

**Zeitschrift:** Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie  
**Herausgeber:** Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband  
**Band:** 53 (1961)  
**Heft:** 6-7

**Artikel:** Dignes en terre ou en enrochements  
**Autor:** Schnitter, G.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-920763>

### **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:** 05.04.2026

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

## Digues en terre ou en enrochements

par G. Schnitter, Professeur à l'Ecole Polytechnique Fédérale à Zurich  
 Directeur du Laboratoire d'Hydraulique et de Mécanique des Terres

CDU 627.824.3

### Introduction

En Suisse les barrages sont destinés presque exclusivement à des buts énergétiques; ils sont généralement situés à des étranglements naturels favorables à la création de lacs artificiels. De tels sites, où le rocher sain est souvent affleurant ou à une profondeur économiquement accessible, sont l'apanage des ouvrages en béton; c'est pourquoi le nombre de digues en terre ou en enrochements est jusqu'à maintenant modeste: des 80 barrages d'une hauteur de 15 m ou plus, il n'y a que 13 digues en terre, dont 3 de grandes dimensions. Cette situation se modifiera cependant à l'avenir, car les possibilités de fonder sur le rocher à un prix accessible diminuent; en outre la plus grande largeur des vallées non encore barrées rendra les digues plus économiques.

Le coût du m<sup>3</sup> de «barrage» sans les travaux d'injection est actuellement de 10 à 12 frs pour les digues, de 85 frs pour les grands barrages-voûtes et peut descendre jusqu'à 75 frs suivant le dosage pour les barrages-poids.

Les longs mois d'hiver et le climat rigoureux de nos chantiers de montagne réduisent fortement les saisons de construction, principalement pour les ouvrages en terre. Ainsi le bétonnage commencé peu après Pâques sur les barrages de Mauvoisin ou Grande Dixence pouvait être poursuivi sans interruption jusqu'à fin octobre, c'est-à-dire pendant 6 à 6 ½ mois, tandis qu'on ne pouvait travailler que durant 5 à 6 mois sur la digue de

Göscheneralp. Dans ce dernier cas, il y avait en outre l'hypothèque de fréquentes interruptions dans la mise en place du noyau causées par les précipitations; pendant l'été relativement peu pluvieux de 1958, par exemple, il n'y eut que 106 jours de mise en place pour le noyau. Il résulte de ces conditions climatiques défavorables une prolongation du temps de construction ou un plus grand parc d'installations de chantier, donc un certain renchérissement des digues en terre.

Les cadences mensuelles de mise en place et le nombre de jours disponibles pour le noyau à Göscheneralp entre 1955 et 1960 sont indiqués sur la figure 1 et dans le tableau 1.

Des digues érigées jusqu'à la deuxième guerre mondiale, deux méritent une mention particulière. Tout d'abord celle qui fut construite de 1908 à 1910 dans le but d'exhausser le lac naturel du Klöntal pour l'aménagement du Löntsch dans le canton de Glaris.

Hauteur	27 m
Longueur du couronnement	217 m
Volume de la digue	110 000 m <sup>3</sup>

Personne n'avait alors de connaissances de la mécanique des sols, mais cette digue est cependant conforme aux idées actuelles: Le noyau d'argile pénètre de quelques mètres dans les éboulis existants et une zone de transition constituée d'éboulis s'intercale entre celui-

Tableau 1

Nombre de jours de mise en place pour noyau et filtre (Barrage de Göscheneralp)

	1955	1956	1957	1958	1959	1960
mai		13 ½	0	1	10	2
juin		7	0	20	20	18 ½
juillet		15	21	26	19 ½	17 ½
août		6	18	21	16 ½	
septembre	10	15	15	26	23	
octobre	13	15	20 ½	12	13	
novembre	6 ½	0	3	0	0	
par an	29 ½	71 ½	77 ½	106	102	38

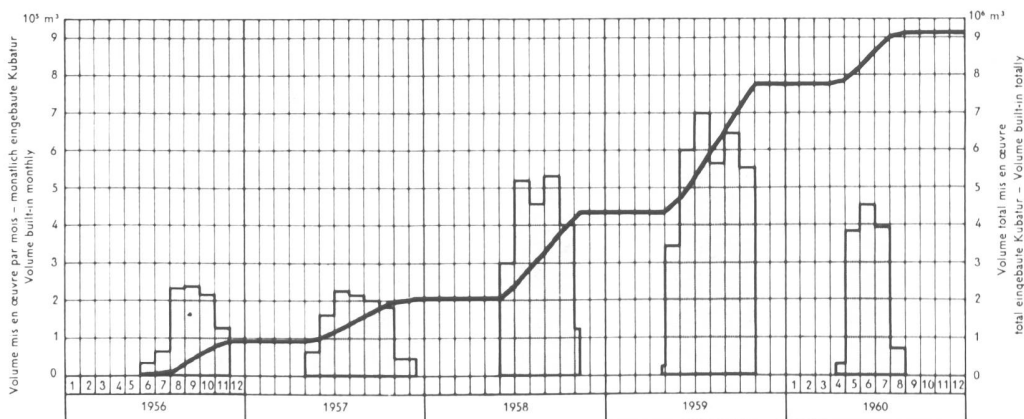


Fig. 1  
 GÖSCHENERALP  
 Programme de mise en œuvre du remblai  
 Einbauprogramm des Dammes  
 Program of the placement of the dam

ci et le corps de la digue. La pente du talus est de 1:2. Le compactage artificiel étant alors inconnu, il se produisit des tassements qui s'élevèrent au début à 11 cm par an, puis décrochèrent progressivement de sorte qu'aujourd'hui ils sont pratiquement terminés et atteignent au total 5 % de la hauteur.

On construisit ensuite de 1935 à 1937, pour un aménagement hydroélectrique dans le canton de Nidwald, la digue de Bannalp.

Hauteur	36 m
Longueur du couronnement	182 m
Volume de la digue	139 000 m <sup>3</sup>

C'est à cette occasion que l'on recourut pour la première fois à la mécanique des terres; le noyau de gravier et d'argile fut fondé sur le calcaire et séparé du corps de la digue par une zone de transition. Les matériaux du corps de la digue provenant du voisinage furent sélectionnés de façon à obtenir une imperméabilité croissante de l'aval vers l'amont. Un perré de protection du talus amont contre l'action des vagues fut en outre exécuté.

Immédiatement après la deuxième guerre mondiale, les connaissances d'autres pays, en particulier des Etats-Unis, purent être mises à profit dans le domaine de la construction des digues et les chantiers furent alors équipés d'engins modernes pour l'extraction, le transport et le compactage des matériaux. Les perfectionnements apportés simultanément à la détermination des propriétés physiques et mécaniques des sols ont, d'autre part, rendu possible le dimensionnement des digues en terre par l'ingénieur et la prévision de leur comportement dans le temps.

### Digue de Castiletto—Marmorera

Les Services industriels de la ville de Zurich ont aménagé de 1950 à 1954 une retenue de 60 millions m<sup>3</sup> sur le cours supérieur de la Julia (Grisons) afin de couvrir leurs besoins en énergie d'hiver. La digue en terre de Castiletto-Marmorera construite de 1952 à 1954 a les caractéristiques suivantes:

Hauteur	91 m
Longueur du couronnement	400 m
Largeur du couronnement	12,0 m
Volume de la digue	2 700 000 m <sup>3</sup>
Cote maximum de retenue	1 680 m
Cote du couronnement	1 684 m

L'énergie produite par les 4 paliers est de 2 kWh/m<sup>3</sup> d'eau. Les sondages étendus à l'emplacement prévu mirent en évidence des conditions géologiques défavorables; tandis que sur la rive droite le rocher affleura, la rive gauche était constituée par un cône d'éboulis récents composés en majeure partie de serpentine et dérivés. A sa base ce cône était encore lardé d'anciens dépôts d'origine torrentielle, principalement des sables et graviers perméables avec des lentilles de limon.

