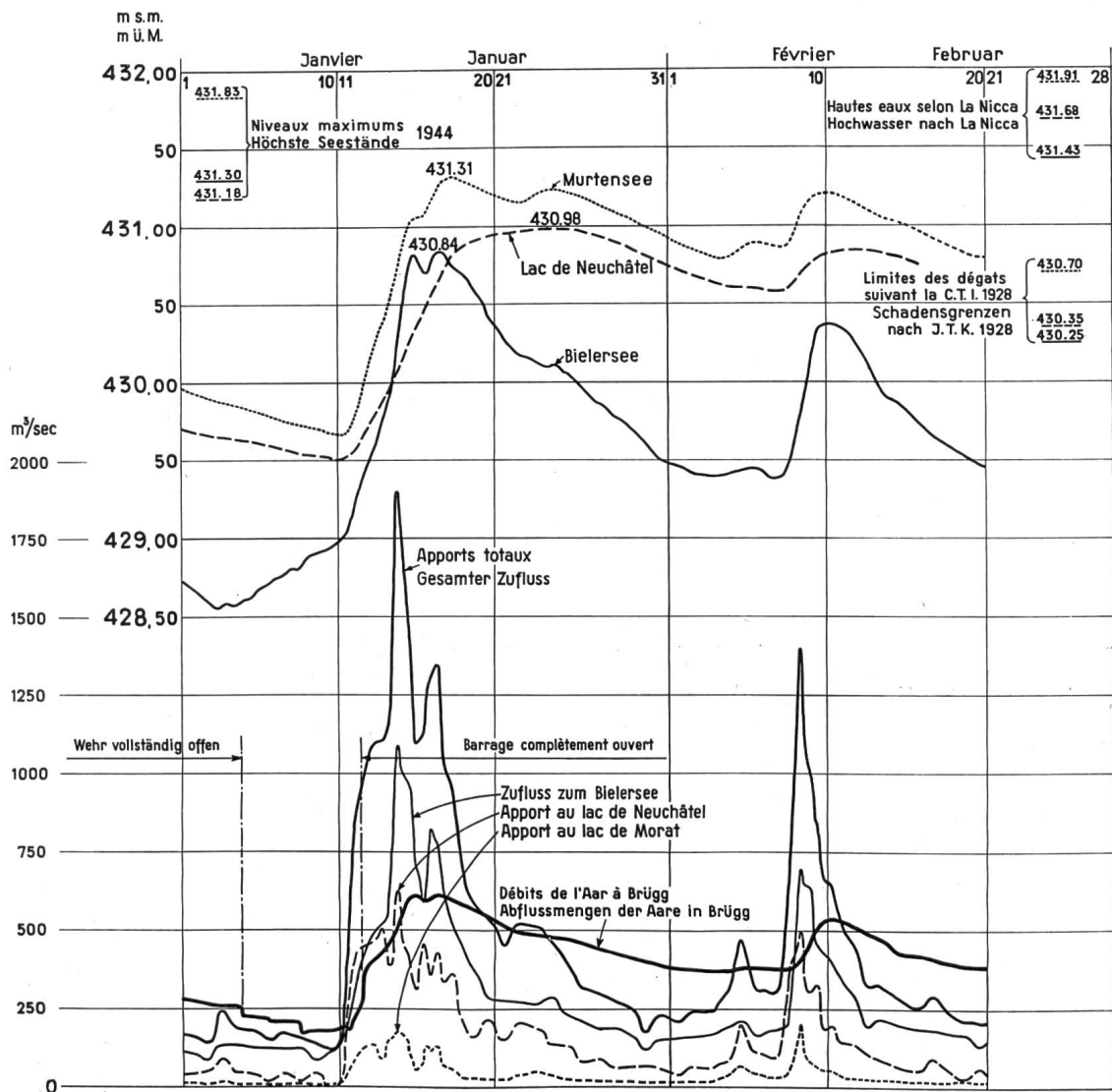


Fig. 4 Niveaux des lacs du pied du Jura, débits des apports (calculés) et de l'émissaire (mesuré à Brügg s. l'Aar) pendant les hautes eaux de janvier-février 1955 (RPN: 373,60)

niveaux des extrêmes de la courbe annuelle moyenne des niveaux (voir fig. 2) a donc diminué ces dernières années. Pour plus de renseignements à ce sujet, nous renvoyons les lecteurs à l'article de MM. Walser et Lanker paraissant également dans le présent numéro.

