

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 51 (1925)
Heft: 9

Artikel: La construction des grands barrages
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-39504>

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: 15.01.2026

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

La partie supérieure de la vallée de l'Aar en amont du Grimsel est recouverte sur une longueur d'environ 8 km. par le glacier inférieur de l'Aar. Comme le glacier descend jusqu'à la cote 1895, sa partie inférieure sera submergée sur une hauteur de 17 m. par le lac artificiel. Le glacier, qui en l'an 1870, avait atteint son avancement maximum, recule constamment depuis lors. Le recul pendant les cinquante dernières années est d'environ 500 m. Dans les temps historiques, c'est-à-dire depuis environ 300 ans, il n'a jamais dépassé son amplitude maximale de 1870. Après sa submersion par le lac, le glacier se terminera dans ce dernier par une paroi de glace et déposera ses moraines au bord du bassin. Les géologues ont calculé qu'en 100 ans la masse des matériaux charriés et déposés par le glacier peut atteindre au maximum un million de m³, quantité inférieure au volume qu'on gagnera par la fonte de l'extrémité du glacier. Le dépôt des boues glaciaires amenées par la moraine terminale ne causera très probablement pendant plusieurs siècles pas de préjudice sensible au bassin de retenue. Les pentes de la vallée de part et d'autre du bassin d'accumulation ayant été autrefois complètement nettoyées par les glaciers, la masse totale des éboulis provenant de ces pentes peut être également considérée comme quantité négligeable. Ces constatations nous permettent d'admettre avec certitude que, pendant un temps indéfini, le bassin d'accumulation conservera sa capacité intacte.

Le *barrage principal* de la Spitalamm atteindra une hauteur maximale de 100 m. environ ; ses fondations descendront jusqu'à la cote 1800 ; au niveau de la retenue supérieure la largeur de la gorge est de 180 m. Le type de barrage choisi est un mur à résistance combinée, c'est-à-dire résistant à la fois comme mur-poids et voûte horizontale. Les parements sont inclinés de 1 : 0,1 à l'amont et 1 : 0,5 à l'aval. La maçonnerie, de 340 000 m³ consistera en béton coulé. Le sable et le gravier nécessaires pourront être extraits du lit de l'Aar à proximité du barrage. Le *barrage auxiliaire* de la Seeuferegg sera un mur de gravité rectiligne de 58 000 m³ de béton. Le couronnement de 290 m. de longueur sera utilisé comme chemin d'accès de la nouvelle route du Grimsel à la maison du gardien du barrage et au nouvel hospice que l'on construira sur la colline du Nollen.

La galerie de vidange, la prise d'eau et la chambre des vannes ne présentent pas de constructions spéciales. Les vannes de la galerie d'amenée peuvent être actionnées soit à la main dans la chambre même, soit par commande électrique depuis la maison du gardien. En outre, il est prévu une fermeture automatique des vannes, lorsque le niveau du lac de Gelmer atteint sa cote supérieure admissible. La chambre des vannes et l'habitation du gardien sont reliées par un puits vertical muni d'un ascenseur.

Sur toute la longueur de la *galerie de communication Grimsel-Gelmer* la roche des flancs de la vallée apparaît nue et polie par les glaciers. Le tunnel, long de 4,5 km., suit le flanc droit de la vallée et traverse très favorablement la roche, à peu près perpendiculairement à la direction des couches. La distance minimale de la galerie à la surface a été fixée à 100 m., de sorte qu'il n'est pas nécessaire de prévoir un revêtement spécial.

Le haut plateau de Gelmer présente le même caractère que la vallée de l'Aar en amont du Grimsel. Mais tandis que cette dernière s'étend sur une grande longueur, celle de Gelmer ne mesure guère que 1 1/2 km. seulement et se termine au milieu d'un cirque de montagnes abruptes, dont les glaciers descendent jusqu'à 500 m. au-dessus du fond de la vallée.