Les matériaux nécessaires se trouvant heureusement à proximité immédiate, il n'y avait que la solution «digue» qui pouvait être envisagée. La coupe de la digue représentée sur la figure 2 est typique d'une disposition avec noyau central, zone de transition, corps de digue et empiérement amont de protection.

En plan la digue est légèrement arquée (figure 3), ce qui présente une sécurité supplémentaire contre la fissuration et est plus esthétique.

Des recherches étendues en laboratoire et des essais de contrôle sur le chantier furent, avec une exécution soignée, les garants de l'obtention des caractéristiques requises des sols.

Les matériaux pour le noyau ont pu être extraits d'une moraine de fond très compacte et argileuse, située dans la vallée, un peu en amont; le coefficient de Darcy de cette moraine était de 10<sup>-7</sup> cm/s et sa composition granulométrique est reproduite à la figure 4. Le compactage fut réalisé sur des couches de 20 cm d'épaisseur avec une teneur en eau de 8 %, à peine du côté sec de l'optimum, au moyen de 12 passes des rouleaux à pieds de mouton.

Il s'avéra une fois de plus, lors de l'exploitation des cônes d'éboulis prévus pour le corps de la digue, que les sondages et galeries de reconnaissance ne permettent

Fig. 2 CASTILETTO-MARMORERA

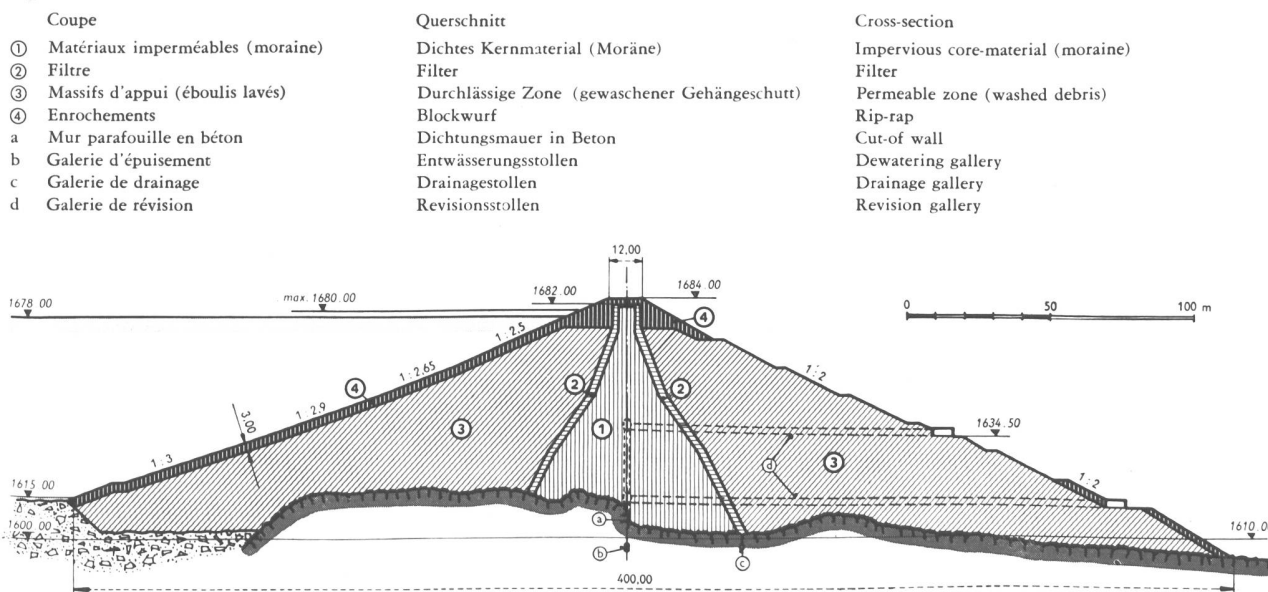
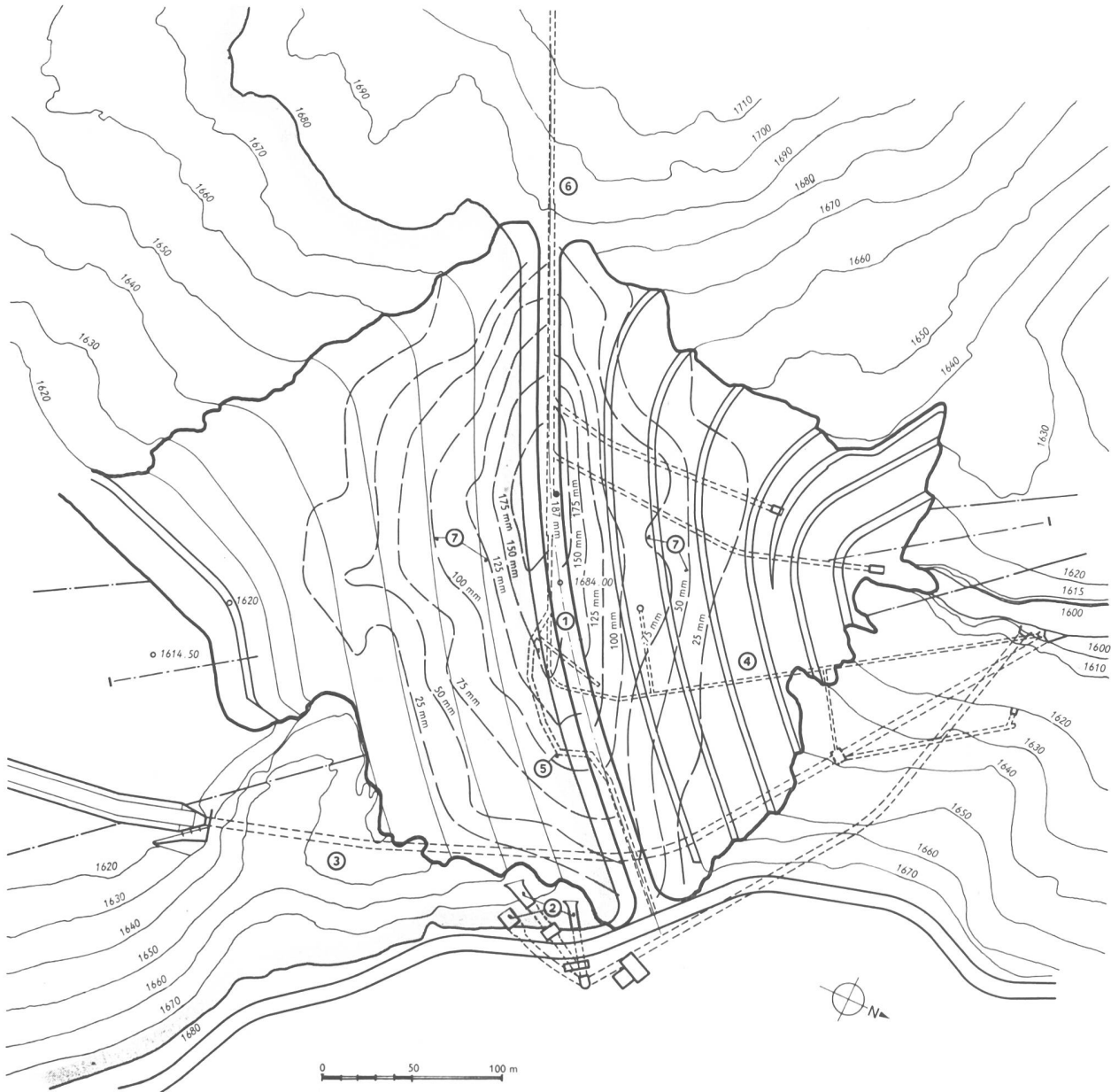
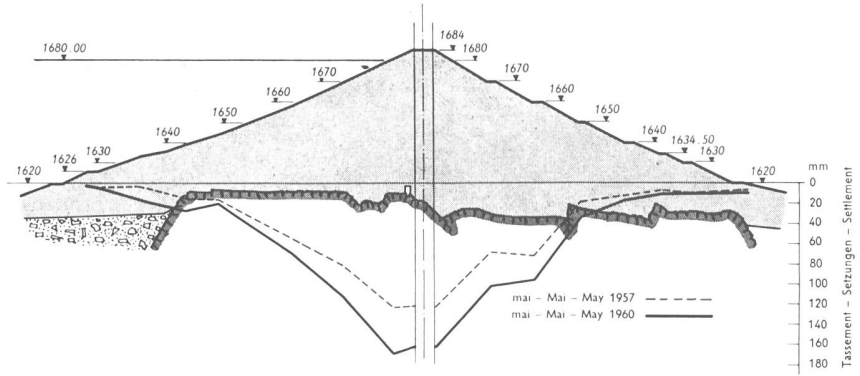


