

# 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: **21.09.2024**

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.

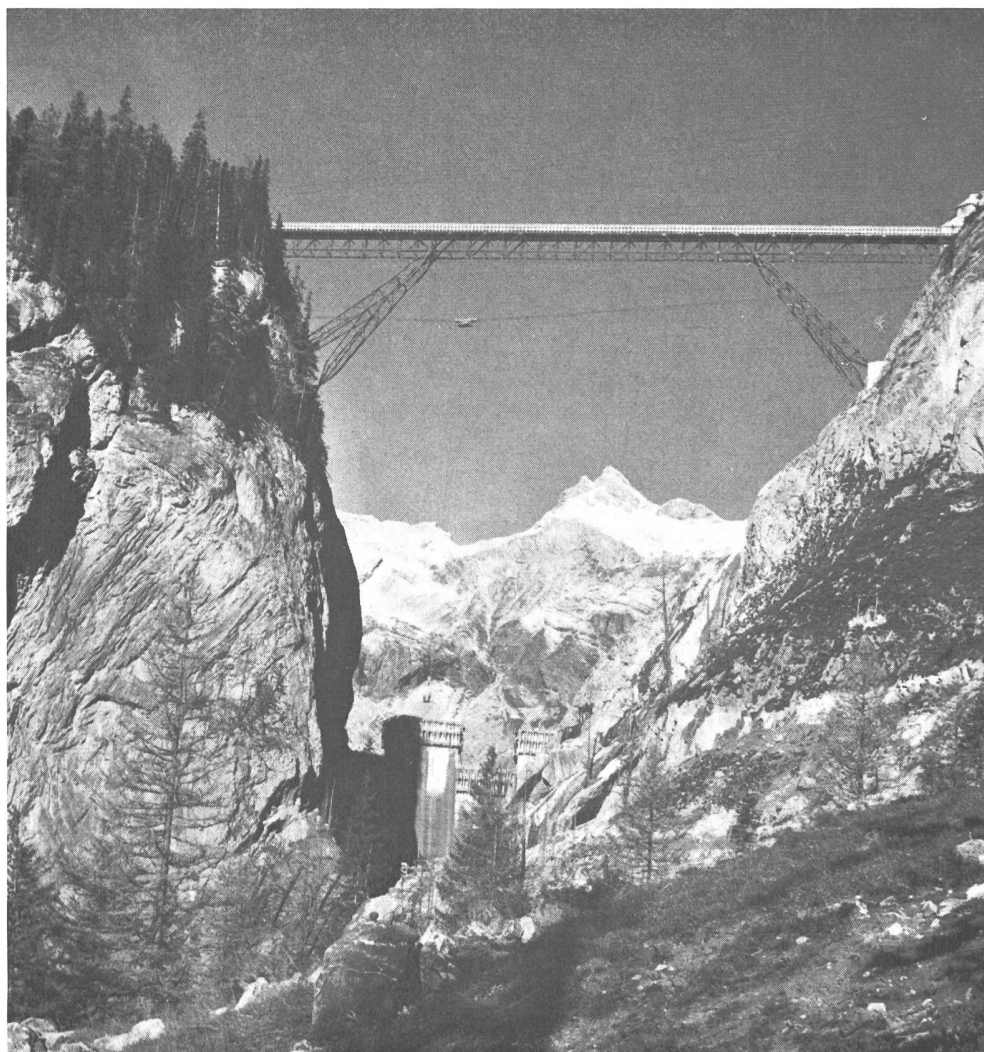


Fig. 1 ZEUZIER  
Vue d'aval du chantier  
du barrage avec passerelle  
de service

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)

