

Zeitschrift: Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 52 (1960)
Heft: 3

Artikel: La régularisation des lacs au cours du dernier demi-siècle
Autor: Chavaz, Fernand
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-921736>

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: 19.02.2026

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

La régularisation des lacs au cours du dernier demi-siècle

Fernand Chavaz, sous-directeur, et Siegfried Gyga, ingénieur, du Service fédéral des eaux

DK. 627.175

I. Introduction

1. Les lacs naturels dont notre pays est si largement doté, ne sont pas seulement des joyaux du «village aimé de la patrie». En effet, tout en jouant un rôle primordial dans le régime des bassins fluviaux dont ils font partie, leurs niveaux intéressent en outre nombre d'autres domaines. En dressant un projet de régularisation, il ne suffit donc pas d'étudier ses répercussions sur la pêche, la navigation, l'économie hydro-électrique ou l'hygiène, mais il faut encore considérer son incidence sur les constructions, voies de communication et terrains agricoles situés sur ses rives et sur celles de son émissaire. En outre, les ouvrages destinés à régler le débit de ces émissaires et par là le niveau des lacs sont souvent situés au cœur de villes importantes: Genève pour le lac Léman, Lucerne pour le lac des Quatre-Cantons, Zurich pour celui du même nom. La situation de ces ouvrages ainsi que le type choisi et la manière de le réaliser peuvent donc modifier plus ou moins heureusement l'esthétique du quartier intéressé. Quant à l'urbanisme de ces quartiers comme celui de la plupart des localités riveraines, il ne saurait être ignoré puisque les niveaux extrêmes résultant de la solution adoptée déterminent l'aménagement et les conditions d'exploitation des débarcadères, quais, ports, établissements de bains, canalisations, etc. En résumé, la régularisation de nos lacs constitue incontestablement un problème d'aménagement régional qui ne peut être résolu sans procéder à une étude vaste et approfondie de tous les intérêts, toujours complexes et souvent divergents, entrant en ligne de compte.

En règle générale, la régularisation aura pour but de réduire l'amplitude des variations extrêmes du plan d'eau en évitant les niveaux trop bas ou trop élevés, car les uns comme les autres peuvent être la cause de graves inconvénients et même de dommages considérables le long des rives. Un certain jeu doit cependant subsister, car le lac doit continuer à jouer son rôle d'amortisseur et éviter par conséquent des débits extrêmes — trop grands débits de crue ou trop faibles débits d'étiage — de l'émissaire. Quant aux travaux

nécessités par ces régularisations, ils consistent d'habitude en des dragages destinés à accroître la capacité d'évacuation de l'émissaire et la construction d'un barrage mobile à la sortie du lac. Un règlement prescrivant la manière dont ce barrage doit être manœuvré est aussi indispensable.

2. Le développement rapide de l'industrie et des moyens de communications intervenu dans la deuxième moitié du siècle dernier fut à l'origine des premiers projets de régularisation dignes de ce nom. Alors que jusqu'à cette époque, les travaux effectués à la sortie de nos lacs ne l'avaient été qu'en vue d'un seul objectif bien déterminé, on commença à se rendre compte que pour être rationnels, de tels travaux devaient et pouvaient servir à plusieurs fins: protection contre les inondations, suppression de niveaux trop bas, production d'énergie, navigation, urbanisme, etc.

D'autre part, il n'est pas étonnant que de tels projets furent non seulement étudiés, mais aussi réalisés, là surtout où les nouveaux ouvrages de régularisation prévus devaient se trouver au milieu d'une ville importante. En effet, non seulement celles-ci disposaient de moyens leur permettant de participer dans une mesure très appréciable au financement des travaux, mais elles le faisaient d'autant plus volontiers qu'elles en étaient les principales bénéficiaires.

Les barrages de régularisation érigés à cette époque le furent selon des types alors usuels: barrages à aiguille à Lucerne et à Zurich, barrage à rideaux à Genève. Quant aux usines mettant en valeur la force hydraulique, l'énergie mécanique qu'elles produisaient était distribuée aux usagers des environs — au début tout au moins — soit sous forme d'eau sous pression (usine de la Coulouvrenière), soit au moyen de transmissions par câbles s'enroulant sur des poulies fixées sur de gros socles en maçonnerie. Aujourd'hui encore, on peut voir plusieurs de ces anciens socles à Zurich, sur la rive gauche de la Limmat, entre l'embouchure de la Sihl et le pont du Grenier.



Fig. 1
Barrage à vannes levantes en bois,
à Interlaken (1856)

C'est également durant la deuxième moitié du siècle dernier, soit de 1867 à 1891, que fut réalisée la grande œuvre que représente la première Correction des eaux du Jura. A vrai dire, ces travaux ne constituèrent peut-être pas une régularisation de lacs, selon l'acception donnée généralement à ce terme. En effet, bien qu'une amélioration considérable des conditions d'écoulement des trois lacs subjurassiens en ait résulté et qu'un barrage fut construit à Nidau afin de permettre de régler leurs niveaux, l'amplitude des variations de ceux-ci ne fut guère modifiée. Il n'en reste pas moins que la première Correction des eaux du Jura améliora dans une telle mesure la situation tout autour des lacs comme le long de l'Aar jusqu'au delà de Soleure qu'elle devait aussi être signalée ici.

II. Considérations générales :

1. L'utilisation toujours plus intensive des terrains bordant les lacs et surtout la construction de puissantes usines au fil de l'eau sur l'émissaire de ceux-ci, le Rhône, l'Aar, la Reuss, la Limmat, le Rhin, fut à l'origine de *nouvelles études* en vue de parfaire les corrections déjà réalisées ou de régulariser les lacs qui ne l'étaient pas encore; Lac de Constance, lac Majeur, lac de Lugano, etc. C'est au cours de la décennie 1920—1930 que ces études furent particulièrement poussées par notre service. On sortait alors d'une période de pénurie d'électricité due à la première guerre mondiale, puis à la sécheresse de 1921. D'autre part, il n'existait encore que très peu de bassins d'accumulation en amont de nos lacs. C'est ce qui explique pourquoi la plupart de ces nouveaux projets de régularisation cherchaient surtout à améliorer les débits d'étiage de l'émissaire, ceux d'hiver surtout. A cet effet, une partie accrue des apports d'été et d'automne aux lacs devait être retenue pour n'être écoulee qu'au cours de l'hiver suivant. Mais un tel mode d'exploitation impliquait de plus hauts niveaux des lacs en automne. Or c'est précisément à cette saison, alors que la fonte des premières neiges et de fortes pluies peuvent se superposer, que de grandes crues des tributaires des lacs sont à craindre. Toute surélévation de leurs niveaux en automne appelle donc, comme corollaire, une très grande correction de l'émissaire car il faut pouvoir évacuer im-

médiatement tous les apports ou presque puisqu'il faut empêcher que les lacs ne montent encore d'une manière appréciable. Ce n'est en effet qu'à cette condition seulement qu'il est possible de réduire le volume de rétention d'un lac destiné à la protection contre les crues au profit du volume d'accumulation, disponible lui, pour améliorer le régime de l'émissaire et par conséquent la production d'énergie.

Mais depuis quelques décennies, la situation a beaucoup évolué. Dans chaque bassin versant de nos grands lacs, nombre d'accumulations parfois très importantes ont déjà été aménagées ou vont l'être encore, tant et si bien que leur volume total représentera bientôt un multiple de celui que l'on aurait pu gagner au moyen des régularisations envisagées. Le tableau ci-dessous donne des indications suggestives à ce sujet.