Règlements et corrections éventuelles

Une régularisation, et surtout un règlement déterminé, ne sauraient être définitifs, car les besoins et les desiderata des riverains d'un lac et de son émissaire évoluent au cours des années. En outre, nombre de travaux effectués dans le bassin versant d'un lac (création de lacs d'accumulation, dérivations vers d'autres bassins versants, corrections de cours d'eau, améliorations foncières, etc.) modifient souvent le régime et même l'importance des apports. Enfin, les circonstances obligent parfois à accorder, au moins temporairement, la priorité à certains intérêts déterminés plutôt qu'à d'autres. A condition que les frais en résultant ne soient pas excessifs, il convient donc, lors de nouveaux travaux de correction, de faire en sorte que ceux-ci soient suffisamment importants pour permettre à l'avenir une certaine adaptation du règlement de barrage initial à de nouvelles situations sans qu'il s'ensuive des incon-

véniements trop graves pour l'un ou l'autre des secteurs intéressés.

Mise au point des règlements

Il est de règle, avant de mettre en vigueur un nouveau règlement de barrage, de calculer rétrospectivement quels auraient été les niveaux du lac et les débits de son émissaire, non seulement durant de courtes périodes comportant des débits extrêmes: crues ou étiage prononcés mais aussi d'une manière continue durant une série d'années récemment écoulées. C'est seulement de cette manière que les intéressés peuvent se rendre compte avec précision des effets du règlement proposé. Or ces calculs dits «de régime» deviennent extrêmement longs lorsqu'on se trouve en présence — comme dans le cas des lacs subjurassiens — de trois nappes d'eau dont les niveaux dépendent les uns des autres. En effet, les variations des plans d'eau de ces lacs et celles des débits de leurs émissaires s'expriment alors sous forme d'un système d'équations différentielles non-linéaires. En règle générale, celles-ci sont mises sous forme de différences finies, puis résolues par approximations successives, ce qui, vu les tâtonnements que comporte cette méthode, est extrêmement long.

On s'est donc demandé s'il ne serait pas possible d'utiliser les moyens modernes dont on dispose actuellement pour résoudre plus élégamment ces calculs. Après avoir examiné diverses possibilités, c'est à l'utilisation d'une machine du type analogique que s'arrêta notre service; celle-ci a été construite par l'Institut de mathématique appliquée de l'EPF. Pour un autre de nos grands lacs naturels, c'est au moyen d'une machine à cartes perforées que les mêmes calculs — à vrai dire beaucoup plus simples puisqu'il ne s'agit que d'un seul lac — sont en cours d'exécution.

Si l'utilisation toujours plus intensive de nos lacs, de leurs émissaires et de leurs rives nécessite la mise au point de règlements toujours plus raffinés et par conséquent des études préliminaires toujours plus poussées, il est heureux que le développement de la science

et de la technique mettent à disposition de nouveaux moyens facilitant l'exécution de ces travaux.

Bibliographie :

Peter A., Die Juragewässerkorrektion, Bern, 1922.
 Baudirektion des Kantons Bern, Die Wehranlage Port, Bericht der Bauleitung, Bern, 1945.
 Quartier A., Le lac de Neuchâtel. Mémoires de la Société neuchâtoise de géographie, Vol. 1, Neuchâtel, 1948.
 Chavaz F., Une machine à calculer le régime des lacs subjuraissiens. «Cours d'eau et énergie», 43ème année, No 12, décembre 1951.
 Chavaz F., La nouvelle correction des eaux du pied du Jura et l'aménagement des forces hydrauliques du bassin de la Sarine. Bulletin de la Société fribourgeoise des Sciences naturelles. Vol. 43 (1953).
 Chavaz F. et Baer M., La nouvelle correction des eaux du pied du Jura. Bulletin technique de la Suisse romande, 81ème année, No 21—22, 20 octobre 1955.