Fig. 3 CASTILETTO-MARMORERA

Tassement dans la coupe transversale I-I  
 Setzungen im Querprofil I-I  
 Settlement in the cross-section I-I



- |   |   |   |
|---|---|---|
| <p>Situation</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>① Couronnement (1684 mm)</li> <li>② Evacuateurs des crues</li> <li>③ Pertuis de fond</li> <li>④ Galerie de drainage</li> <li>⑤ Voile d'injections</li> <li>⑥ Galerie de révision</li> <li>⑦ Courbes d'égal tassement</li> </ul> | <p>Grundriß</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Dammkrone (1684 mm)</li> <li>Hochwasserentlastungsorgane</li> <li>Grundablaß</li> <li>Entwässerungsstollen</li> <li>Dichtungssporn</li> <li>Revisionsstollen</li> <li>Kurven gleicher Setzung</li> </ul> | <p>Situation</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Crest (1684 mm)</li> <li>Discharge carriers</li> <li>Bottom outlet</li> <li>Drainage gallery</li> <li>Grout curtain</li> <li>Revision gallery</li> <li>Curves of same settlement</li> </ul> |
|---|---|---|

pas d'obtenir avec certitude les caractéristiques d'ensemble d'éboulis ou de moraines qui présentent à cause de leur origine un caractère très hétérogène. C'est ainsi que ces matériaux se révélèrent être plus fins qu'escompté et surtout avoir une plus forte teneur en particules terreuses et altérées; aussi fut-il nécessaire de les laver avant la mise en place pour atteindre un coefficient de perméabilité de  $10^{-3}$ — $10^{-4}$  cm/s. Pour cela on excava dans le lit de la Julia deux grands bassins qui furent alternativement remplis et dragués. Avant le lavage les grains supérieurs à 30 cm étaient séparés par tamisage pour servir à la protection du talus amont. La mise en place s'effectuait en couches de 1 m avec adjonction d'une certaine quantité d'eau.

Les matériaux pour la zone de transition et le filtre (figure 4) ont été extraits des alluvions charriées par la rivière ( $k = 10^{-5}$  cm/s), mais leur teneur en eau naturelle dépassant sensiblement l'optimum, il fallut recourir avant la mise en place, qui s'effectuait comme pour le noyau, à un séchage artificiel au moyen d'un four rotatif.

L'imperméabilisation de la rive gauche reposant sur les éboulis fut réalisée jusqu'à la cote 1638,0 par un diaphragme de béton de 2 m d'épaisseur foncé en tranchée jusqu'au rocher. Au-dessus l'étanchéité des éboulis jusqu'à la cote du couronnement a été assurée au moyen d'une voile d'injections d'argile-ciment. Des galeries de contrôle dans le diaphragme de béton permettent l'observation permanente des mouvements ou infiltrations et des dispositifs appropriés de mesure des tassements et de la pression interstitielle ont en outre été installés dans la digue même et sur ses talus.

Les tassements cumulés des talus depuis l'achèvement de la digue (août 1954) jusqu'à mai 1960 sont représentés sous forme de courbes de niveau dans la figure 3 (voir aussi «Le comportement des barrages pendant la construction et durant l'exploitation»). Cette figure permet de constater une surprenante continuité des tassements malgré l'hétérogénéité des fondations; on peut en déduire que les tassements différentiels occasionnés par cette dissymétrie se sont déjà effectués pendant la construction. Il ressort des contrôles effectués que la digue est maintenant dans la phase des tassements lents et insignifiants; le tassement maximum observé est de 187 mm au point 142 du couronnement, il correspond à peine à 3‰ de la hauteur de la digue. Le projet et la direction des travaux de cet ouvrage ont été assumés par le bureau pour les aménagements hydro-électriques de la ville de Zurich (figures 5 et 6).

Fig. 4 CASTILETTO-MARMORERA

- Granulométrie — Kornzusammensetzung — Grading  
 ① Matériaux imperméables — Dichtes Kernmaterial — Impervious core-material  
 ② Filtre — Filter — Filter  
 ③ Matériaux perméables — Stützkörper — Pervious zone

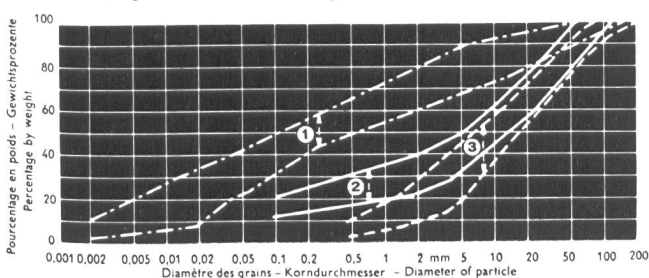
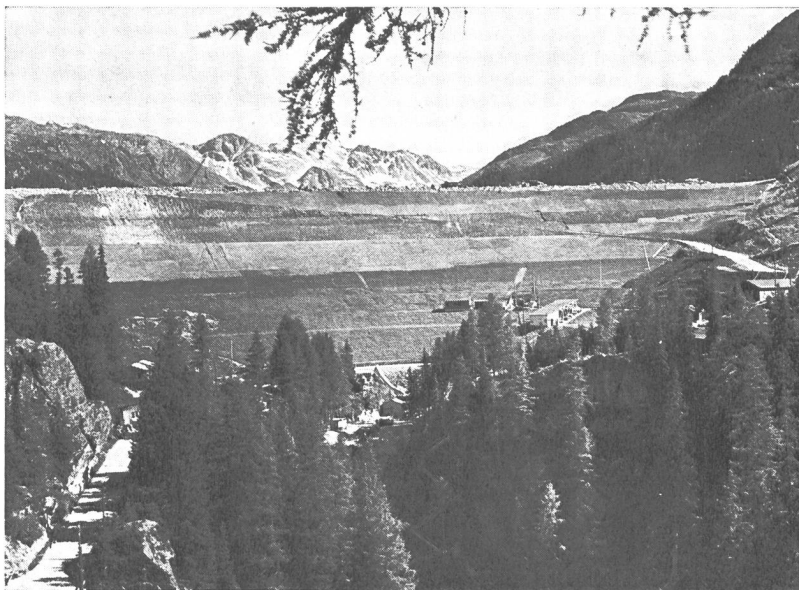