Le barrage de Gelmer est un mur résistant par son propre poids ; la longueur du couronnement est de 385 m. et le cube total du béton est de 78 000 m³. Immédiatement après sa sortie du lac, l'émissaire actuel forme une série de chutes et atteint le plateau de la Handeck situé 400 m. plus bas.

(A suivre.)

La construction des grands barrages.

M. le Dr A. Stucky, ingénieur-conseil, à Bâle, a fait, il y a quelques mois, devant la Section vaudoise de la Société suisse des ingénieurs et des architectes, une conférence sur Les barrages, pour laquelle il a, naturellement, utilisé les matériaux de sa communication à l'assemblée du 31 mai 1924 de l'« Association suisse pour l'aménagement des eaux ». Comme nous avons publié, à la page 301 du Bulletin technique du 22 novembre 1924, un résumé de cette communication nous ne reproduirons de la dernière conférence de M. Stucky que certaines considérations destinées à compléter ce résumé.

Après avoir rappelé les conditions qui régissent l'aménagement moderne des chutes d'eau, M. Stucky étudie les différents types de barrages et, à propos des barrages-poids il déclare « qu'on ne saurait attacher une importance trop grande à la question de leur fissuration ».

« Beaucoup ont présenté des fissures, et quelquefois assez longtemps après leur achèvement. Il semble que ce danger augmente avec la qualité et le dosage du ciment employé. Les ciments spéciaux dont on se sert quelquefois ont le gros inconvénient de dégager une forte quantité de chaleur et le refroidissement du mur est lent, surtout si l'on n'a pas pris soin de le favoriser par une subdivision adéquate des blocs de bétonnage. Il est dans tous les cas inutile, pour ne pas dire dangereux, de forcer le dosage.

» Tant qu'il s'agit d'un barrage de faible hauteur, et pourvu qu'on dispose d'un sol rocheux, le barrage-poids peut être exécuté partout, mais la construction en est naturellement onéreuse, les matériaux y étant très mal utilisés. On a proposé de remplacer le béton de l'intérieur du mur, qui travaille à un faible taux, par un vulgaire remplissage de gravier ou de pierres sèches, mais l'économie ainsi réalisée paraît être compensée, du moins chez nous, par la complication de l'exécution. On a aussi imaginé de supprimer purement et simplement ce remplissage de gravier ou de pierres et de ménager à l'intérieur de l'ouvrage de grosses cavités de formes et de dimensions appropriées, tout en élargissant la base du mur afin de rétablir la stabilité compromise par la diminution de poids. Ce principe a déjà été appliqué souvent pour de petits ouvrages, mais à notre connaissance il n'a pas encore trouvé d'application en grand.

» Le même désir d'économie a donné naissance au type américain dit *Ambursen*, constitué par une grande paroi en béton armé qui s'appuie sur des piliers à profil triangulaire. Ce type représente en grand ce que sont les petits barrages de rivière que chacun connaît, mais où les vannes mobiles auraient été remplacées par des dalles en béton armé inamovibles. Pour des raisons de stabilité, la dalle n'est pas verticale, mais inclinée.

» Un type analogue est celui dit à *voûtes multiples*, qui ne diffère du précédent qu'en ce que les dalles planes sont rem-

placées par des voûtes en béton, ou le cas échéant, en béton armé. Comme dans le cas précédent, les demi-cylindres ne sont pas verticaux mais inclinés. Ce type, assez fréquent aux Etats-Unis, a été en vogue en Italie surtout. En Suisse il n'en existe pas dont la hauteur dépasse une vingtaine de mètres. L'un des deux ouvrages de ce genre a été construit par les Chemins de fer fédéraux, il y a une quinzaine d'années, à Massaboden, dans le Valais, et l'autre doit être en construction aujourd'hui pour l'usine de Vernayaz. Tous deux constituent une des parois d'un bassin de compensation. Les ingénieurs allemands viennent d'en terminer un à Vöhrenbach, dans le pays de Bade.