Die Wasserkraftnutzung im Einzugsgebiet der Aare vom Quellgebiet bis zum Bielersee

Ing. P. Affolter, Bernische Kraftwerke AG, Bern

a) Aare von der Grimsel bis zum Brienersee

Es gibt in den Alpen kaum ein Gebiet, das so viele Vorzüge für den Bau von Akkumulierwerken bietet wie das Haslital: topographisch günstige, hochgelegene Talmulden in einwandfreiem, festem und undurchlässigem Gestein, große, mit Gletschern reichlich versehene und unbesiedelte Einzugsgebiete sowie konzentrierte Gefälle.

Schon im Jahre 1905 sind für die verfügbaren, großen Wasserkräfte von der Grimsel bis Innertkirchen Interessenten aufgetreten, einerseits der Industrielle Müller-Landsmann, der beabsichtigte, die dortigen Eisenerze elektrisch zu verhütten und andererseits die Bernische Kraftwerke AG (BKW), (bzw. die vereinigten Kander- und Hagneckwerke, wie die Firma damals hieß), welche auf Initiative ihres Begründers und damaligen Direktors Ed. Will diese günstigen Wasserkräfte für die allgemeine Energieversorgung sichern wollten. Der Regierungsrat des Kantons Bern erteilte am 7. März 1906 die Konzession an die BKW, die bis zum Bau der ersten Stufe Handeck I in den Jahren 1925 bis 1932, also während etwa 20 Jahren, die Projekte in geologischer, hydrologischer und bautechnischer Beziehung abklärten oder durch Experten abklären ließen.

Von der am 20. Juni 1925 gegründeten Tochtergesellschaft Kraftwerke Oberhasli AG (KWO) wurden seither die folgenden Werke erbaut:

Handeck I	1925 bis 1932
Innertkirchen	1940 bis 1942 (erweitert 1946 bis 1952)
Handeck II	1947 bis 1950 (erweitert 1957)
Oberaar	1951 bis 1954

Die meistens stark vergletscherten Einzugsgebiete und die mittleren Abflussmengen, welche für die Energieerzeugung der KWO-Werke in Betracht fallen, betragen:

	Oberfläche km ²	Mittl. jährl. Abflussmengen Mio m ³ /Jahr
Oberaar, Unteraar, Gelmersee	111,5	241
Rätherichsboden und Gauli	64,3	128
Handeck, Gadmental	102,7	228
Total	278,5	597

Zum Ausgleich der Sommer- (etwa 90 %) und der Winterabflüsse (etwa 10 %) wurden die folgenden Akkumulieranlagen erstellt:

Stauanlage	Stauziel	Nutzinhalt	Energieinhalt	Mauerkubatur
	m ü. M.	Mio m ³	GWh	1000 m ³
Grimsel	1909,54	100	275	408
Gelmersee	1850,24	13	36	81
Rätherichsboden	1767,00	27	70	278
Gauli-Mattenalp	1875,50	2	5	11
Totensee	2160,00	2,5	7	4
Trübensee	2365,24	1	4	1
Oberaar	2303,00	58	218	500
Total		203,5	615	1283

Die Bruttogefälle, Ausbauwassermengen und installierten Turbinenleistungen der Werke betragen:

Kraftwerk	Anzahl Maschinen	Leistung pro Maschine	Total Leistung	Bruttogefälle	Ausbauwassermenge
		PS	PS	m	m ³ /s
Oberaar	1	42 000	42 000	532	7,5
Handeck I	4	30 000	120 000	547	20,3
Handeck II	4	41 000	164 000	463	31
Innertkirchen	5	65 000	325 000	672	40

Da die natürlichen Zuflüsse zum Stausee Oberaar nicht genügen, um denselben während des Sommers zu füllen, ist in der Zentrale Grimsel eine Speicherpumpe (29 000 PS, 4 m³/s) installiert, die im Sommer etwa 20 Mio m³ Grimselseewasser in die Oberaar befördert.