

L'évolution historique et l'importance des barrages suisses au point de vue de l'économie énergétique

Autor(en): **Töndury, G.A.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **53 (1961)**

Heft 6-7

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-920754>

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.

L'évolution historique et l'importance des barrages suisses au point de vue de l'économie énergétique

par G. A. Töndury, ing. dipl., Zurich/Wettingen, directeur de l'Association Suisse pour l'aménagement des eaux

CDU 627.8:620.9

Située en majeure partie dans la région des Alpes et des Préalpes, la Suisse est caractérisée, au point de vue climatique, par le fait que durant le semestre d'été (avril—septembre), les précipitations ont lieu principalement sous forme de pluie et durant le semestre d'hiver sous forme de neige qui se maintient pendant plusieurs mois. La fonte des neiges a lieu normalement d'avril à juin, époque durant laquelle les débits de nos cours d'eau atteignent leur maximum. Ce régime des eaux a un caractère nettement alpin. Les nombreuses rivières de notre pays topographiquement fortement divisé donnent naissance aux plus importants fleuves de l'Europe centrale, notamment le Rhin, le Rhône, l'Inn et le Danube, le Pô, etc. Grâce aux dénivellations considérables de la plupart de nos cours d'eau, en particulier sur le versant sud des Alpes, notre pays était prédestiné à couvrir ses besoins en énergie électrique par ses forces hydrauliques. Aussi, contrairement à maints autres pays, l'alimentation de la Suisse en électricité est-elle basée jusqu'ici

presque exclusivement (95—100 %) sur l'énergie hydro-électrique, ce qui est précieux, car notre pays doit importer presque toutes les autres sources d'énergie, telles que le charbon, les combustibles liquides et les carburants.

Pour réaliser l'équilibre entre l'abondance des eaux en été et la pénurie hivernale, lorsque les besoins en énergie électrique sont les plus grands, nous avons la possibilité d'accumuler d'importantes quantités d'eau en été, de manière à pouvoir les utiliser en hiver. Ces réserves doivent être établies autant que possible à haute altitude, afin de rendre plus économique ce mode d'accumulation fort coûteux. C'est ainsi que nous avons très tôt procédé à l'aménagement de bassins de retenue au moyen de barrages. La figure 2 illustre le constant développement de la capacité d'accumulation en eau et en énergie entre 1902 et 1965; on notera particulièrement l'accroissement très rapide de 1951 à 1960. Cet accroissement sera encore renforcé par les nombreux barrages actuellement en construction.