D'un autre côté, l'interconnexion est générale, ce qui facilite considérablement les échanges d'énergie en périodes de faible production dans une usine donnée avec d'autres aménagements disposant d'excédents ou de réserves. D'ailleurs, beaucoup d'entreprises propriétaires d'usines au fil de l'eau situées sur des émissaires de nos lacs possèdent aussi des accumulations en amont de ces derniers. Il résulte de cette évolution que le rôle d'accumulation saisonnière que l'on avait envisagé de faire jouer à nos lacs naturels s'est un peu estompé. En revanche, la production d'énergie attend maintenant qu'ils jouent peut-être d'avantage encore qu'auparavant celui de bassin de compensation à court terme, ou bassin-tampon, entre les usines à accumulation d'amont et les usines au fil de l'eau d'aval.

Si donc cet aspect de la régularisation de nos lacs est peut-être moins primordial qu'il y a vingt ou trente ans, d'autres points de vue par contre ont encore gagné en importance. En effet, depuis quelques décennies, la valeur des terrains qui les bordent a augmenté sans cesse de sorte qu'elle a souvent décuplé, parfois centuplé. L'expansion des villes et les répercussions de la vie moderne sur le système nerveux ont accru, dans nos populations, le besoin de se détendre et de se rétablir dans la nature. C'est ainsi qu'aujourd'hui sur de grandes longueurs, les rives de nos lacs sont parsemées de maisons de week-end ou de vacances. Quant aux terrains encore purement agricoles intéressés par les ni-

Capacité d'accumulation dans les bassins versants (Etat fin 1959)

Nom du lac	Surface du lac	Volume de retenue				Epaisseur correspondante de la lame d'eau du lac			Débit correspondant de l'émissaire pendant 6 mois		
		millions de m³				m			m³/s		
	Aménagé	En cours d'amé- nagement	Projeté	Total	Aménagé et en cours d'amé- nagement	Projeté	Total	Aménagé et en cours d'amé- nagement	Projeté	Total	
km²											
Lac Léman	582	572	300	515	1387	1,50	0,89	2,39	55,5	32,8	88,3
Lac de Constance¹	542	305	261	861	1427	1,04	1,59	2,63	36,0	54,9	90,9
Lacs du Jura	281	430	2	45	477	1,54	0,16	1,70	27,5	2,9	30,4
Lac Majeur²	212	170	86	212	468	1,21	1,00	2,21	16,3	13,5	29,8
Lac des Quatre-Cantons	114	59	75	15	149	1,18	0,13	1,31	8,5	1,0	9,5
Lac de Zurich	91	297	96	—	393	4,31	—	4,31	25,0	—	25,0
Lac de Thoune	49	204	2	—	206	4,21	—	4,21	13,1	—	13,1

¹ Avec les retenues allemandes et autrichiennes

² Retenues suisses seulement

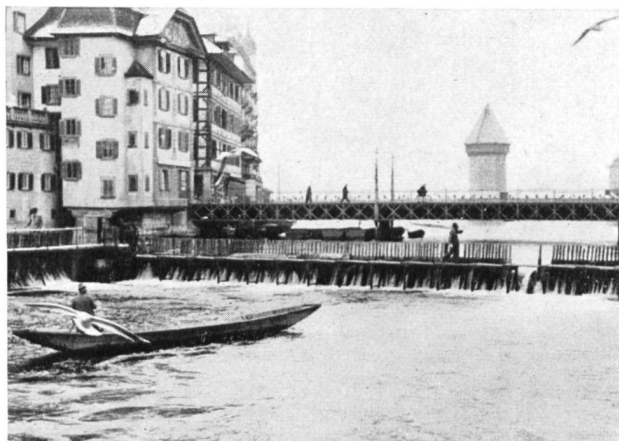


Fig. 2 Barrage à aiguilles, à Lucerne (1861)

veaux des lacs ou de leurs émissaires, ils sont utilisés presque partout d'une manière intensive et beaucoup ont même été transformés en d'opulents vergers ou en jardins plantureux. C'est donc la protection contre les inondations d'une part, comme celle contre de trop bas niveaux d'autre part, qui est devenue essentielle, ce qui naturellement ne veut pas dire que les autres aspects pourraient être ignorés, ni même négligés.

2. *Le règlement de barrage* constitue un élément essentiel d'un projet de régularisation puisque c'est lui qui permet de calculer, et par conséquent de prévoir, les effets des ouvrages projetés. Il est évident toutefois que pour de mêmes travaux de correction et un même barrage de régularisation, il est possible d'imaginer toute une gamme de règlements non seulement en ce qui concerne leur type, mais aussi leurs effets. D'ailleurs, un règlement déterminé ne saurait être définitif car les besoins et les desiderata des riverains d'un lac et de son émissaire évoluent au cours des années. Comme nous l'avons déjà relevé, des travaux effectués dans le bassin versant d'un lac : création de nouvelles accumulations, dérivations vers d'autres bassins versants, corrections de cours d'eau, améliorations foncières, modifient souvent son régime et même l'importance de ses apports. Enfin, les circonstances obligent parfois à accorder, pendant un certain temps, la priorité à certains intérêts déterminés plutôt qu'à d'autres. C'est ainsi que durant la première guerre mondiale déjà, mais surtout au cours de la deuxième, la plupart de nos grands lacs naturels ne furent plus régularisés selon les règlements de manœuvre normalement en vigueur, mais suivant des ordonnances spéciales édictées en vertu des pleins pouvoirs, dans le cadre des mesures propres à augmenter la production des centrales hydro-électriques. En fait, ce fut un commissaire, nommé par le département des postes et des chemins de fer, qui fut chargé de cette tâche, parfois difficile et souvent ingrate, mais qui contribua sensiblement à atténuer la pénurie d'énergie dont souffrait alors notre pays.

Lorsqu'on envisage l'exécution de nouveaux travaux de régularisation, il convient donc de faire en sorte que leurs dimensions permettent à l'avenir une certaine adaptation du règlement de barrage initial à de nouvelles situations, ceci naturellement pour autant que le supplément de frais qui en résulte ne soit pas excessif.

Il est aussi intéressant de relever l'évolution suivie tant par la forme donnée aux règlements que par la plus ou moins grande liberté d'action qu'ils laissent aux organes chargés de les appliquer. Les règlements élaborés au siècle dernier n'étaient guère précis. En règle générale, ils comportaient un certain nombre de clauses indiquant davantage les buts à poursuivre que les manœuvres à effectuer, ce qui laissait au gardien du barrage une large marge d'appréciation. Mais cette imprécision n'allait pas sans inconvénient. En effet, chaque intéressé était tenté d'interpréter ces règlements à sa seule convenance, ce qui naturellement était la source de nombreuses réclamations. Quant au gardien qui, la plupart du temps, ne disposait pas d'informations, même rudimentaires, sur la situation météorologique et hydrographique momentanée et encore moins de prévisions quant à son évolution, il devait s'en remettre à sa propre expérience qui, dans ce domaine si complexe, ne pouvait être que très relative.

C'est pourquoi les règlements élaborés ces dernières décennies prescrivent d'une manière évitant toute ambiguïté, sinon comment doivent être manœuvrées les vannes du barrage, du moins les débits que celles-ci doivent évacuer. Rédigés sous forme graphique, ils prescrivent donc d'une manière très précise, en fonction de la date et du niveau du lac — des conditions complémentaires pouvant être assorties à ces deux paramètres de base — le régime de l'émissaire, ce qui par voie de conséquence détermine aussi celui du lac lui-même.