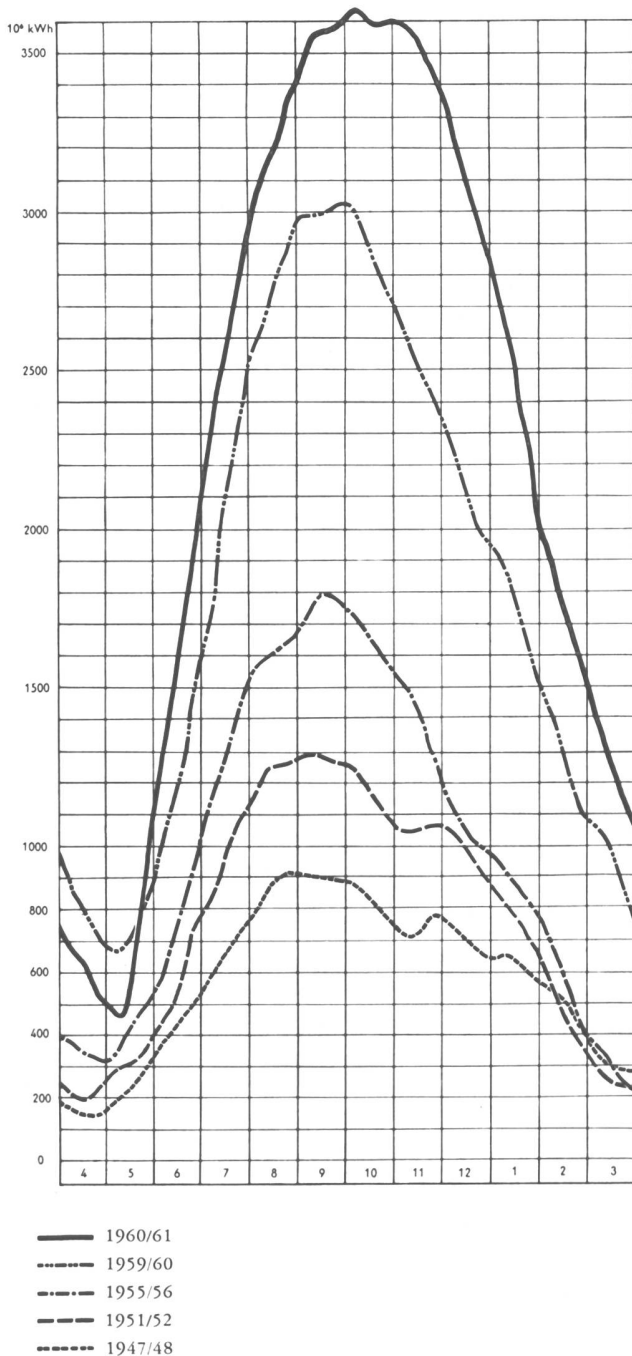


Fig. 3  
Exploitation des bassins d'accumulation suisses des usines génératrices pour la fourniture générale. Réserve d'énergie du 1<sup>er</sup> avril au 31 mars, pour quelques années hydrographiques typiques (selon les indications de l'Office fédéral de l'économie électrique)

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 1<sup>st</sup> to March 31<sup>st</sup> 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:

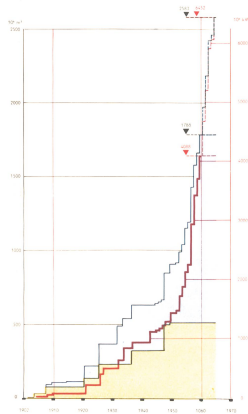
Période	Contenance des retenues			
	en Mm <sup>3</sup> (millions de m <sup>3</sup> )		en GWh (millions de kWh)	
	Total	Accroissement annuel moyen	Total	Accroissement annuel moyen
jusqu'en 1910	114,3		75,0	
1911—1921	108,2	9,8	146,0	13,3
1922—1932	270,4	24,6	424,5	38,6
1933—1943	143,6	13,0	474,2	43,1
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. d. M.) in Mio m³  
Capacity of high-altitude reservoirs (water-  
level above 1200 m altitude) in million m³

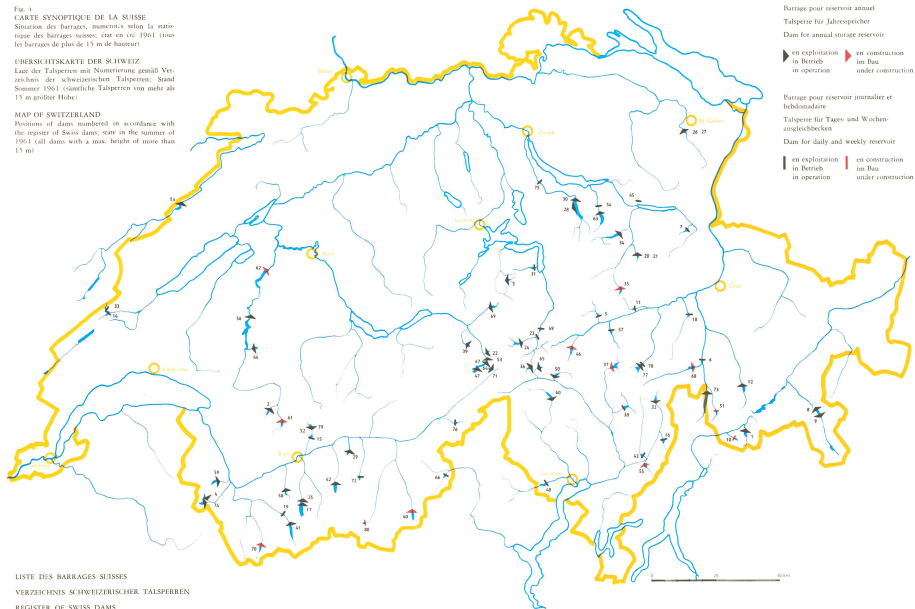
Contenance des bassins prés-alpins, en Mio m³  
Inhalt der Vorlagenreservoirs  
in Mio m³  
Capacity of low-altitude reservoirs  
in million m³