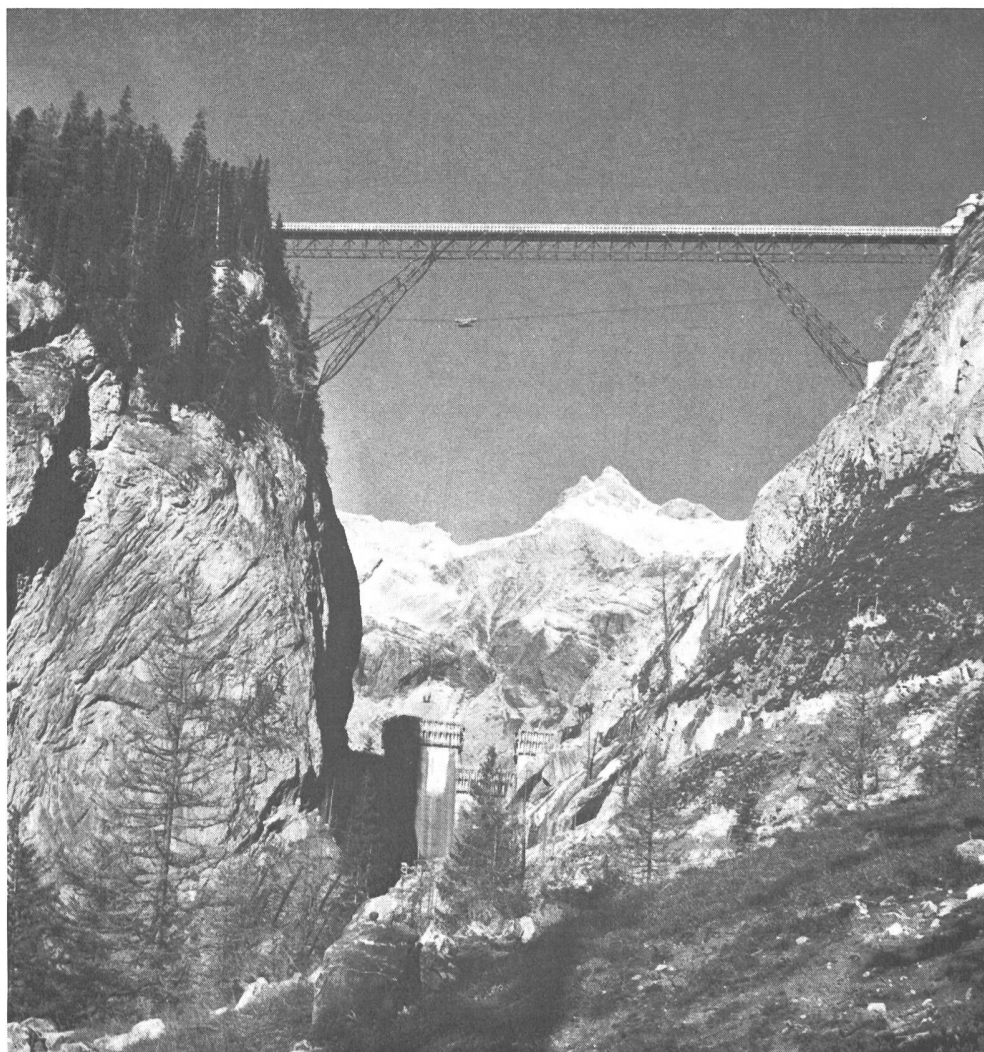


Fig. 1 ZEUZIER
Vue d'aval du chantier
du barrage avec passerelle
de service

Sperrstelle für die Staumauer
mit Dienstbrücke, von der
Talseite gesehen

Construction site of the dam
with service bridge
from the downstream side
(Photo F. Lehner, Sirmach)

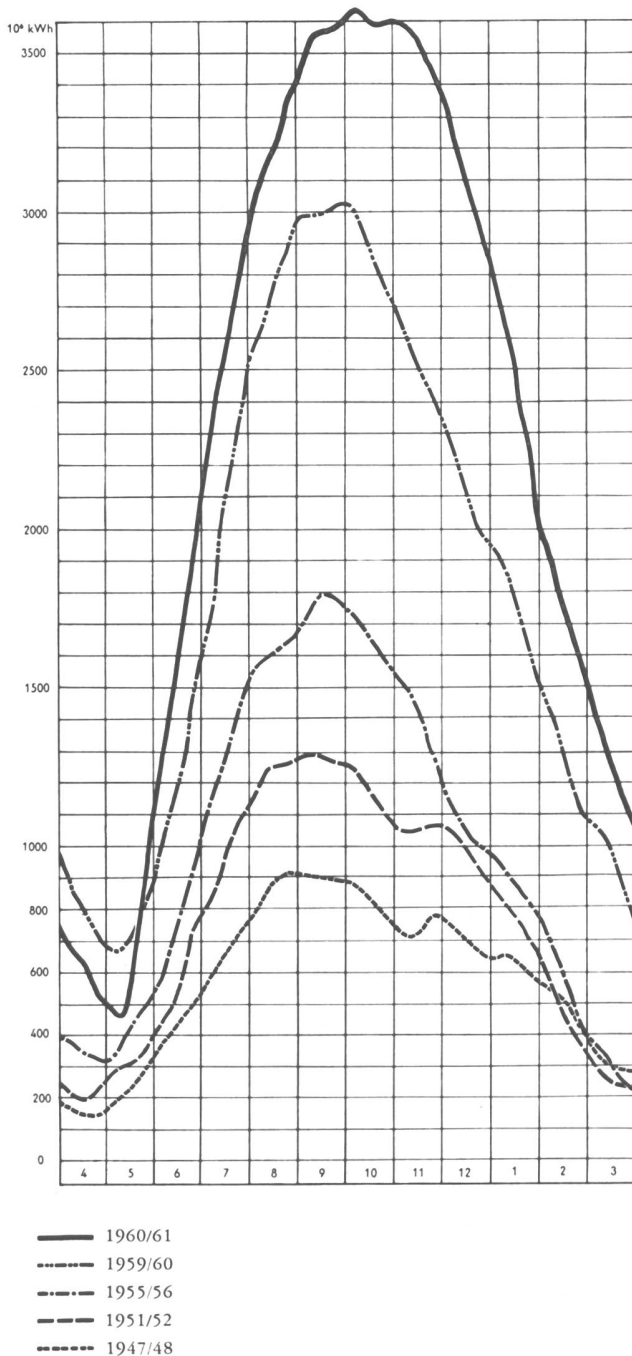


Fig. 3
Exploitation des bassins d'accumulation suisses des usines génératrices pour la fourniture générale. Réserve d'énergie du 1^{er} avril au 31 mars, pour quelques années hydrographiques typiques (selon les indications de l'Office fédéral de l'économie électrique)

Bewirtschaftung der schweizerischen Speicherseen der Werke der Allgemeinversorgung; Energievorrat jeweils vom 1. April bis 31. März für einige typische hydrographische Jahre (nach laufenden Angaben des Eidg. Amtes für Elektrizitätswirtschaft)