Il est évident que de tels règlements ne sont pas encore l'idéal en ce sens qu'ils ne constituent que des compromis — et cela non seulement quant à leurs effets au regard des diverses catégories d'intéressés, ce qui ne saurait être évité — mais parce qu'ils ne tiennent pas compte des conditions particulières de la saison ou de l'année considérée : précipitations dans le bassin versant, débits momentanés des affluents, réserves nivales plus ou moins fortes, saison plus ou moins humide, etc., ni de l'évolution probable que subiront ces facteurs ; les besoins des usagers peuvent aussi être différents selon l'année considérée. Or, grâce au développement de nos connaissances dans ces divers domaines comme aussi à la possibilité de transmettre pour ainsi dire instantanément les observations faites en de multiples endroits à une centrale chargée de les dépouiller et d'en tirer des conclusions quant aux prévisions à court et même à moyen terme, on peut envisager un retour à une réglementation plus souple, laissant donc une certaine liberté d'appréciation aux organes chargés de l'appliquer. On reviendrait donc sous cet aspect du moins, à la situation qui a caractérisé la deuxième moitié du XIX^e siècle, mais en disposant des moyens d'information, de transmission et de déduction les plus modernes en lieu et place de l'expérience très sujette à caution et de l'empirisme des anciens gardiens de barrages. C'est ainsi qu'aux Etats-Unis notamment, la régularisation de plusieurs grands lacs est déjà assurée par des organismes recevant constamment de toutes les régions de leur bassin versant des données précises sur les principaux facteurs entrant en ligne de compte. Ces nombreuses et diverses indications sont aussitôt introduites dans un ordinateur électronique qui est chargé d'en tirer certaines conclusions quant à l'évolution probable des apports au lac et le débit le plus indiqué qu'il conviendrait donc d'évacuer par le bar-

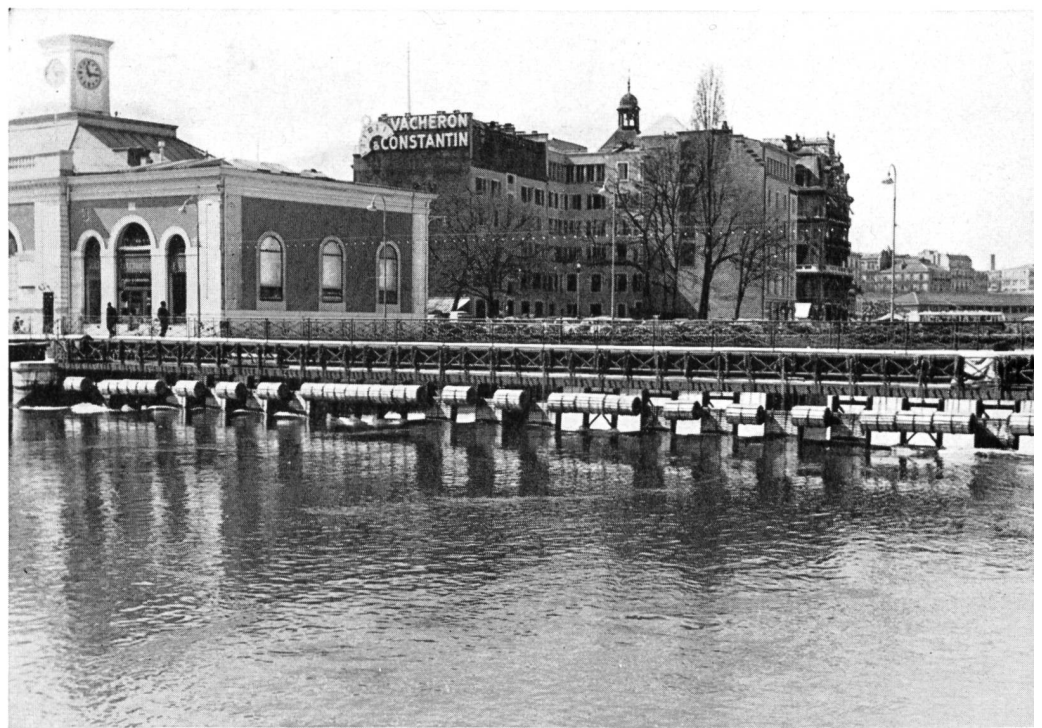


Fig. 3
Barrage à rideaux ou à rouleaux
à Genève (1888)

rage, compte tenu des besoins de tous les intéressés.

Il est évident que ce qui vaut pour de vastes lacs dont les eaux de leurs tributaires mettent des jours et parfois des semaines pour leur parvenir, ne saurait s'appliquer sans autre aux bassins de faible étendue de notre pays. On ne peut toutefois s'empêcher de se demander si, malgré l'exiguité de nos conditions, une certaine évolution dans le sens indiqué ne se justifierait pas.

III. Brèves indications concernant nos principaux lacs

Nous donnerons maintenant, pour chacun de nos principaux lacs naturels, quelques brèves indications sur les projets, et le cas échéant, les réalisations effectuées au cours des cinquante dernières années. Le peu de place disponible ne nous permet pas de nous étendre davantage. D'ailleurs, les lecteurs qui désireraient avoir de plus amples renseignements les trouveront dans les nombreux articles parus dans la presse technique à ce sujet. Une liste de ces principaux exposés figure en fin du présent article sous le titre «Bibliographie».

1. Lac Léman

Après un conflit deux fois séculaire entre Genevois et Vaudois — conflit qui devint aigu quand l'Etat de Vaud chercha devant le Tribunal fédéral à ce que le canton de Genève fut déclaré responsable des dommages causés par les crues du lac — un arrangement intervint en 1884, grâce à l'entremise de la Confédération. Cet arrangement fut conclu sous forme d'une convention intercantonale entre les trois cantons de Genève, Vaud et Valais; la France ne prit pas part aux pourparlers et n'est pas partie contractante.

Les travaux de régularisation prévus par cette convention furent effectués de 1883 à 1888, en même temps que ceux destinés à utiliser la force motrice du Rhône (usine de la Coulouvrenière) et la construction des égouts collecteurs. Ils consistèrent principalement en la correction du lit du Rhône entre la Rade et la Coulouvrenière ainsi qu'en la construction du barrage de régularisation du Pont de la Machine.

Le règlement de barrage appliqué aujourd'hui en core date de 1892. Il limite à 60 cm l'amplitude normale des oscillations du plan d'eau. En fait, celles-ci

sont plus grandes. Les inconvénients qui en résultent sont cependant d'ordre mineur aussi une modification de la situation actuelle ne s'imposerait pas, eu égard aux seuls riverains du lac.

Mais dès le début des pourparlers franco-suisse ouverts en 1918 en vue de créer une voie navigable reliant la Méditerranée à la Suisse, la France lia cette question à celle d'un accroissement de la capacité d'accumulation du Léman en faveur des futures usines du Haut-Rhône français.

Après des études approfondies, les trois cantons riverains se mirent d'accord sur le projet général de régularisation que la Suisse pourrait proposer. Celui-ci prévoit essentiellement une nouvelle correction du lit du Rhône à Genève provoquant une forte augmentation de la capacité du fleuve et la construction d'un nouveau barrage à vannes-toits, dans la région de la Coulouvrenière, en lieu et place du barrage actuel du Pont de la Machine. En outre, pour éviter les inconvénients résultant des basses eaux, de nombreux travaux devraient être effectués le long des rives du lac.