Fig. 5 CASTILETTO-MARMORERA  
 Pavement amont — Damm-Wasserseite — Upstream face  
 (Photo: E. Brügger)

Fig. 6 CASTILETTO-MARMORERA  
 Pavement aval, peu avant l'achèvement du barrage  
 Luftseite, kurz vor Bauvollendung  
 Downstream face, short before finishing the dam  
 (Photo: E. Brügger, 1954)



**Digue de Göschenalp**

La Reuss de Göschenen venant de l'ouest se jette dans la Reuss peu avant le portail nord du tunnel du Gothard (canton d'Uri). Les eaux du cours supérieur de ce torrent ont été accumulées au moyen d'une imposante digue en terre à Göschenalp dans un bassin de 75 millions m<sup>3</sup> pour être turbinées avec une chute brute de 616 à 708 m à l'usine de Göschenen.

Hauteur	155 m
Longueur du couronnement	540 m
Largeur du couronnement	11 m
Cote de retenue normale	1 792,0 m
Cote du couronnement	1 797,0 m
Volume de la digue	9 350 000 m <sup>3</sup>

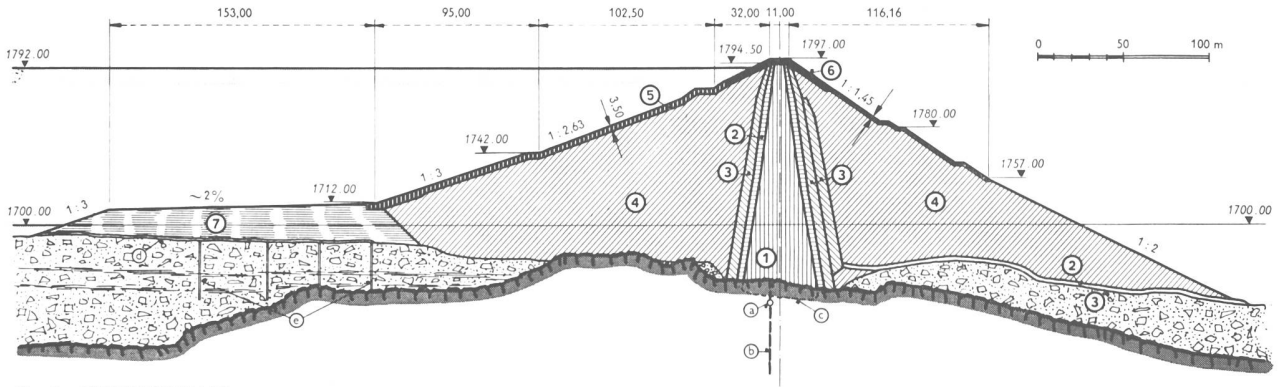


Fig. 7 GÖSCHENERALP

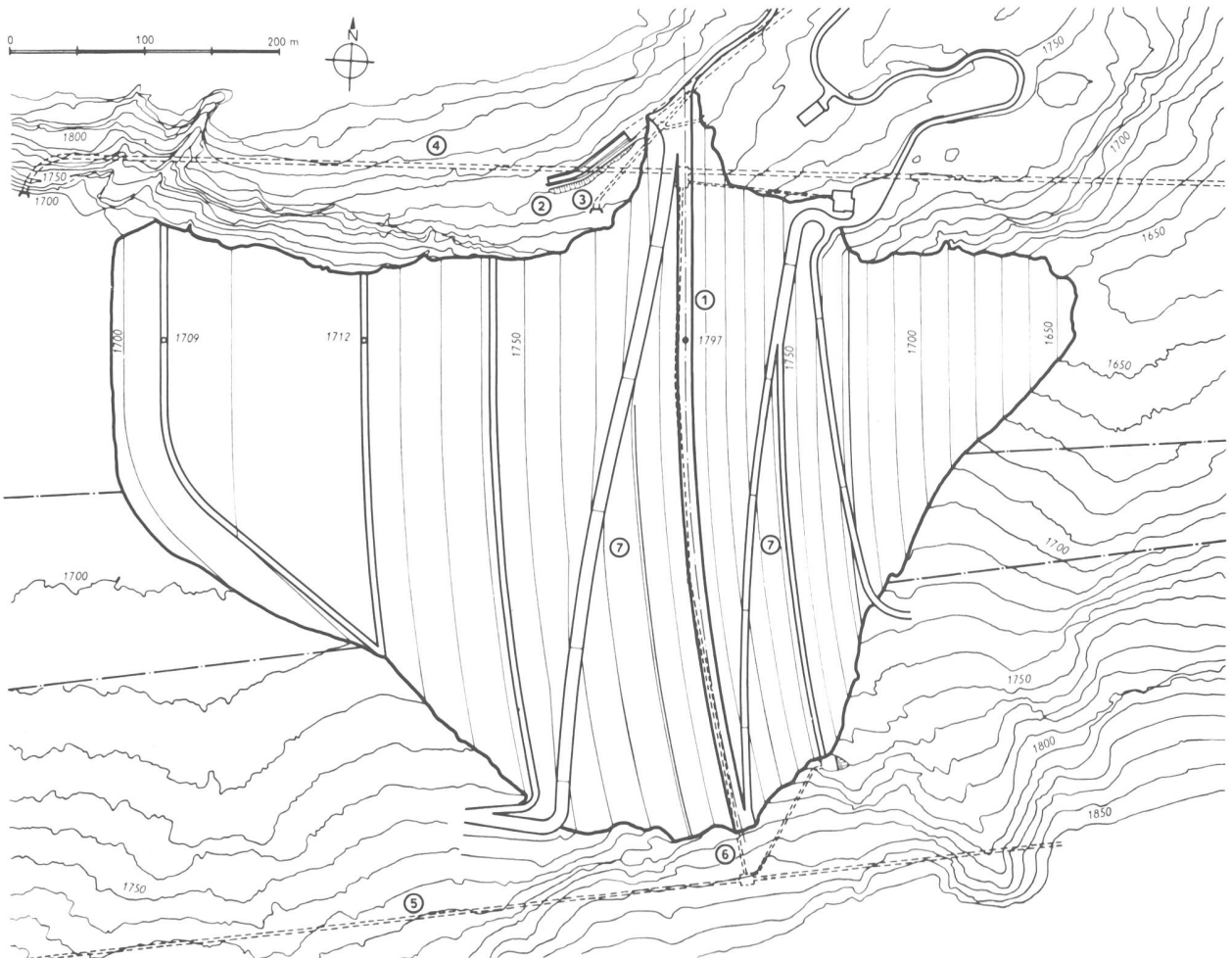
Coupe — Querschnitt — Cross-section

- ① Matériaux imperméables — Dichtungskern — Impervious core-material
- ② Filtre — Filter — Filter
- ③ Zone drainante — Drainageschicht — Special pervious zone
- ④ Matériaux perméables — Stützkörper — Pervious zone
- ⑤ Enrochements — Blockwurf — Rip-rap
- ⑥ Gros bloc de pierre — Blockschutz — Rock blocks (1—3m<sup>3</sup>)
- ⑦ Surcharge — Auflast — Surchage overload
- a Galerie d'injection — Injektionsstollen — Grouting gallery
- b Rideau d'injection — Injektionsschleier — Grout curtain
- c Injection de contact — Kontaktinjektion — Consolidation grouting
- d Couche de drainage — Drainagestreifen — Drainage blanket
- e Drains verticaux — Vertikaldrainagen — Vertical drains