Management of Swiss storage reservoirs belonging to power undertaking feeding public supply networks. Energy reserves from April 1st to March 31st for some typical hydrographic years (from current records of the Federal Bureau for Power Economy)

Dans de nombreux pays, surtout dans ceux qui comprennent de vastes régions arides ou de grandes villes dont l'alimentation en eau est précaire, les barrages et les bassins de retenue qu'ils créent ont souvent plusieurs buts: protection contre les inondations, irrigation, alimentation en eau et mise en valeur des forces hydrauliques. En Suisse, à la suite de la grave inondation survenue dans le Val Bregaglia en automne 1927, on a construit un barrage de 20 m de hauteur, destiné à retenir passagèrement des débits exceptionnels et à régulariser l'écoulement, afin d'éviter de nouvelles inondations; ce cas est toutefois unique en Suisse. Il y a quelques années, le grand barrage de l'Albigna a été construit au même endroit pour l'utilisation des forces hydrauliques, mais en réservant dans le bassin de retenue un volume de protection contre les crues, égal à celui créé auparavant dans ce but.

Actuellement, tous les barrages de Suisse servent à l'utilisation des forces hydrauliques. La protection contre les inondations qui en résulte automatiquement a le plus souvent une importance secondaire, car la plupart des bassins d'accumulation sont situés dans des vallées élevées et n'ont qu'un faible bassin versant.

Si nous considérons le développement de notre économie hydraulique et énergétique, résultant de la construction de barrages durant les décennies successives, nous obtenons le tableau suivant:

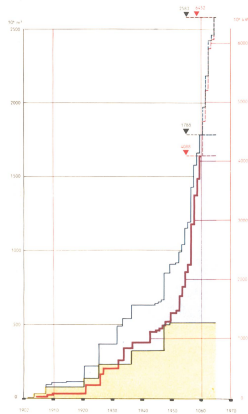
Période	Contenance des retenues			
	en Mm ³ (millions de m ³)		en GWh (millions de kWh)	
	Total	Accroissement annuel moyen	Total	Accroissement annuel moyen
jusqu'en 1910	114,3		75,0	
1911—1921	108,2	9,8	146,0	13,3
1922—1932	270,4	24,6	424,5	38,6
1933—1943	143,6	13,0	474,2	43,1
1944—1950	273,6	39,1	323,0	46,2
1951—1960	877,9	87,8	2645,3	264,5
En service à fin 1960	1788,0		4088,0	
En construction de 1961 à 1967	1053,3	150,5	3006,0	430,0
En service en 1967	2841,3		7094,0	

40 % des besoins en énergie électrique durant l'hiver peuvent actuellement être couverts par la précieuse énergie accumulée, disponible en tout temps. En 1967, si l'accroissement de nos besoins en énergie se poursuit au rythme actuel, 45 à 50 % pourront être couverts par l'énergie hydroélectrique accumulée.

La figure 3 indique, pour quelques années hydrographiques caractéristiques, le régime (remplissage et vidange) des bassins d'accumulation suisses des usines hydroélectriques pour la distribution générale.

Le nom et la situation des barrages sont indiqués sur la carte synoptique (figure 4). La figure 5 représente graphiquement les plus importants barrages en béton d'une hauteur dépassant 50 m, pour bassins d'accumulation annuelle, ainsi que leur capacité spécifique d'accumulation en eau et en énergie, tandis que la figure 6 concerne quelques importants barrages en terre.

Fig. 2
Développement de la capacité de retenue des bassins d'accumulation
entre 1902 et 1965 (selon les indications de l'Office fédéral de
l'économie électrique)
Entwicklung des Speichervermögens der schweizerischen Staunen
1902—1965 (nach Angaben des Eidg. Amtes für Elektrizitätswirt-
schaft)
Growth of the storage capacity of Swiss reservoirs between 1902
and 1965 (information provided by the Federal Bureau for Power
Economy)



Contenance des bassins alpins (niveau de
retenue à plus de 1200 m d'altitude)
en Mio m³
Inhalt der Alpenreservoirs (Stauziel ober-
halb 1200 m ü. M.) in Mio m³
Capacity of high-altitude reservoirs (water-
level above 1200 m altitude) in million m³