Il semble toutefois que la France n'attache plus le même prix qu'autrefois à une forte accumulation saisonnière dans le Léman, les grandes retenues du Valais remplissant maintenant cette fonction dans une mesure bien plus grande. Ce qui l'intéresserait par contre, ce serait un aménagement de la régularisation actuelle du lac en vue de faciliter la navigation sur le Rhône en aval de Lyon durant les basses eaux. Mais alors que cet aménagement ne nécessiterait pas de nouveaux travaux et que les fluctuations du lac pourraient rester dans leur limites actuelles, les débits du Rhône subiraient en revanche des variations assez fortes durant certaines périodes. Notre service étudie actuellement cette suggestion et les répercussions qu'elle ne manquerait pas d'avoir, spécialement sur les usines situées sur le Rhône genevois: la Coulouvrenière, Verbois et Chancy-Pougny.

2. Lacs du Joux et Brenet

La vallée de Joux est un bassin fermé dont les eaux s'accumulent dans les lacs communicants de Joux et Brenet, puis disparaissent dans le sous-sol calcaire pour réapparaître près de Vallorbe où elles forment une magnifique source vaclusienne: la source de l'Orbe.

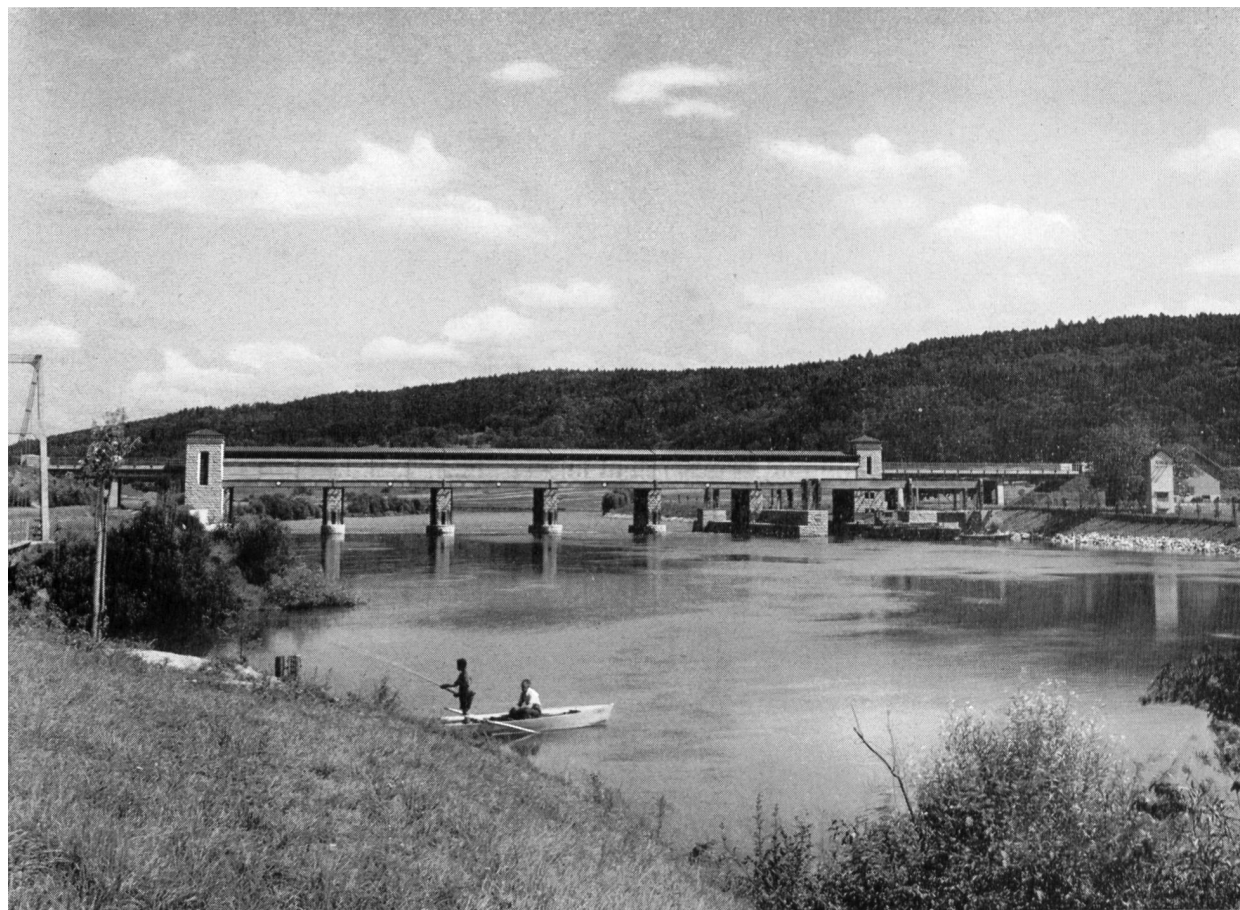


Fig. 4 Barrage à doubles vannes levantes, à Nidau (1939)

Dans leur état naturel, les lacs présentaient des variations de niveau considérables, ce qui causait de graves dégâts aux constructions et aux cultures. Afin de supprimer cet état de choses, il fallait créer un exutoire supplémentaire. C'est ce qui fut réalisé de 1901 à 1903. Il est intéressant de relever que ces travaux furent à l'origine de la Compagnie vaudoise des forces motrices des lacs de Joux et de l'Orbe, devenue depuis lors la Compagnie vaudoise d'électricité. En effet, l'exutoire en question est une galerie qui, partant du lac Brenet, débouche au-dessus de la source de l'Orbe, à 250 m environ au-dessus de cette dernière. Il était donc tentant d'utiliser cette chute. C'est ce qui a lieu dans l'usine de la Dernier qui fut donc la première usine de la Compagnie mentionnée.

Alors qu'au début, cette galerie de dérivation fonctionnait à veine libre, des travaux effectués vers 1945 ont permis de la mettre en charge et de transformer l'usine à accumulation, mais au fil de l'eau, de la Dernier, en une véritable usine de pointe. Peu auparavant, la prise d'eau dans le lac Brenet et l'ouvrage assurant la communication entre les deux lacs avaient été transformés, notamment en vue de permettre un réglage distinct des niveaux de chacun de ceux-ci. Enfin, un règlement de barrage précis a été édicté par le Conseil d'Etat vaudois. Si l'entreprise hydroélectrique est libre d'utiliser selon ses propres besoins une tranche bien déterminée du lac de Joux, elle ne peut provoquer une excursion de ses niveaux au delà des limites de cette tranche sans verser aux trois communes de la vallée une indemnité dont le montant varie selon la saison, l'importance et la durée du dépassement effectivement survenu.

3. Lacs de Brienz et de Thoune

C'est du milieu du siècle dernier que date la Correction de l'Aar entre le lac de Brienz et Interlaken et

la construction des deux barrages ou «écluses» qui barrent les deux bras de la rivière dans cette ville et permettent de régler, aujourd'hui encore, le niveau des eaux du lac.

A Thoune, c'est au début du XVIII^e siècle déjà que furent effectués les grands travaux qui améliorèrent radicalement la situation dans toute la région: dérivation de la Kander dans le lac de Thoune, correction de l'Aar au travers de la ville, construction des deux barrages mobiles qui, ici aussi, barrent les deux bras de la rivière et règlent les niveaux du lac.

En 1926, le Service des eaux du canton de Berne fut chargé d'établir un projet de régularisation pour chacun des deux lacs; on désirait augmenter l'accumulation saisonnière en faveur de la production d'énergie dans les usines d'aval tout en supprimant les inondations qui se produisaient encore, ça et là, le long des rives des lacs en période de hautes eaux. A cet effet, les projets établis prévoyaient une nouvelle correction de l'Aar le long des sections comprises entre les lacs et les barrages existants ainsi qu'une légère surélévation de ceux-ci.