Fig. 8 GÖSCHENERALP

Situation — Grundriß — Situation

- ① Couronnement — Dammkrone — Crest (1797 m)
- ② Evacuateur des crues — Hochwasserüberfall — discharge carrier
- ③ Pertuis mitoyen — Mittelablaß — middle-height discharge
- ④ Pertuis de fond et galerie de dérivation — Grundablaß und Umleitungsstollen — Bottom outlet- and diversion tunnel
- ⑤ Galerie d'amenée — Druckstollen — Pressure tunnel
- ⑥ Galerie d'injection — Injektionsstollen — Grouting gallery
- ⑦ Routes provisoires — Baustraßen — Builder's road



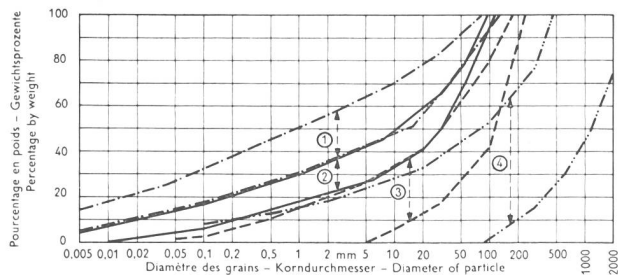


Fig. 9 GÖSCHENERALP  
 Granulométrie — Kornzusammensetzung — Grading  
 ① Matériaux imperméables — Kernmaterial — Impervious core-material  
 ② Filere — Filter — Filter  
 ③ Matériaux drainants — Drainageschicht — Special pervious zone  
 ④ Matériaux perméables — Stützkörper — Pervious zone

Etant donné les dimensions inhabituelles de cet ouvrage les études préliminaires ont été menées dès le début à grande échelle. La partie centrale de la digue a pu être fondée, après d'importantes excavations, sur la roche saine du massif du Gothard. Un barrage-poids n'aurait pas été aussi économique. La figure 8 montre la situation légèrement cintrée de la digue. La coupe se compose dans les grandes lignes des zones suivantes (figure 7):

- un noyau étanche symétrique par rapport à l'axe avec une pente de 6:1;
- à l'amont et à l'aval de ce dernier, une couche filtrante avec des zones de drainage;
- les corps amont et aval de la digue avec une couche de protection faite de gros blocs recouvrant également le couronnement.

En outre, il a fallu prévoir sur rive droite une surcharge amont pour améliorer la stabilité au glissement du pied du talus (présence de couches tourbeuses). L'effet de cette surcharge a été accéléré par des drains de sable verticaux facilitant la consolidation.

Le noyau présente la particularité suivante:

Il y avait dans le fond de la vallée une couverture de sable, gravier et gros blocs d'origine fluvio-glaciaire dont le coefficient de Darcy était de  $5 \cdot 10^{-5}$  cm/s, ce qui aurait suffi à condition de prévoir un noyau suffisamment épais. Cependant ce gisement s'avéra d'emblée insuffisant pour un noyau large, il fallut par conséquent lui ajouter un imperméabilisant ne risquant pas d'être délavé, afin de limiter l'épaisseur maximum du noyau à  $\frac{1}{3}$  de sa hauteur. L'exécution confirma le bien-fondé de cette mesure car à l'achèvement de la digue le gisement était pratiquement épuisé. De longues études sur les produits bitumineux, la bentonite et les adjonctions d'argile ont conduit à la solution adoptée, à savoir l'adjonction de 12 % d'argile de Wildeg, sur l'Aar, aux sables et graviers tamisés à 100 mm (voir R 38 à la question 27, Rome 1961). Les caractéristiques de cette argile sont les suivantes:

Poids spécifique	2,65—2,75 t/m <sup>3</sup>
Teneur en eau à la livraison	4 %
Teneur en carbonates	< 15 %
Limite de plasticité	15—17 %
Limite de liquidité	40—45 %

La courbe granulométrique du noyau est indiquée à la figure 9. Le mélange avec l'argile s'effectuait comme pour le béton avec des malaxeurs spéciaux entièrement

automatiques. Pour la mise en place, la teneur en eau mesurée avec un grain maximum de 30 mm fut fixée à 6—8 % et la densité apparente sèche à 2,1 t/m<sup>3</sup>. L'épaisseur des couches était de 0,30 m et le compactage s'effectuait normalement avec rouleaux à pneus de 35—45 t. Le coefficient de perméabilité obtenu est de  $10^{-7}$ — $10^{-8}$  cm/s. Les recherches en laboratoire ont montré la forte influence exercée par une augmentation de 1—2 % de teneur en eau sur la pression interstitielle. Comme le gisement présentait une teneur en eau trop élevée et qu'un séchage naturel ne pouvait être réalisé, il a fallu abaisser la teneur en eau de 3—4 % au moyen de fours rotatifs à mazout.



Fig. 10 GÖSCHENERALP  
 Vue du pavé amont du barrage — Ansicht der Wasserseite —  
 Sight of the upstream face of the dam  
 (Photo: E. Brügger, 16. 7. 1960)

Fig. 11 GÖSCHENERALP  
 Vue du pavé aval — Ansicht der Luftseite — Sight of the down-  
 stream face  
 (Photo: E. Brügger, 16. 7. 1960)



Les raccords avec le rocher furent effectués avec des mélanges plus fins et plus riches en argile, soigneusement compactés en couches de faibles épaisseurs sur les surfaces du rocher nettoyées et non surplombantes. Le granit superficiel a d'autre part été injecté avec du lait de ciment depuis une galerie située dans le rocher; les absorptions furent relativement élevées à cause de la fissuration du granit.

La teneur en eau et la densité apparente sur la digue furent contrôlées régulièrement par des essais dont les résultats se situèrent pour la plupart dans les limites prescrites mais il s'avéra à nouveau que la précision des mesures de la densité apparente laissait à désirer. Les zones de transition 2 et 3 (courbes granulométriques, figure 9) ont été mises en place comme la zone 1. La majeure partie de la digue — zone 4 — est composée d'éboulis provenant des cônes de déjection proches (courbe granulométrique fig. 9). Cette zone a été mise en place après une légère humidification en couches de 2,5 m avec des camions à bennes basculantes sans autre compactage que celui des véhicules. La densité sèche apparente déterminée par des prélèvements en grande masse est de 2,15 t/m<sup>3</sup>.

Au fur et à mesure de la construction on installa et observa des dispositifs de mesure des tassements, des manomètres de pression interstitielle et des repères de talus. Les mouvements possibles de la digue ont d'autre

part été analysés à l'aide d'un calcul théorique des contraintes et des déformations du profil considéré comme une plaque; il en est résulté des déplacements de plusieurs décimètres sous la pression de l'eau. La hauteur du couronnement fut atteinte en août 1960 et le remplissage du lac commença aussitôt après le démontage des installations de préparation du matériau pour le noyau, qui étaient situées à l'intérieur de la retenue; celle-ci atteignit à fin 1960 la cote 1752 m, si bien que la production d'énergie commença durant l'hiver 1960/61.

Les résultats des mesures et observations (eau d'infiltration, sources) faites jusqu'ici montrent un comportement absolument normal de la digue; il est cependant prématuré de tirer des conclusions définitives sur son comportement car la retenue atteinte était de 40 m inférieure à la normale (figures 10 et 11).