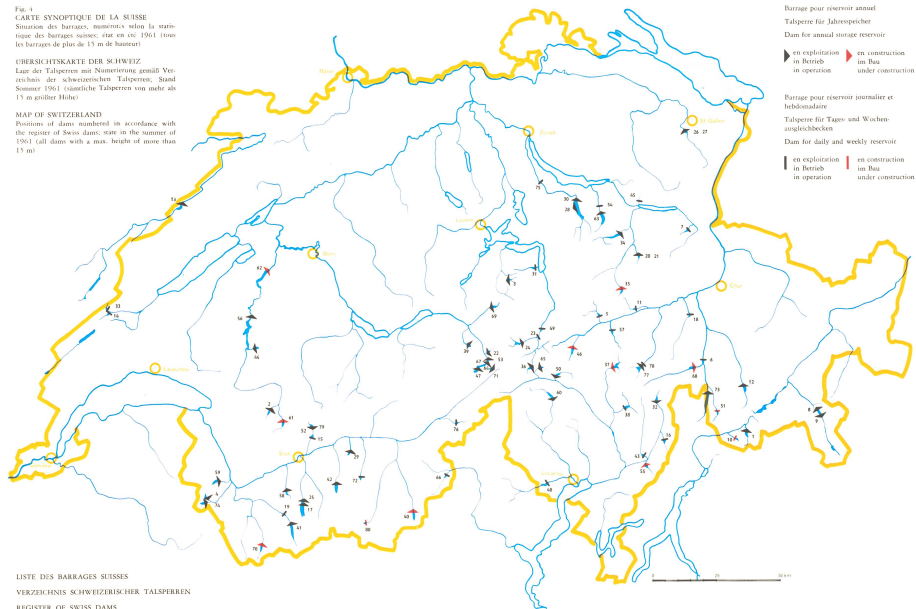
Contenance des bassins prés-alpins, en Mio m³
Inhalt der Vorlagenreservoirs
in Mio m³
Capacity of low-altitude reservoirs
in million m³

Energie accumulée dans l'ensemble des bas-
sins d'accumulation, en GWh (millions de
kWh)
Energiesumme sämtlicher Speicheren
in GWh = 10⁶ kWh
Energy sum of all reservoirs in GWh
(million kWh)

ZERVELLA



Fig. 1
CARTE SYNTHÉTIQUE DE LA SUISSE
Situation des barrages, numérotés selon la statu-
tique des barrages suisses; état en 1961 (sans
les barrages de plus de 15 m de hauteur)
ÜBERSICHTSKARTE DER SCHWEIZ
Lage der Talsperren mit Nummerierung gemäß Ver-
zeichnis der schweizerischen Talsperren, Stand
Sommer 1961 (ausserliche Talsperren von mehr als
15 m grosser Höhe)
MAP OF SWITZERLAND
Position of dams numbered in accordance with
the register of Swiss dams; state in the summer of
1961 (all dams with a max. height of more than
15 m)



LISTE DES BARRAGES SUISSES
VERZEICHNIS SCHWEIZERISCHER TALSPERREN
REGISTER OF SWISS DAMS

1 Albigna	11 Breil	21 Grächen West	31 Jemihal	41 Marnettin	51 Prala	61 Sionisch	71 Torrens
2 Anserre	12 Castels-Mannazera	22 Götter	32 Isola	42 Mont	52 Piro-Rindl	62 Schiffenen	72 Tannenberg
3 Barmalp	13 Châtel	23 Gocherentruß	33 Jouxvaux	43 Molins	53 Rätterschiboden	63 Schürch	73 Vall de Lei
4 Barmis	14 Gies	24 Gochertruf	34 Klotz	44 Montfrem	54 Koppet	64 Seedorfeng	74 Viesch-Knauzen
5 Barone	15 Ensi	25 Grande-Divence	35 Luseren	45 Muden	55 Rosaluta	65 Sella	75 Waldhölle
6 Barombig	16 Dardula	26 Gilsensee Ost	36 Lutendo	46 Nörs	56 Ruesen	66 Seiza	76 Zin-Binzen
7 Baront Nord	17 Disenaz	27 Gilsensee West	37 Lutzene	47 Oberaar	57 Runcabaz	67 Spillmann	77 Zerovilla
8 Bernina Nord	18 Eggenli	28 Hohenarm	38 Malpiglia	48 Pflaenen	58 Saint-Barthélémy	68 Salet	78 Zerovilla
9 Bernina Süd	19 Fomer	29 Ilise	39 Marnalp	49 Pfäfersengung	59 Slatie	69 Tamnensee	79 Zeiser
10 Bondara	20 Garliche Ost	30 In den Schlägen	40 Marnalp	50 Piro-Rivon	60 Sumbaco	70 Les Toules	80 Z Mur

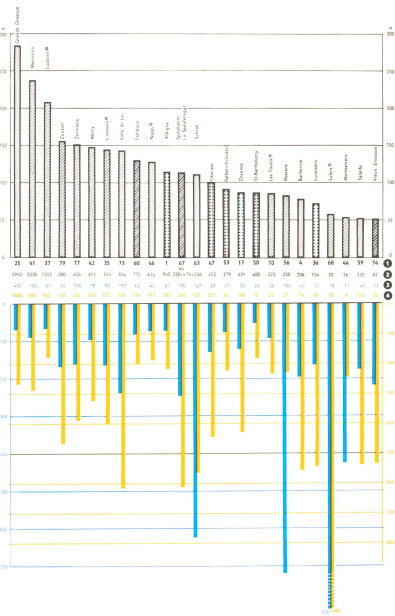


Fig. 5
Barrages suisses en béton les plus importants, pour bassins d'accumulation annuelle d'une contenance utile de plus de 10 Mio m³, d'une hauteur de 50 m et plus