Ces projets n'ont pas été réalisés et il est peu probable qu'ils le soient un jour, du moins dans la forme étudiée, car ici aussi, la construction de grandes accumulations dans le bassin versant des lacs a amélioré considérablement le régime de leurs apports et modifié fortement par conséquent la situation d'alors.

Signalons encore que parmi les solutions envisagées pour la nouvelle usine hydroélectrique de la ville de Thoune, en construction actuellement, on a examiné aussi la possibilité d'utiliser le nouveau barrage de cette usine comme ouvrage de régularisation du lac; toute la chute comprise entre le lac et la restitution de la nouvelle usine aurait alors été concentrée dans cette dernière et on aurait pu supprimer les deux anciennes

«Schleusen». La hauteur des rives à l'aval de ces dernières n'a pas permis de poursuivre cette idée.

4. Lacs du Jura

Bien qu'il s'agisse du projet de régularisation le plus important et le plus actuel, nous pouvons être très brefs à son sujet, un exposé très détaillé, illustré de plusieurs planches hors texte, ayant paru tout récemment dans cette revue. Rappelons ici seulement qu'à la suite des inondations catastrophiques survenues en 1944, puis de nouveau en 1950, 1952 et 1955, la direction des travaux publics du canton de Berne, puis les cantons riverains en collaboration avec notre service, enfin un bureau des projets et des travaux créé spécialement à cet effet ont étudié à fond toutes les possibilités d'éviter le retour de telles calamités. Le projet définitivement arrêté par les cinq cantons directement intéressés de Berne, Fribourg, Soleure, Vaud et Neuchâtel prévoit l'agrandissement des canaux de la Broye et de la Thielle, l'approfondissement du canal de Nidau à Büren et la correction de l'Aar entre Büren et le barrage existant de Hohfuhren. Les dimensions du barrage de Nidau construit de 1936 à 1939 par le canton de Berne sont heureusement assez grandes de sorte qu'il peut être conservé tel quel. Par contre, il a fallu prévoir la construction d'un nouveau barrage à l'aval de Soleure afin d'éviter de trop basses eaux, notamment dans la traversée de cette ville.

Sur la base des nombreux projets déjà élaborés en vue de mettre en valeur la force hydraulique de l'Aar dans la région de ce deuxième barrage, les cantons de Berne et de Soleure ont fait étudier si celui-ci ne pourrait pas être affecté à la production d'énergie. Ces

études ont montré que, techniquement parlant, une telle possibilité existe; il reste à examiner sa rentabilité.

De leur côté, les services fédéraux intéressés ont examiné les propositions des cantons et il est probable que lorsque paraîtront ces lignes, le Conseil fédéral aura déjà publié le message aux Chambres fédérales qu'il prépare à ce sujet.

5. Lac des Quatre-Cantons

Bien que suranné, le barrage à aiguilles construit en 1860 est toujours en service; de même, on applique toujours le règlement de barrage de 1867, à vrai dire sous une forme un peu modernisée. En 1917, le barrage a été légèrement modifié afin d'augmenter la retenue en automne et par conséquent la production d'énergie d'hiver; par suite de l'opposition des riverains du lac, cette surélévation fut rapidement abandonnée.

Des crues, notamment celle de 1910, ayant montré que de graves inondations, en particulier à Lucerne même, pouvaient encore se produire, divers projets furent dressés, notamment durant les années 1934 à 1938. Le dernier de ces projets l'a été par la Direction des Travaux de la ville de Lucerne en 1948. Il prévoit une forte augmentation de la capacité de la Reuß et l'application d'un règlement de barrage établi par notre Service qui permettrait, si une crue analogue à celle de 1910 devait se produire à nouveau, d'abaisser les niveaux du lac de 45 cm, ceci tout en maintenant les niveaux moyens actuels. Les travaux prévus consistent en la construction d'un nouveau barrage du type à vannes-toits un peu à l'aval du barrage à aiguilles actuel ainsi qu'en importants dragages du lit de la Reuss entre la passerelle du théâtre et le pont Spreuer.

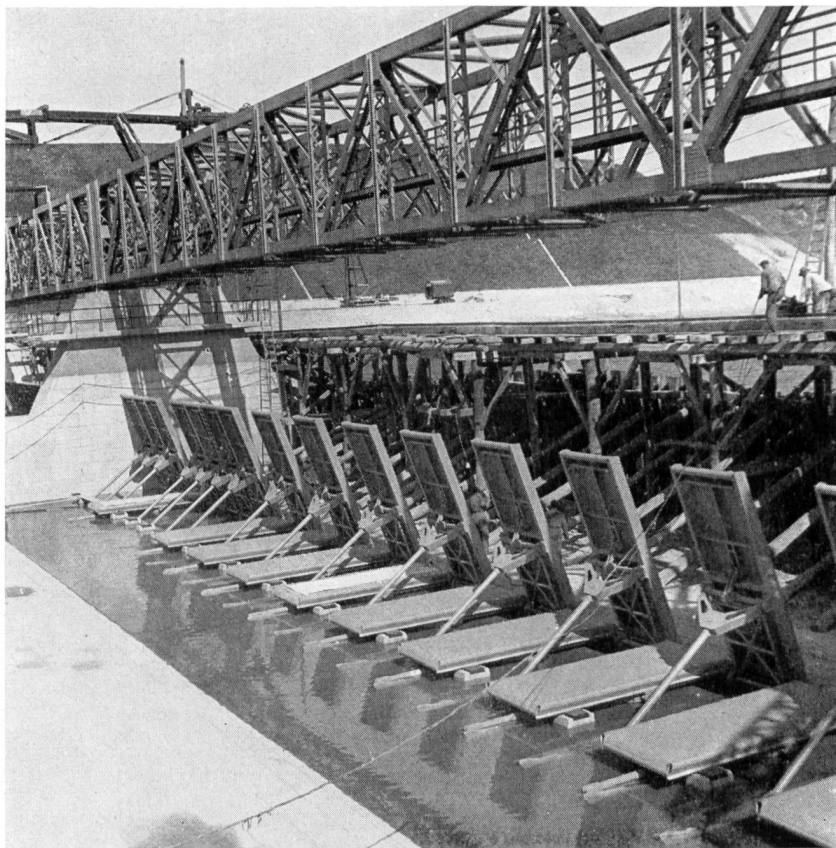


Fig. 5
Barrage à hausses Chanoine-Aubert,
à Sesto-Calende, Lac Majeur (1942)

La régularisation doit aussi permettre de protéger les riverains de la Reuss à l'aval contre les hautes eaux. Il est prévu en effet, de fermer partiellement le nouveau barrage lors des grandes crues de la Petite Emme, lorsque celles-ci coïncident avec les hautes eaux du lac. Avec le barrage actuel une telle manœuvre n'est pas possible, car elle serait trop dangereuse pour le personnel chargé de l'exécuter.

Il semble peu probable que la réalisation de ces travaux ait lieu ces prochaines années.

6. Lac de Zoug

Parmi nos lacs relativement grands, c'est celui qui présente les plus faibles variations du plan d'eau: 1,30 m au maximum! Cela est dû au fait que son étendue de 38 km² représente le 15% de celle de son bassin versant, ce qui est une proportion particulièrement élevée; en outre le lac d'Aegeri régularise déjà fortement les apports d'une surface de 48 km².