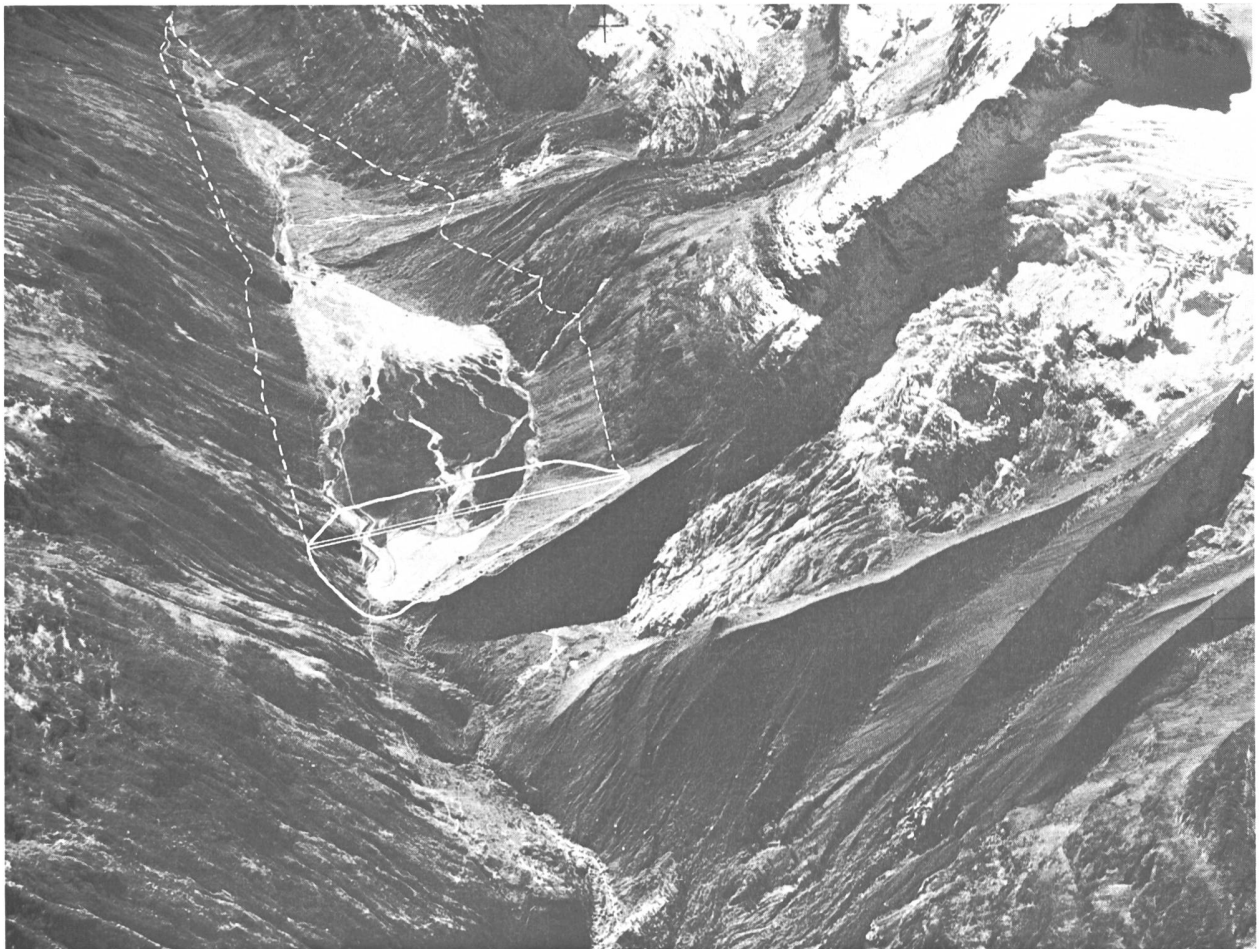
### Digue de Mattmark

Les eaux de la Viège de Saas (Valais) doivent être utilisées en deux paliers, avec des centrales à Zermeigern et Stalden. L'objet principal de cet aménagement commencé en 1960 est le lac artificiel de Mattmark de 100 millions m<sup>3</sup>. Avec une cote de retenue de 2197 m la chute brute totale disponible est de 1488 m jusqu'à Stalden; la production moyenne annuelle, bassins versants intermédiaires compris, sera de 576 millions kWh, dont 60 % d'énergie d'hiver.

Fig. 12 MATTMARK

Vue d'avion de l'emplacement du barrage (projet dessiné dans la photo)  
Aerial shot of the dam-site (project drawn-in)

— Flugaufnahme der Sperrstelle mit eingezeichnetem Dammprojekt —  
(Photo: Militärflugdienst)



Les conditions topographiques et géologiques, ainsi que d'éventuelles avances du glacier d'Allalin, délimitèrent la situation de la digue (figure 12, vue aérienne de la partie supérieure de la vallée avec le glacier et ses moraines latérales sud et nord).

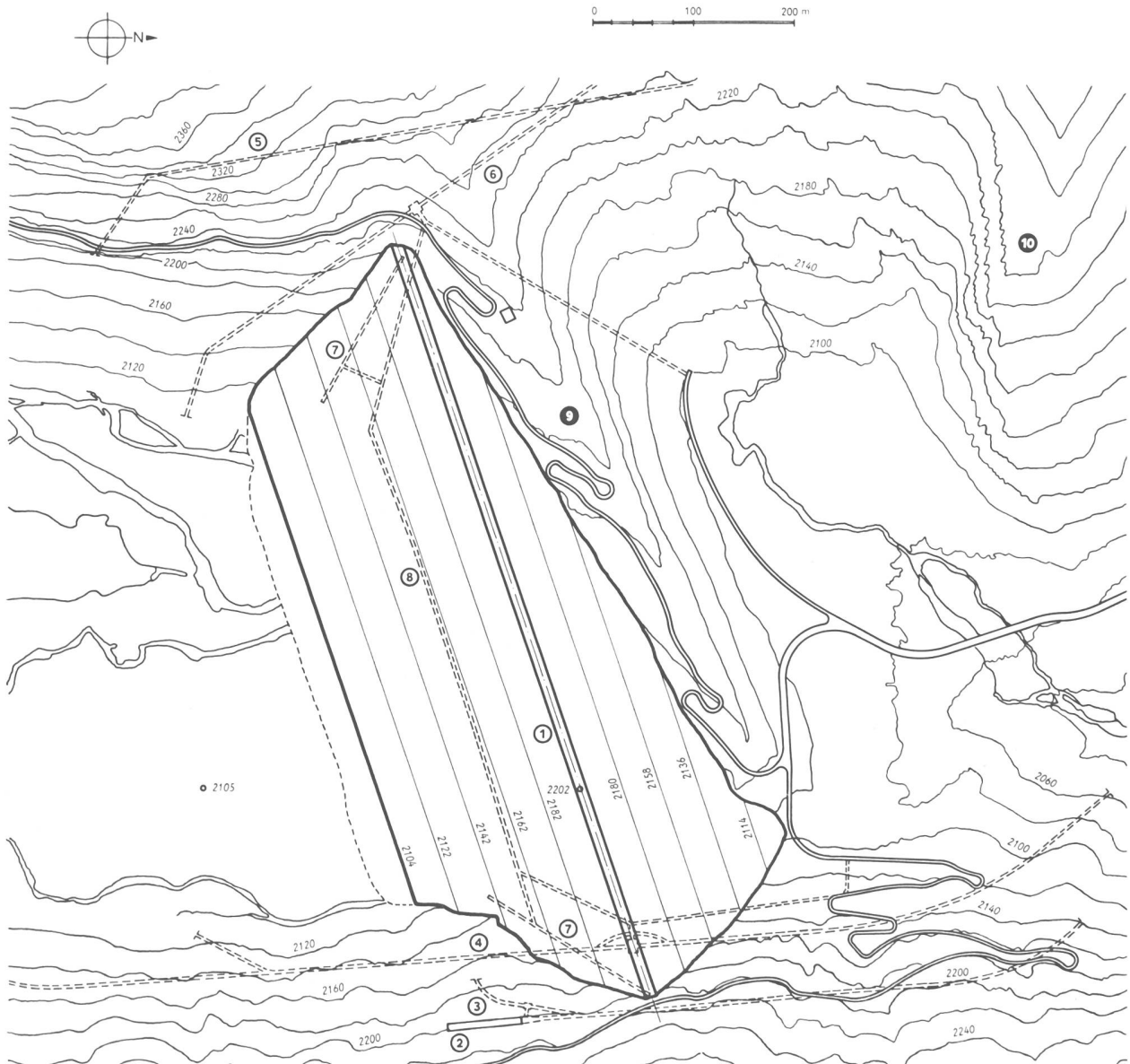
La vallée est relativement ouverte et le rocher se situe à environ 100 m sous les alluvions, si bien que seule une digue entre en considération; ceci d'autant plus que les moraines voisines constituent une excellente matière première:

Hauteur de la digue	115 m
Longueur au couronnement	780 m
Volume de la digue	10 millions m <sup>3</sup>
Cote du couronnement	2 202 m

La figure 13 représente le plan de la digue avec les ouvrages annexes: vidange de fond, vidange intermédiaire et évacuateur des crues. Comme c'est généralement le cas pour les barrages situés dans les hautes vallées avec bassin versant limité, l'évacuateur des crues est modeste.

Fig. 13 MATTMARK

Situation	Grundriß	Situation
① Couronnement	Dammkron	Crest (2202 m)
② Evacuateur des crues	Hochwasserentlastung	Discharge carrier
③ Pertuis mitoyen	Mittelablaß	Middle-height discharge tunnel
④ Pertuis de fond et galerie de dérivation	Grundablaß und Umleitstollen	Bottom outlet and diversion tunnel
⑤ Galerie d'amenée	Zuleitungsstollen	Headwater gallery
⑥ Galerie forcée	Druckstollen	Pressure gallery
⑦ Galerie d'injection	Injektionsstollen	Grouting gallery
⑧ Galerie de drainage	Drainagestollen	Drainage gallery
⑨ + ⑩ Moraines du glacier d'Allalin	Moränen des Allalingletschers	Moraines of the Allalin glacier



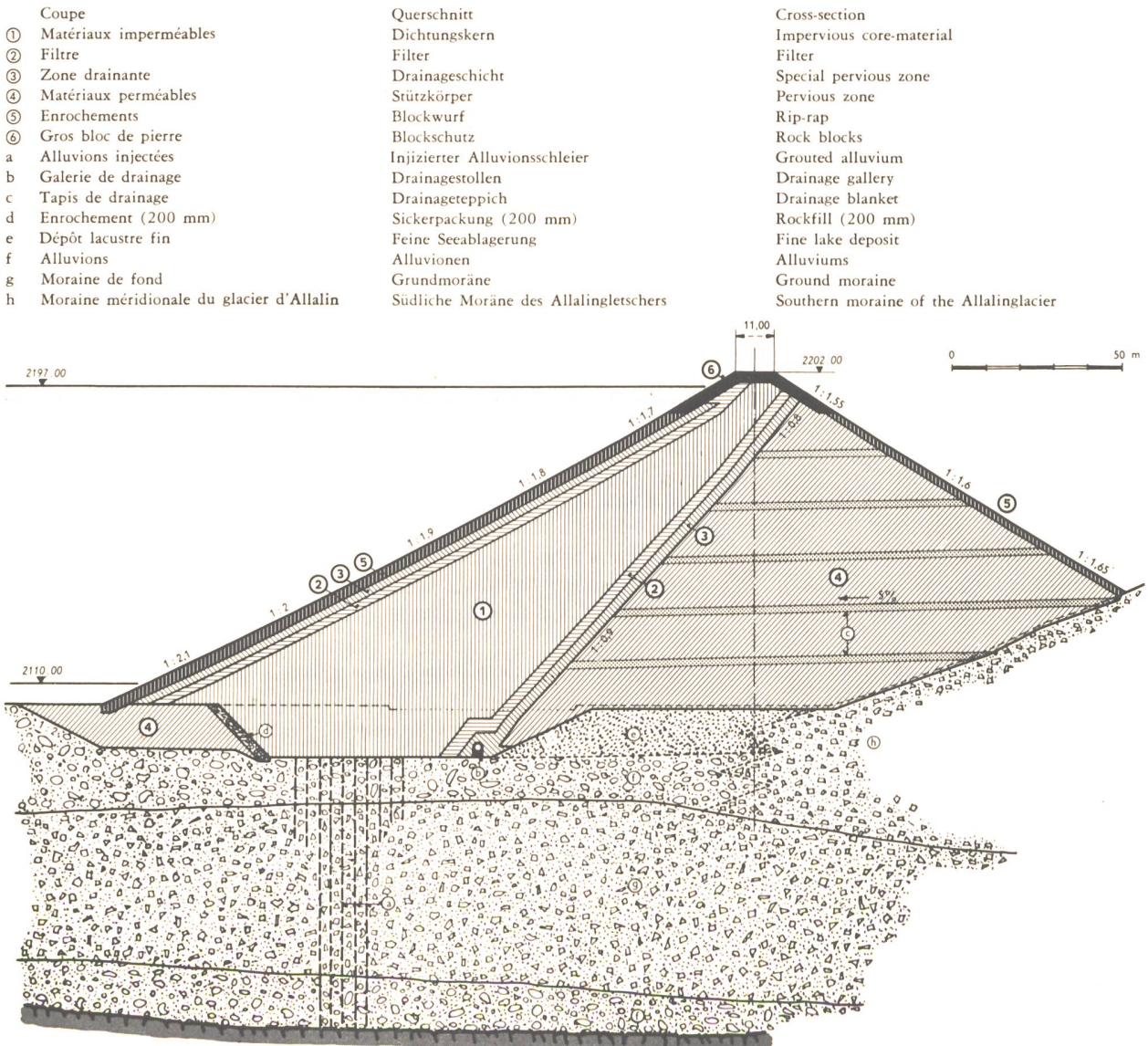
La figure 14 montre le profil de la digue avec son épais noyau incliné (zone 1) qui n'est recouvert à l'amont que par le filtre (zone 2), la couche de drainage (zone 3) et les blocs de protection (zone 5). Les zones de transition 2 et 3 ont pour but un bon écoulement de l'eau interstitielle lors de rapides variations du niveau de la retenue.

Du côté aval, il y a également une couche de filtre et de drainage; celle-ci conduit l'eau dans la galerie de drainage, afin de maintenir si possible à sec le corps aval. La figure 15 montre la granulométrie des différents matériaux obtenue en laboratoire et sur place. Il faut remarquer que le noyau et le corps de la digue seront constitués des mêmes matériaux et ne se distingueront que par le diamètre maximum: 200, éventuellement 150 mm pour le premier, 800 mm pour le second. Ceci suffit à obtenir pour le noyau un coefficient de perméabilité de  $10^{-5}$  —  $10^{-6}$  cm/s après compactage par des rouleaux à pneus. Les tensions interstitielles et les tassements sont faibles, la résistance au cisaillement excellente; grâce à un poids spécifique exceptionnellement élevé, de près de  $3 \text{ t/m}^3$ , les densités apparentes

sèches sont de  $2,4 \text{ t/m}^3$  pour une teneur en eau de 3,2%. Le corps de la digue ne sera pas compacté spécialement, il faut au contraire veiller à ce qu'il ne comporte pas de zones moins perméables.