Die wichtigsten Schweizer Staumauern für Jahresspeicher mit mehr als 10 Mio m³ Nutzinhalt und Staumauerhöhen von 50 und mehr Metern

The most important Swiss concrete dams providing all-the-year storage, with a useful capacity exceeding 10 million m³ and dams of a height of 50 m or more

- 1 Barrage-voûte — Bogenstaumauer — Arch dam
- 2 Barrage poids-voûte — Bogengewichtstaumauer — Arch-gravity dam
- 3 Barrage à contreforts — Pfeilerstaumauer — Buttress dam
- 4 Barrage poids — Gewichtstaumauer — Gravity dam
- 5 Barrage poids avec joints évidés — Gewicht-Pfeilerstaumauer — Gravity buttress dam

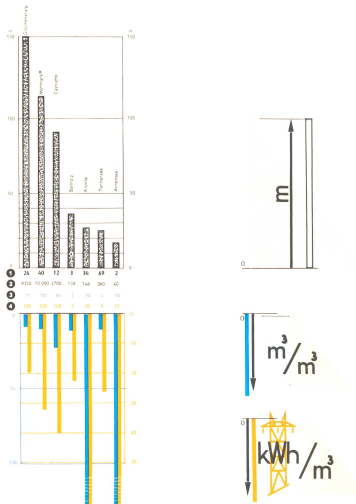


Fig. 6
Barrages suisses en terre les plus importants, pour bassins d'accumulation annuelle d'une hauteur de 15 m et plus

Die wichtigsten Schweizer Staumauern für Jahrespeicher mit Dammböhen von 15 und mehr Metern

The most important Swiss earth-fill dams providing all-the-year storage, with heights of 15 m or more

- 6 Barrage en terre — Erdfüllung — Earth fill dam

- 1 Maintenance selon la liste des barrages — Nummerierung gemäß Talprenterregister — Numbering as per the register of Swiss dams
- 2 Cubage du barrage en milliers de m³ — Talprentervolumen in 1000 m³ — Volume of dam in thousand m³
- 3 Contenance du bassin d'accumulation en Mio m³ (millions de m³) — Speicherkapazität in Mio m³ (10⁶ m³) — Capacity of reservoir in million m³
- 4 Energie accumulée en GWh (millions de kWh) — Energieinhalt in GWh = 10⁶ kWh — Energy capacity in GWh (million kWh)

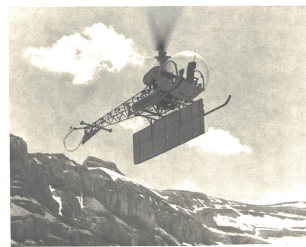


Fig. 7 LIMMERN
Transport d'une partie de barrage par hélicoptère, en été 1956
Transport einer Barragewand mit Helikopter im Sommer 1956
Transport of a section of a barrack-bar by helicopter in the summer of 1956
(Photo H. B. Burgunder, Bern)

Nos barrages les plus anciens furent mis en service en 1850 (Waldhalden: barrage en terre de 15 m de hauteur) et en 1900 (Gibbsensee: barrage-poids de 24 m de hauteur et barrage en terre de 17 m).

Un premier ouvrage important fut la transformation, de 1908 à 1910, du lac du Klöntal dans le canton de Glaris en un bassin d'accumulation de 50 Mio m³ par un barrage en terre de 27 m de hauteur. L'interconnexion réalisée à cette occasion par la S. A. Motor-Baden entre l'usine à accumulation du Lontsch (lac du Klöntal) et l'usine au fil de l'eau de Bonnus sur l'Anr, fut la première tentative de ce genre et constituait alors une performance qui de nos jours est devenue banale. La figure 6 montre en outre que ce barrage en terre du Klöntal est, encore maintenant, avec celui de l'Arnssee, le type le plus économique de tous; à vrai dire, dans ces deux cas, il s'agissait de lacs naturels existants qui furent transformés en bassins d'accumulation par des barrages d'une hauteur modeste.