Ce n'est donc pas pour donner suite à des plaintes des riverains du lac, mais uniquement pour favoriser les usagers de son émissaire, la Lorze, que des installations de régularisation furent exécutées à la sortie du lac, dès le XVI^e siècle. Le barrage actuel, situé à Cham, est formé de quatre passes obturables par des vannes levantes en bois commandées à la main. La manœuvre du barrage est effectuée selon un règlement datant de 1882.

A plusieurs reprises, des études ont été faites en vue d'utiliser davantage le lac de Zoug comme bassin de compensation, notamment en 1926 lors de l'élaboration du projet d'usine de pointe Lac des Quatre-Cantons—Lac de Zoug. On dut toutefois se rendre compte qu'étant donné l'instabilité notoire des rives du lac — le dernier glissement qui a affecté 32 bâtiments date de 1887 — il fallait éviter toute modification importante du régime actuel du lac, en particulier des abaissements plus grands et plus rapides des niveaux.

Les projets de nouveaux travaux ont donc été abandonnés; le canton de Zoug examine par contre la possibilité de modifier le règlement de barrage actuel.

7. Lac de Walenstadt

Abstraction faite du lac Majeur, c'est celui dont les variations de niveau présentent la plus grande amplitude; elle est en effet de l'ordre de 5 mètres.

La pénurie d'énergie due à la première guerre mondiale avait incité le Linth-Limmatverband à étudier la possibilité de construire un barrage provisoire de régularisation sur la Linth, à sa sortie du lac. De son côté, en 1921, notre service projeta un ouvrage permanent — il s'agissait d'un barrage à aiguilles — destiné avant tout à améliorer la production d'énergie dans les usines d'aval. Mais des sondages effectués à l'emplacement prévu du barrage montrèrent que le terrain de fondation était de mauvaise qualité. D'autre part, la crise économique qui survint n'encouragea pas les usines à favoriser la réalisation de cet ouvrage; or c'étaient elles surtout qui en auraient bénéficié. L'affaire resta donc en suspens.

Depuis lors, la question d'une régularisation du lac revient périodiquement en discussion, mais il semble que les inconvénients de la situation actuelle ne justifient pas encore la construction d'un véritable barrage de régularisation dont, vu la nature du terrain, le coût serait relativement onéreux. D'ailleurs, des enrochements déversés en 1949 dans la Linth à sa sortie du lac ont constitué une sorte de seuil fixe qui empêche les eaux de ce dernier de descendre trop bas. Or, ce sont avant tout les très bas niveaux du lac qui avaient donné lieu à des réclamations.

8. Lac de Zurich

Malgré les travaux effectués dans la 2^e moitié du siècle dernier auxquels nous avons fait allusion d'autre part, la situation présentait de nombreux inconvénients. Les hautes eaux de 1910 avaient montré que d'importantes inondations étaient encore possibles; le barrage à aiguille du Drahtschmidli et les anciennes installations de l'Oberer et de l'Unterer Muehlesteig étaient surannées; enfin, le développement du trafic nécessitait une transformation radicale des voies de communication dans la région de la gare principale. En 1935, la ville de Zurich établit donc un nouveau projet de régularisation comportant principalement la suppression de toutes les installations qui obstruaient le lit de la Limmat, l'approfondissement de celui-ci et la construction d'un nouveau barrage de régularisation du type à vannes-toits, directement à l'amont de l'embouchure de la Sihl. Ce projet a été exécuté de 1948 à 1951, sauf certains travaux dans le lit de la Limmat qui, par suite des difficultés survenues à propos des magasins du Globus, n'ont pu être entrepris que tout



Fig. 6
Earrage-toit, à Zurich
(1941)

récemment. Ces derniers travaux seront vraisemblablement terminés au début de l'été 1960. Toutefois, il faudra peut-être exécuter encore certains travaux supplémentaires pour éviter des érosions dans le lit de la Limmat, près des ponts de la cathédrale et de l'hôtel de ville, en périodes de crues. Quant à la nouvelle usine de Letten, qui contribue aussi à la régularisation du lac, elle est en service depuis 1951.

Il est évident que pendant toute la durée des travaux, le nouveau règlement de barrage approuvé par le Conseil fédéral le 9 avril 1941 n'a pas pu être mis en vigueur puisque son application suppose leur achèvement; il a servi toutefois, en même temps que l'ancien règlement de 1928, de ligne directrice pour la régularisation durant cette période transitoire. Notons à ce propos que les expériences faites durant celle-ci font bien augurer du résultat définitif des travaux, tant en ce qui concerne les niveaux du lac que les débits de son émissaire.

9. Lac de Constance

C'est le dernier des grands lacs suisses — au moins partiellement! — qui ne soit pas encore régularisé. Pourtant ce problème est posé depuis plus d'un siècle et plusieurs projets ont vu le jour au cours de cette longue période.

Le dernier de ces projets, celui du Dr Kobelt d'après le nom de son auteur, a été publié en 1926. Depuis lors nombre de raisons ont empêché sa réalisation: vues partiellement divergentes des intéressés, absence de grandes crues, création d'une assurance contre les risques d'inondation, deuxième guerre mondiale, plein emploi etc. Toutefois, cette période d'attente n'a pas été perdue car on l'a employée à tirer au clair d'importantes questions hydrologiques et hydrobiologiques, à transformer l'avant-projet très général de 1926 en un projet beaucoup plus détaillé et s'inscrivant discrètement dans la nature, enfin à établir en collaboration avec les services techniques allemands un projet de règlement.

Tous ces travaux préliminaires, longs et complexes, ont été conduits à bonne fin de sorte qu'il existe maintenant un projet qui est à même de servir de base solide à des négociations, tant sur le plan interne que sur le plan international.

Afin de supprimer les inondations autour du lac, on a prévu une forte augmentation de la capacité de l'émissaire, celle-ci étant obtenue en approfondissant le lit du Rhin de sa sortie du lac Inférieur jusqu'à Schupfen. Un approfondissement du lit du fleuve dans la région de Constance, entre les lacs Supérieur et Inférieur, est aussi nécessaire. Pour éviter de trop basses eaux et régulariser les débits de l'émissaire, un barrage à vannes-toits serait construit entre Hemishofen et Rheinklingen. Tous les travaux ont été projetés de manière à satisfaire aux normes de la voie navigable prévue Bâle—Lac de Constance.

Le projet de 1926 comportait aussi un projet de règlement qui prenait en considération d'une manière toute spéciale les intérêts des usines. En 1943, un nouveau règlement a été établi, tenant compte des modifications de la situation intervenue entre-temps.

Aujourd'hui encore, il semble que l'intérêt à une régularisation n'est pas très vif: la dernière grande crue date de 35 ans et la construction de nombreux et grands

bassins d'accumulation dans le bassin versant du lac a déjà bien amélioré le régime d'hiver de son émissaire. On peut trouver regrettable cependant qu'il n'existe encore aucun ouvrage permettant, surtout en périodes extraordinaires, d'influer sur les niveaux d'un si grand lac et sur les débits de son émissaire. Il est d'ailleurs certain que ce problème n'a pas disparu, mais qu'il se trouve seulement en veilleuse et qu'il ne manquera pas de se poser à nouveau. Ce sera notamment le cas à propos de la mise en navigabilité du Rhin dans cette région.

10. Lac Majeur

Parmi les grands lacs, entièrement ou partiellement suisses, c'est celui qui présente, et de beaucoup, les plus grandes différences de niveau entre les niveaux extrêmes; celles-ci dépassent en effet 8 mètres.