L'imperméabilisation du sous-sol retient tout particulièrement l'attention, car la digue repose sur des dépôts fluvio-glaciaires d'âge, d'origine, de nature et d'épaisseur différents, qui recouvrent les roches cristallines. La perméabilité de cette fondation hétérogène varie suivant les couches de  $10^{-1}$  —  $10^{-3}$  cm/s. Les pertes d'eau qui seraient apparues sans traitement de la fondation auraient été économiquement inadmissibles et auraient pu amener des délavages. Les études et les nombreux essais effectués ont conduit à réaliser une coupure étanche de  $25\,000 \text{ m}^2$  qui se compose de 10 rangées de forages, dont les 4 médianes atteignent le rocher. Chaque forage sera injecté en plusieurs étapes avec des coulis différents; au début des suspensions d'argile, ciment et silicate de soude puis pour terminer des suspensions de bentonite, afin d'obtenir un coefficient  $k$  de  $10^{-4}$  —  $10^{-5}$  cm/s.

Fig. 14 MATTMARK



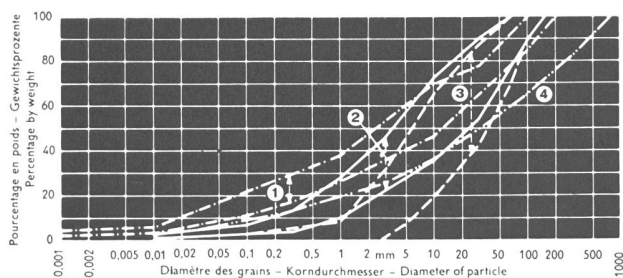


Fig. 15 MATTMARK

- Granulométrie — Kornzusammensetzung — Grading
- ① Matériaux de noyau — Kernmaterial — Core-material
- ② Filtre — Filter — Filter
- ③ Matériaux drainants — Drainageschicht — Special pervious zone
- ④ Matériaux perméables — Stützkörper — Pervious zone

Les études préliminaires sont décrites en détail dans le rapport R 68 à la question 25.

Le projet et la direction des travaux des digues de Göschenalp et Mattmark ainsi que des aménagements dont elles font partie ont été assumés par Electro-Watt Entreprises Electriques et Industrielles S.A., à Zurich.

Les Laboratoires de Recherches Hydrauliques et de Mécanique des Sols annexés à l'Ecole Polytechnique Fédérale (Zurich) furent chargés pour ces 3 grandes digues des essais de mécanique des terres et de la détermination de leurs caractéristiques. Ils ont travaillé en collaboration avec le bureau d'étude pour le projet et durant la phase d'exécution. Les références bibliographiques de ces trois grandes digues figurent en fin de cette publication.

## Liste des barrages suisses Verzeichnis der schweizerischen Talsperren Register of Swiss Dams

N. Schnitter, ing. dipl. E. P. F., Motor-Columbus SA, Baden AG

### Définitions

La liste comprend tous les barrages suisses de plus de 15 mètres de hauteur construits ou en cours de construction à la mi-année 1961. Par le terme « barrage » on n'entend ici que des constructions massives coupant le cours d'eau naturel et s'étendant d'un flanc de la vallée à l'autre. Sont donc exclus tous les barrages mobiles et toutes les digues ou murs le long de rivières ou autour de bassins de compensation situés en dehors du cours d'eau. Egalement exceptés sont tous les batardeaux n'ayant qu'une utilité temporaire. Un barrage est considéré comme étant en cours de construction dès l'adjudication des travaux.

La présentation de la liste suit en général les recommandations datées du 10 février 1960 du sous-comité international pour une liste mondiale des barrages. Ces recommandations ont été présentées à la réunion exécutive qui a siégé à Tokio en octobre 1960. A leur rencontre ne sont pas mentionnés dans la présente liste: la hauteur à partir du fond de la vallée, le nom et la fonction de la retenue, la puissance installée au pied du barrage, ainsi que l'auteur du projet et l'entrepreneur. En Suisse, à quelques exceptions près les noms des barrages et des bassins d'accumulation correspondants sont identiques. Les accumulations servent dans tous les cas à la production d'énergie électrique, mais les installations avec une usine au pied du barrage sont très rares. Le cas normal est l'installation à haute chute avec une conduite d'eau plus ou moins longue entre la retenue et l'usine. Enfin

### Begriffsbestimmungen

Das Verzeichnis umfaßt alle bis Mitte 1961 gebauten oder sich in Bau befindenden Talsperren der Schweiz von mehr als 15 Metern größter Höhe. Der Bedeutung des Wortes «Talsperre» folgend sind nur Bauwerke erfaßt, welche durch einen festen Körper ein Tal von einer Flanke zur andern abriegeln und den natürlichen Wasserlauf unterbinden. Ausgeschlossen bleiben somit alle beweglichen Wehre und alle Dämme oder Wände entlang Flüssen und um neben dem Wasserlauf gelegene Ausgleichbecken. Ausgenommen sind auch alle nur vorübergehend im Dienst stehenden Fangdämme. Als sich in Bau befindend gilt eine Talsperre, wenn die Arbeiten an ihr zur Ausführung vergeben sind.

Die Gestaltung des Verzeichnisses folgt im wesentlichen den Empfehlungen des internationalen Unterkomitees für ein Talsperrenverzeichnis der Welt vom 10. Februar 1960 zuhanden der Vorstandssitzung vom Oktober 1960 in Tokio. Nicht angegeben werden allerdings die Höhe über Talboden, Name und Zweck des Speicherbeckens, die im Kraftwerk am Talsperrenfuß installierte Leistung sowie Projektverfasser und Bauunternehmung. Mit wenigen Ausnahmen sind nämlich in der Schweiz die Namen von Talsperre und Speicherbecken identisch. Letztere dienen ausnahmslos der Erzeugung elektrischer Energie, wobei jedoch die Anordnung des Kraftwerkes am Talsperrenfuß sehr selten ist. Die Regel sind Hochdruckanlagen mit mehr oder minder langer Triebwasserleitung zwischen Tal-

### Definitions

The register lists all Swiss dams of more than 15 metres (50 feet) height built or under construction up to the middle of 1961. The term "dam" is restricted herein to solid structures extending from one side of a valley to the other and blocking the natural watercourse. Excluded are, therefore, all movable weirs and all dikes or walls along rivers or around compensating basins located beside the watercourse. Excepted are also all cofferdams serving only for temporary purposes. A dam is considered to be under construction as soon as the contract for the respective works has been let.

The presentation of the register follows in general the recommendations of the International Sub-Committee on a World Register of Dams dated February 10, 1960 and submitted to the Executive Meeting held in Tokyo during October 1960. Not given are however the height above ground level, the name and purpose of the reservoir, the power capacity installed at or near the dam and the names of the designer and contractor. In Switzerland the names of the dams and reservoirs coincide with only very few exceptions. The reservoirs serve exclusively for the generation of electricity, but the power plants are very rarely located at or near the dam. The rule are high head power schemes with conduits of more or less considerable length between dam and power house. Finally many of the dams, especially the larger ones, are the result of the combined efforts of so many engineers and contractors, that it is im-