Energie accumulée dans l'ensemble des bas-  
sins d'accumulation, en GWh (millions de  
kWh)  
Energiesumme sämtlicher Speicheren  
in GWh = 10<sup>6</sup> 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 (hors  
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 Jernthal	41 Marnett	51 Prala	61 Sionisch	71 Törrens
2 Anserre	12 Castels-Mannara	22 Götter	32 Isola	42 Morz	52 Piro-Rindl	62 Schönen	72 Tannegg
3 Buralp	13 Châtel	23 Gschwendröth	33 Jomsenau	43 Molins	53 Rätterschoboden	63 Schürch	73 Vall de Lei
4 Burière	14 Gles	24 Gschwendröth	34 Klotz	44 Mondrins	54 Koppet	64 Seefeldeng	74 Viesch-Knauzen
5 Barcote	15 Ensi	25 Grande-Divence	35 Lüsseren	45 Muden	55 Rosaluta	65 Sella	75 Waldhölle
6 Barombig	16 Darbida	26 Gilsensee Ost	36 Luvindio	46 Nörs	56 Rovers	66 Seiza	76 Zin-Büden
7 Barrot Nord	17 Disenaz	27 Gilsensee West	37 Luzzane	47 Oberaar	57 Runcabaz	67 Spillamm	77 ZerVELLA
8 Bernina Nord	18 Eggenli	28 Hilsarmet	38 Malpiglia	48 Palanzetta	58 Saint-Barthélémy	68 Salfers	78 ZerVELLA
9 Bernina Süd	19 Fomer	29 Ilise	39 Marnalp	49 Pfäfersengung	59 Silafie	69 Tamnensee	79 Zentser
10 Bondara	20 Garliche Ost	30 In den Schlägen	40 Marnalp	50 Piro-Rivon	60 Sumbaco	70 Les Toules	80 Z Mur



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 Mm<sup>3</sup>; 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 Mm<sup>3</sup>; mis en service en 1957).

Barrage-voûte de *Moiry* de 148 m de hauteur, dans le canton du Valais (retenue de 78 Mm<sup>3</sup>; mis en service en 1958).

Barrage-voûte de *Valle di Lei* de 143 m de hauteur, dans une vallée latérale italienne du Rhin d'Avers<sup>1</sup> (retenue de 196 Mm<sup>3</sup>; 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 Mm<sup>3</sup>; mis en service en 1954).

Barrage poids-voûte de *Sambuco* de 130 m de hauteur, dans le canton du Tessin (retenue de 63 Mm<sup>3</sup>; mis en service 1956).

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

<sup>1</sup> 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 Mm<sup>3</sup>; 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 Mm<sup>3</sup>). Il s'agit du plus haut barrage du monde, avec un volume de béton de 5,96 millions de m<sup>3</sup>.

#### Barrages-voûtes:

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

#### Barrage en terre:

<i>Mattmark</i> dans le canton du Valais; hauteur 115 m, retenue 100 Mm <sup>3</sup>	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 m<sup>3</sup>, 85 grands véhicules de 8 à 22 m<sup>3</sup>, d'une contenance totale de 930 m<sup>3</sup>, 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 m<sup>3</sup> de matériaux par mois.

Fahrzeugpark der Dammbaustelle. 1959 standen hier im Einsatz: 24 Bagger mit total 47 m<sup>3</sup> Löffelinhalt, 85 Großfahrzeuge (8—22 m<sup>3</sup>) mit total 930 m<sup>3</sup> 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 m<sup>3</sup> 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 m<sup>3</sup>, 85 heavy lorries (8—22 m<sup>3</sup>) with total capacity of 930 m<sup>3</sup>, 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 m<sup>3</sup> 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), Göscheneralp (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, Göscheneralp 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 <sup>3</sup> )	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
Göscheneralp	Digue en terre	155	540	11	700	9,35	1961
Mattmark	Digue en terre	115	780	11	373	10,00	1967