C'est naturellement notre voisine du Sud qui avait le plus grand intérêt à sa régularisation, car non seulement plus du 80% de ses rives, y compris de nombreuses localités riveraines, sont italiennes, mais le Tessin inférieur joue un rôle important dans l'économie de la région qu'il traverse, soit comme source d'énergie hydroélectrique, soit pour l'irrigation.

Bien que l'idée de régulariser le lac Majeur date de plus d'un siècle et que plusieurs projets aient été dressés à cet effet depuis lors, ce n'est que pendant la dernière guerre mondiale que le Consorzio del Ticino, à Milan — association qui groupe tous les intéressés italiens aux niveaux du lac comme aux débits de son émissaire — a construit le barrage de régularisation de la Miorina, près de Sesto Calende. Cet ouvrage comporte 4 pertuis de 48 m chacun, obturés par des hausses du type Chanoine-Aubert. Une écluse de navigation, à vrai dire non terminée, est accolée au barrage sur la rive gauche. En outre, une barre rocheuse qui gênait l'écoulement du Tessin à l'amont du barrage a été éliminée récemment.

Selon le règlement de manœuvre du barrage — établi conformément aux conclusions d'une commission italo-suisse en 1938 — le Consorzio qui assure son application peut disposer selon ses besoins d'une certaine tranche du lac. Dès que la limite supérieure de cette tranche est atteinte, le barrage doit être ouvert entièrement. Depuis quelques années, le Conseil fédéral, avec le consentement du canton du Tessin, a accordé l'autorisation de surélever de 50 cm en hiver le niveau de retenue convenu en 1938. Du côté suisse, on estime que le problème de la régularisation doit être réétudié en vue de conclure un accord en bonne et due forme avec l'Italie.

Notons enfin que la régularisation actuelle permet d'éviter de trop bas niveaux du lac; par contre, l'abaissement des niveaux de crue due à cette régularisation serait de minime importance.

11. Lac de Lugano

Ici, c'est avant tout la suppression des inondations, dont souffre surtout la ville de Lugano, qui constitue l'objectif principal de la régularisation. Nombreux furent les projets étudiés dans ce but depuis la moitié du siècle dernier, tant du côté suisse que du côté italien. Finalement c'est celui établi par notre service en collaboration avec une grande entreprise suisse et le canton du Tessin qui a été accepté par les autorités compé-

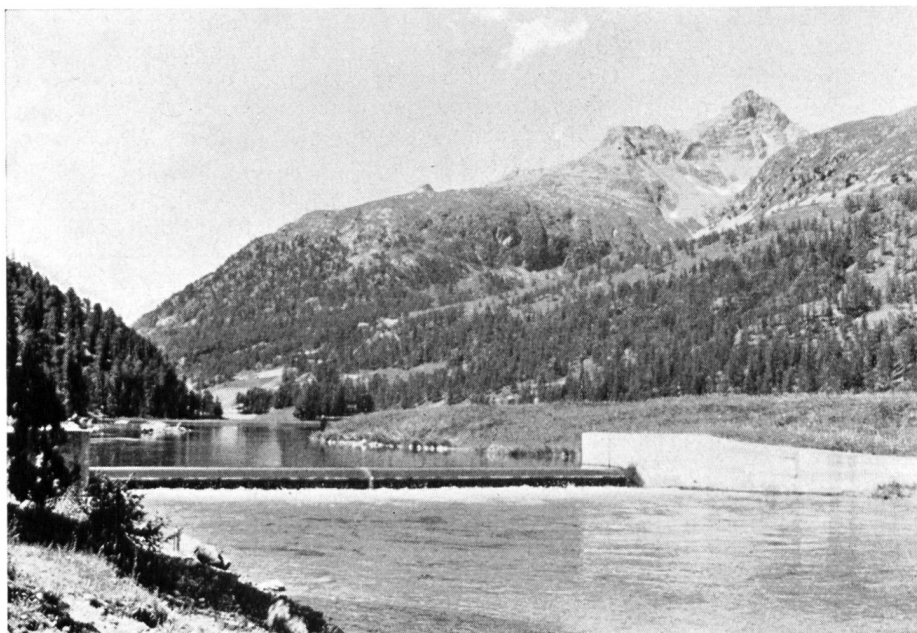


Fig. 7
Barrage à clapet près de Campfer
en Engadine (1947)

tentes des deux pays et a fait l'objet de la convention italo-suisse du 17 septembre 1955, entrée en vigueur le 15 février 1958.

Plusieurs projets précédents cherchaient à combiner la régularisation du lac avec l'utilisation de la force hydraulique de la Tresa. Ce n'est pas le cas du projet retenu qui se limite donc aux seuls ouvrages de régularisation nécessaires pour diminuer l'amplitude des fluctuations du lac: correction du détroit de Lavena, correction de la Tresa entre Ponte Tresa et Madonnone et construction d'un barrage de régularisation à Rochetta, environ 350 m à l'aval du pont actuel de Ponte Tresa. Notons que ce dernier va être remplacé par un nouvel ouvrage, car son débouché aurait été insuffisant après la correction et aussi parce qu'il n'est plus à même d'écouler le trafic, souvent considérable, en cet endroit.

Selon la convention du 17 septembre 1955, les travaux de régularisation devaient commencer dans un délai de deux ans, compté à partir de la mise en vigueur de celle-ci, donc avant le 15 février 1960. En fait, ils ont débuté à fin 1959. En première étape, on corrige la Tresa à l'aval du barrage; si le débit de celle-ci est favorable, ces travaux seront terminés vers la fin du printemps de cette année. La deuxième étape comprend l'exécution du barrage et de ses annexes. On envisage de remplacer les vannes-toits prévues au projet par des clapets, car ceux-ci semblent plus économiques tout en présentant les mêmes avantages que les vannes-toits dans le cas particulier. La troisième étape consistera à corriger la Tresa à l'amont du barrage, travaux qui devront donc être coordonnés avec la construction du nouveau pont. Enfin, il restera à exécuter les travaux prévus dans le détroit de Lavena afin d'améliorer l'écoulement des eaux et aussi la navigation lacustre.

Bien que situés en partie sur territoire italien, tous ces travaux sont effectués aux frais de la Suisse, l'Italie se chargeant de ceux causés par la protection du lit de la Tresa sur territoire italien à l'aval du secteur corrigé.

Le canton du Tessin assume la direction des travaux et prend à sa charge la moitié des frais, l'autre moitié étant couverte par une subvention fédérale. C'est également le canton du Tessin qui devra assurer l'entretien des travaux, une fois ceux-ci terminés, et le service du barrage conformément à un règlement de manœuvre prévu également par la convention internationale.

12. Lacs de l'Engadine

Le lac de St-Moritz a été régularisé en liaison avec l'utilisation de la force de son émissaire dans l'usine électrique de la commune de St-Moritz. C'est ainsi que depuis 1932, un barrage-toit permet de régler le niveau de ses eaux de manière à créer une petite accumulation saisonnière.

Par contre, les deux lacs de Sils et de Silvaplana étaient encore dans leur état naturel au début de la dernière guerre. La pénurie d'énergie d'hiver qui survint durant celle-ci incita la commune de St-Moritz à s'intéresser également à leur utilisation. Une première régularisation obtenue au moyen d'installations provisoires ayant donné de bons résultats, on examina la possibilité de transformer ce provisoire en définitif. C'est ce qui a eu lieu durant les étés 1946 et 1947.