Durant les différentes périodes indiquées au tableau précédent, il y a lieu de relever plus spécialement les barrages suivants:

- Période de 1911 à 1921:**
Barrage-voûte de *Montalvens* de 55 m de hauteur, sur la Jagne dans le canton de Fribourg (retenue de 11,0 Mio m³; mis en service en 1920).
Barrage-voûte à paroi mince de *Pfaffersprung* de 32 m de hauteur, sur la Reuss dans le canton d'Uri, pour un bassin de compensation journalière de l'usine d'Amsteg (mis en service en 1921).
- Période de 1922 à 1932:**
Barrage-poids de *Schövi* de 111 m de hauteur, dans le Wigäli, canton de Schwyz, en béton coulé selon la pratique de l'époque (retenue de 147,2 Mio m³; mis en service en 1924).
Barrage-poids de *Barbovine* de 79 m de hauteur, dans une vallée latérale du Rhône valaisain (retenue de 40 Mio m³; mis en service en 1925).
Barrage poids-voûte de *Spietholom* de 114 m de hauteur, sur le Grimsel dans l'Oberhasli, canton de Berne (avec le barrage-poids de *Seuferegg* d'une hauteur de 45 m, retenue de 100 Mio m³; mis en service en 1928).
- Période de 1933 à 1943 (crise économique et guerre mondiale):**
Barrage à contreforts de la *Disence* de 87 m de hauteur, dans une vallée latérale du Rhône valaisain (retenue de 50 Mio m³; mis en service en 1935).
Période de 1944 à 1950:
Barrage à contreforts de *Lucedra* de 73 m de hauteur, au col du Saint-Gothard dans le canton d'Uri, avec utilisation de la force hydraulique dans le canton du Tessin (retenue de 25 Mio m³; mis en service en 1947).
Barrage-voûte de *Rosens* de 83 m de hauteur, sur la Sarine, canton de Fribourg (retenue de 180 Mio m³; mis en service en 1948).
Barrage-poids avec joints évidés de *Bäthelshalden* de 92 m de hauteur, dans l'Oberhasli, canton de Berne (retenue de 27 Mio m³; mis en service en 1950).
Barrage à contreforts du *Saint-Barthélemy/Cleuson*, canton du Valais, de 87 m de hauteur, dont des évidements furent être remplis sur ordre des autorités fédérales (retenue de 20 Mio m³; mis en service en 1950).
- Période de 1951 à 1960:**
Cette dernière période de dix ans se caractérise par la construction de nombreux barrages très importants et de différents types, notamment:
Barrages en terre:
Barrage en terre de *Castletto* de 91 m de hauteur, près de Marmorera dans le canton des Grisons (retenue de 60 Mio m³; mis en service en 1954).
Barrage en terre de *Glinchentalp* de 155 m de hauteur, dans la région du Saint-Gothard, canton d'Uri (retenue de 75 Mio m³; mis en service en 1960/61). C'est actuellement la plus haute digue en Europe.
- Barrages-voûtes:*
Barrage-voûte de *Mansioin* de 237 m de hauteur, dans le canton du Valais (retenue de 180 Mio m³; mis en service en 1958). A l'époque de la mise en service, il

s'agissait du plus haut barrage-voûte du monde, dépassé maintenant par celui de Vaiont (261,6 m) dans le bassin versant de la Piave (Italie du Nord).

Barrage-voûte de *Zeuzier* de 156 m de hauteur, dans le canton du Valais (retenue de 50 Mm³; mis en service en 1957).

Barrage-voûte de *Zervreila* de 151 m de hauteur, dans une vallée latérale grisonne du Rhin antérieur (retenue de 100 Mm³; mis en service en 1957).

Barrage-voûte de *Moiry* de 148 m de hauteur, dans le canton du Valais (retenue de 78 Mm³; mis en service en 1958).

Barrage-voûte de *Valle di Lei* de 143 m de hauteur, dans une vallée latérale italienne du Rhin d'Avers¹ (retenue de 196 Mm³; barrage achevé en octobre 1960).

Autres types:

Barrage-poids avec joints évidés de l'*Oberaar* de 100 m de hauteur, dans l'Oberhasli, canton de Berne (retenue de 58 Mm³; mis en service en 1954).

Barrage poids-voûte de *Sambuco* de 130 m de hauteur, dans le canton du Tessin (retenue de 63 Mm³; mis en service 1956).

Barrage-poids avec joints évidés de l'*Albigna* de

¹ Ce barrage a été construit par l'Italie; le barrage proprement dit et une bande de terrain adjacente seront cédés à la Suisse, en vertu d'une convention italo-suisse, moyennant la cession par la Suisse d'une superficie équivalente dans la même vallée.

115 m de hauteur, dans le Val Bregaglia, canton des Grisons (retenue de 67 Mm³; mis en service en 1959).

Période de 1961 à 1967:

Parmi les barrages actuellement en construction et qui seront mis successivement en service de 1961 à 1967, il y a lieu de mentionner plus particulièrement:

Barrage-poids de la *Grande Dixence* de 284 m de hauteur, dans le canton du Valais, en construction depuis 1950 et qui sera achevé en 1961 (retenue de 400 Mm³). Il s'agit du plus haut barrage du monde, avec un volume de béton de 5,96 millions de m³.