Etant donné la beauté réputée à si juste titre du paysage de la Haute-Engadine, il est évident qu'il ne pouvait s'agir d'apporter des modifications considérables à l'état naturel. En fait, l'amplitude des variations des niveaux des lacs est identique à ce qu'elle était auparavant, le seul but des barrages de régularisation étant de retarder l'abaissement de leur niveau en automne. Par contre, tout le jeu des eaux a été abaissé de quelques décimètres, ce qui a permis d'assainir les prairies de Surlej/Silvaplana qui, malgré d'onéreux travaux d'améliorations foncières exécutés en 1918, restaient marécageuses. Quant aux ouvrages de régularisation eux-mêmes, il s'agit de petits clapets qui ont été étudiés et exécutés de manière à n'altérer en aucune manière le paysage. Le fait qu'aucune réclamation n'a été élevée à leur égard montre que ce but a été atteint.

IV. Conclusions

Il ressort des indications ci-dessus que si, au cours du dernier demi-siècle, de nombreux projets ont été élaborés en vue de régulariser ou d'améliorer la régularisation de nos lacs, relativement rares ont été les réalisations. En effet, si l'on fait abstraction des travaux de régularisation du lac de Lugano qui viennent de commencer, ces réalisations se limitent aux ouvrages suivants:

- ouvrages nécessaires pour régulariser le lac Majeur ainsi que les lacs de Sils et de Silvaplana qui, tous trois, ne l'étaient pas encore;
- nouveaux ouvrages de régularisation du lac de Zurich;
- nouveau barrage de régularisation de Nidau.

D'aucuns pourraient peut-être se demander si ces résultats sont en rapport avec la somme de travail qu'a représenté l'élaboration de tous ces projets. En réalité, la régularisation des lacs touche à tant d'intérêts divers qu'il est bien rare que des réalisations puissent avoir lieu avant de longs pourparlers. La mise au point du projet d'exécution et du règlement de barrage définitif en collaboration avec les intéressés demande déjà beaucoup de temps surtout lorsque plusieurs cantons et même l'étranger sont directement intéressés. De son côté, le financement est aussi long et difficile à réaliser car le coût est parfois très élevé — près de 90 millions de francs pour la II^e Correction des eaux du Jura — alors que les avantages sont souvent d'ordre très général, difficiles à exprimer en chiffres, surtout lorsqu'ils ne doivent se faire sentir qu'à longue échéance. On oublie aussi rapidement les dégâts provoqués par les crues. Vue donc de plus près, la cadence relativement lente des réalisations n'a donc rien de surprenant.

D'ailleurs, ainsi que le proverbe l'enseigne: A chaque jour suffit sa peine. Comme les générations précédentes, celles du dernier demi-siècle ont apporté leur pierre à l'édifice que représente la régularisation de nos lacs. Notre propre génération termine les travaux sur

la Limmat, vient de commencer ceux de la Tresa et s'apprête à parfaire l'œuvre de La Nicca dans la région des lacs du Jura. Les générations suivantes se feront certainement un devoir de compléter ces grands travaux d'utilité publique qui s'inscrivent dans le vaste ensemble de ceux destinés à asservir les forces de la nature et à aménager notre territoire d'une manière toujours plus rationnelle.

Bibliographie

- A. Jaccard: La régularisation du lac Léman. Cours d'eau et énergie, No 5/6/7, 1955.
 Service fédéral des eaux: L'aménagement du Rhône. Communication No 42 du Service fédéral des eaux, Berne, 1959.
 J. Calame et Ch. Paschoud: Une amélioration du pouvoir d'accumulation des lacs de Joux et Brenet. Bulletin technique de la Suisse romande No 1, 1946.
 Prof. Dr K. Geiser: Brienzersee und Thunersee. Publication de l'Association suisse pour l'aménagement des eaux, Zürich 1914.
 Direction des travaux publics du canton de Berne: Die Wehranlage Port am Ausfluss des Bielersees. Rapport de la Direction des travaux, Berne 1945.
 F. Chavaz et M. Baer: La régularisation des lacs du Pied du Jura. Cours d'eau et énergie, No 7/8/9, 1957.
 Prof. Dr Müller: Die II. Juragewässerkorrektion. Cours d'eau et énergie, No 1/2, 1959.
 F. Chavaz et E. Lanker: Die Regulierung der Seen im Einzugsgebiet der Reuss. Cours d'eau et énergie, No 8/9, 1958.
 H. Bertschi: Die Abflußregulierung des Zürichsees. Cours d'eau et énergie, No 2/3, 1936.
 H. Bertschi: Die Zürichseeregulierung. Cours d'eau et énergie, No 10/11, 1952.
 Dr K. Kobelt: Die Regulierung des Bodensees. Communication No 20 du Service fédéral des eaux, Berne, 1926.
 L. Kolly: Die Regulierung des Bodensees. Cours d'eau et énergie, No 5/6/7, 1954.
 A. Jaccard: La régularisation du lac Majeur. Cours d'eau et énergie, No 4/5/6, 1953.
 L. Kolly: La régularisation du lac de Lugano. Cours d'eau et énergie, No 4/5/6, 1953.
 G. Gruner: Provisorische Stauabschlüsse zur Steigerung der Energiegewinnung. Schweizerische Bauzeitung Bd. 122, Nr. 4, 1943.
 Regulierung und Nutzung der Oberengadiner Seen. Cours d'eau et énergie, No 11/12, 1947.
 Forces hydrauliques et économie énergétique de la Suisse. Publication No 34 de l'Association suisse pour l'aménagement des eaux, Tableau IV: Répertoire des lacs naturels de la Suisse.

Die Entwicklung des landwirtschaftlichen Wasserbaues im Rahmen des schweizerischen Meliorationswesens 1910–1959

Dr. ing. H. Lüthy, Eidg. Meliorationsamt, Bern

DK. 626.8

Die Gründung des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes im Jahre 1910 erfolgte weniger als zwei Jahre vor dem Inkrafttreten des Schweizerischen Zivilgesetzbuches am 1. Januar 1912. Erst von diesem Zeitpunkt an erfuhr das Meliorationswesen einen ungeahnten Aufschwung. Trotz des bereits auf 22. Dezember 1893 zurückgehenden Bundesgesetzes betreffend die Förderung der Landwirtschaft durch den Bund konnten nämlich bis dahin größere Unternehmen — während langer Jahre nahmen darunter die Entwässerungen den ersten Platz ein — nur zustandekommen, wenn sämtliche betroffenen Grundeigentümer ihre Zustimmung gegeben hatten oder die benötigten Grundstücke von den Flurgenossenschaften erworben werden konnten. Bei der starken Zerstückelung des Grundeigentums ist es eben nur äußerst selten möglich, die freiwillige Zustimmung sämtlicher betroffener Eigentümer zu einer größeren Verbesserung zu erlan-

gen. Die Vorteile aus einem solchen Werk sind nie gleichmäßig verteilt, ja sehr häufig kann es, wie z. B. beim Bau von Vorflutern durch höher gelegenes Gelände, vorkommen, daß einzelne Parzellen davon überhaupt nichts profitieren.

Wenn auch eine Reihe von Kantonen schon von sich aus seit der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts nach dem Beispiel unserer Nachbarstaaten gesetzliche Vorschriften über den zwangsweisen Einbezug der für die Ausführung einer Melioration erforderlichen Grundstücke eingeführt hatten, so wurde dieser Grundsatz doch erst 1912 in allen Kantonen Rechtsbestandteil. Erst dadurch waren überall die Voraussetzungen für das Gelingen durchgreifender Bodenverbesserungen geschaffen.

Die rasche Zunahme der vom Bunde und von den Kantonen finanziell unterstützten Werke geht eindrucksvoll aus der folgenden Zusammenstellung über die in