Barrages-voûtes:

	Achèvement probable en
<i>Luzzone</i> dans le canton du Tessin; hauteur 208 m, retenue 87 Mm ³	1964
<i>Limmern</i> dans le canton de Glaris; hauteur 145 m, retenue 90 Mm ³	1963
<i>Nalps</i> dans le canton des Grisons; hauteur 128 m, retenue 45 Mm ³	1962

Barrage en terre:

<i>Mattmark</i> dans le canton du Valais; hauteur 115 m, retenue 100 Mm ³	1967
--	------

D'après les indications des figures 5 et 6, on voit donc qu'en Suisse 14 barrages en béton de 100 m de hauteur et plus, dont quelques-uns de plus de 200 m, existent ou sont en construction; il y a en outre deux

Fig. 8 ALBIGNA

Au premier plan: construction métallique de la voie de roulement des trois blondins; poids 290 t. Au second plan: tour du blondin desservant le couronnement; poids 77 t, hauteur 75 m.

Drei parallel fahrbare Krane mit Gegenwagen auf großer Brücke; Gewicht der Eisenkonstruktion 290 t. Fester Kran auf etwa 75 m hohem Turm für die Betonierung der obersten Mauerpartie; Gewicht des Turmes 77 t

Three parallel mobile cranes with counterwagons on a large bridge; weight of the steelwork 290 t. Stationary tower crane with 75 m high tower for concreting the upper part of the dam; weight of the tower 77 t.

(Photo Rutz, St. Moritz)



barrages en terre dépassant 100 m de hauteur. Les 25 barrages en béton de plus de 50 m de hauteur, pour des bassins d'accumulation annuelle (figure 5), sont des types suivants:

- 12 barrages-voûtes
- 4 barrages-poids
- 4 barrages-poids avec joints évidés
- 3 barrages poids-voûte
- 2 barrages à contreforts

La topographie de notre pays et l'altitude de la plupart des barrages, ainsi que leur situation souvent très écartée des voies de circulation, posent pour la construction des barrages de sévères exigences, notamment en ce qui concerne les transports et les installations de chantier.

Pour les grands barrages en situation isolée, le coût de ces installations représente un pourcentage très élevé des frais totaux. Les progrès dans la construction dépendent comme on le sait d'installations efficaces qui à l'heure actuelle encore représentent pour l'ingénieur un problème intéressant et profitable et lui offrent un domaine de recherches personnelles très étendu. C'est ainsi que ces dernières années, de grands barrages ont pu être construits en un temps extrêmement bref, parfois un ou deux ans de moins que prévu. En Suisse, les chantiers en haute montagne, où l'on ne peut généralement travailler à plein rendement que durant l'été, c'est-à-dire pendant 120 à 150 jours, posent des problèmes particuliers pour le logement et le ravitaillement des nombreux ouvriers. Depuis la fin de la deuxième guerre mondiale, la construction intensive de barrages a nécessité l'engage-



Fig. 9 GÖSCHENERALP

Chantier du barrage en terre. Engins en service en 1959: 24 excavateurs, dont la contenance totale des pelles atteint 47 m³, 85 grands véhicules de 8 à 22 m³, d'une contenance totale de 930 m³, 21 camions et autres petits véhicules, 22 bulldozers et 3 pelles de chargement, 2 grues sur pneumatiques, 3 niveleuses; l'entraînement par moteurs Diesel totalise 36 000 ch. Ces engins manutentionnent 500 000 à 700 000 m³ de matériaux par mois.

Fahrzeugpark der Dammbaustelle. 1959 standen hier im Einsatz: 24 Bagger mit total 47 m³ Löffelinhalt, 85 Großfahrzeuge (8—22 m³) mit total 930 m³ Fassungsvermögen, 21 Lastwagen und Kleinfahrzeuge, 22 Bulldozer und 3 Ladeschaufeln, 2 Pneukrane, 3 Grader; total rund 36 000 PS Dieselantrieb.

Diese Geräte bewältigen pro Monat 500 000 bis 700 000 m³ Material.

Construction site of the earthfill dam, showing the vehicle park. In 1959 the following vehicles were in use: 24 excavators with total shovel capacity 47 m³, 85 heavy lorries (8—22 m³) with total capacity of 930 m³, 21 trucks and smaller vehicles, 22 bulldozers and 3 loaders, 2 crane trucks, 3 graders; total power of the diesel engines approx. 36 000 h.p.

These machines can handle 500 000 to 700 000 m³ of material a month.

(Photo R. Spycher)

ment d'un très grand nombre d'ouvriers étrangers, la plupart des italiens, soit 70 à 90 % de la main-d'œuvre. Dans le domaine des installations de transport et de chantier, de grands progrès ont été réalisés et d'ingénieuses solutions trouvées. Depuis une douzaine d'années, le ciment est transporté dans des récipients spéciaux, méthode qui fut appliquée pour la première fois, sauf erreur, pour les chantiers de San Giacomo di Fraële et de Pieve di Cadore, en Italie; les Chemins de fer fédéraux suisses et certains chemins de fer privés ont construit des wagons spéciaux pour le transport du ciment, qui peut être ainsi amené de la fabrique aux endroits de transbordement principaux, d'où il est pompé dans des silos, puis acheminé aux chantiers par camions ou téléphériques. Certains chantiers de grands barrages (Albigna, Limmern) ne sont desservis que par des téléphériques, même pour les transports de pièces lourdes. Pour les prospec-

tions et les premiers travaux d'installation, on a déjà utilisé avec succès des hélicoptères à des emplacements très écartés et difficilement accessibles. Enfin, il a fallu construire de nouvelles routes, souvent très longues, ou élargir des chemins, ce qui a d'heureuses répercussions pour l'économie publique de vallées autrefois peu fréquentées.

Depuis 1950 environ, on a introduit en Suisse des engins de grande puissance, comme ceux utilisés aux Etats-Unis, en particulier pour la construction des grands barrages élevés en terre, tels que Castiletto/Marmorera (1950/55), Göschenalp (1955/60) et Mattmark (1961/67).

Les articles qui suivent donnent d'intéressants renseignements sur les problèmes et travaux spéciaux de la construction des barrages, ainsi que sur certains ouvrages particulièrement remarquables de ces vingt dernières années, notamment les barrages les plus récents.

Sondages, injections et traitement du sous-sol

par O. Rambert, directeur-adjoint, et M. Gavard, ingénieur, Electro-Watt, Zurich

CDU 550.8 + 624.138

Avec la multiplication des barrages et des digues et aussi à cause de la tendance de construire ces ouvrages toujours plus gigantesques, le problème des fondations a pris une importance croissante et sa solution est devenue une véritable science aux techniques constamment revues et améliorées. Cet article se propose de faire le point du stade actuellement atteint en Suisse dans ce domaine, plus particulièrement à la lumière des expériences faites pour les quatre ouvrages dont les caractéristiques principales sont rassemblées dans le tableau 1.

1. Sondages

La nature et le comportement des fondations d'un barrage ou d'une digue sous l'effet des charges supplémentaires auxquelles elles seront soumises, sont deux points primordiaux qui retiennent dès le début l'attention des auteurs d'un projet. Les campagnes de reconnaissance ont précisément pour but de les déterminer dans les plus brefs délais, car de leurs résultats dépendent le type et la rentabilité des ouvrages.

Cette première étape recourt aux relevés géoélectriques et sismiques, aux sondages à percussion dans les alluvions fines à moyennes et aux forages à percussion et rotation dans les alluvions contenant des blocs et dans le rocher (fig. 6); malgré la fréquente précarité initiale des voies d'accès, qui nécessite souvent des trans-

ports à dos de mulet ou par hélicoptère, elle permet d'établir avec le concours du géologue, du pétrographe, du géophysicien et du mécanicien des terres, un relevé des propriétés mécaniques et physiques du sous-sol, tant dans les alluvions que dans le rocher.

Ces études ont évidemment une ampleur variable d'un ouvrage à l'autre et qui s'intensifie au fur et à mesure que les résultats qu'elles fournissent encouragent à les poursuivre; elles représentent approximativement 3,0, 1,1, 0,8 et 1,1 % des travaux de génie civil sans les ouvrages annexes respectivement pour Marmorera-Castiletto, Mauvoisin, Göschenalp et Mattmark.

2. Injections et traitement du sous-sol

Les sondages et travaux de reconnaissance mettent généralement en évidence la nécessité d'un traitement des fondations, car des conditions topographiques favorables à l'établissement d'un barrage ne vont pas nécessairement de pair avec des conditions géologiques idéales. On a par conséquent recours à des techniques devant, soit imperméabiliser le sous-sol, soit le consolider, soit encore combiner une consolidation avec un étanchement. Dans le premier cas, c'est dans le rocher un rideau ou un voile d'injection, dans les matériaux pulvérulents un diaphragme de béton, de palplanches ou une coupure étanche. Le rideau d'injection se distingue de la cou-

Tableau 1

Nom	Type	Hauteur maximum (m)	Longueur du couronnement (m)	Largeur du couronnement (m)	Largeur de la base (m)	Volume (Mio m ³)	Année de première mise en eau totale
Marmorera-Castiletto	Digue en terre	91	400	12	440	2,70	1954
Mauvoisin	Barrage-voûte	237	520	14	53,5	2,03	1958
Göschenalp	Digue en terre	155	540	11	700	9,35	1961
Mattmark	Digue en terre	115	780	11	373	10,00	1967