» Il y a probablement deux raisons pour lesquelles ce type n'a pas eu de succès en Suisse. Il ne convient pas au rude climat de nos hautes vallées, car les minces parois de béton armé exposées successivement aux infiltrations, à l'action du gel, à l'action du soleil, se désagrègent avec le temps et ne forment plus une protection suffisante pour les armatures en acier. En outre, la main-d'œuvre est proportionnellement très chère en Suisse. Il est de fait que, sur tous nos grands chantiers, nous avons, surtout depuis la guerre, la tendance à réduire, dans la mesure du possible, l'emploi de la main-d'œuvre, quitte à augmenter les installations et même la consommation de ciment. Nous nous trouvons à ce point de vue dans des conditions assez analogues à celles des Etats-Unis où la main-d'œuvre est très chère aussi. D'autre part, aujourd'hui plus que jamais, on exige du technicien qu'il accélère ses travaux, ce qui conduit de nouveau à choisir de préférence des formes aussi simples que possible. Il se trouve donc dans des conditions telles qu'un barrage massif aux formes simples est plus vite exécuté et à meilleur compte qu'un ouvrage aux formes compliquées et exigeant la combinaison de plusieurs catégories de travaux, coffrages, armatures d'acier, béton, maçonnerie, etc. Dans d'autres pays où le rapport entre le prix de la main-d'œuvre d'une part, le prix des machines, du ciment, d'autre part, est différent de ce qu'il est chez nous, comme c'est le cas en Italie, en Espagne, on doit au contraire réduire dans la mesure du possible l'emploi des machines et du ciment pour le remplacer par la main-d'œuvre bon marché, et il arrive que l'on puisse, dans ces pays, exécuter des cubes tout aussi grands que chez nous, c'est-à-dire jusqu'à 500 m³ par jour, pour ainsi dire sans installations. Ce qui est la règle pour nous n'est donc pas nécessairement valable en d'autres pays et l'on peut très bien exécuter ailleurs, pour ainsi dire sans aucune machine, ce que nous sommes obligés, nous Suisses, de faire au moyen d'installations perfectionnées.

» Au lieu de fermer la vallée par une série de petites voûtes, on peut aussi l'enjamber au moyen d'un seul arc de grande portée ; nous obtenons ainsi le *barrage-voûte* proprement dit. Lorsque les conditions du terrain s'y prêtent, cette solution est de toutes la plus avantageuse, parce qu'elle allie l'économie à la simplicité des formes et à l'unité des matériaux employés. Cette solution est en même temps la plus sûre, car jusqu'à présent aucun barrage-voûte ne s'est écroulé. Or, il en existe beaucoup en Californie, pays où sévissent souvent les tremblements de terre, et il n'y a pas eu jusqu'à aujourd'hui d'accident à déplorer.

» Le barrage-voûte est donc la solution à la fois la plus économique et en outre celle qui satisfait le mieux l'ingénieur, mais il exige des conditions de fondation particulièrement favorables sur tout son pourtour, ainsi qu'une largeur de la vallée limitée, ou plus précisément, un rapport de la largeur de la vallée à la hauteur inférieur à 2-3. Il existe en Amérique des barrages-voûtes dont la corde mesure 160 m. pour une hauteur de 50 et quelques mètres.

» Le calcul des barrages-voûtes a donné lieu à bien des controverses. La raison en est que l'ouvrage n'a pas une forme assez simple pour pouvoir être définie mathématiquement, comme c'est souvent le cas pour des constructions légères en béton armé ou en fer. On pourrait objecter qu'il en est de même pour le barrage-poids. C'est juste, mais ici la simplification qui consiste à ne considérer que le profil triangulaire, en faisant abstraction de toute autre influence ne s'écarte pas trop de la réalité, surtout si l'ouvrage possède des joints de dilatation verticaux. Pour le barrage-voûte, la simplification

est plus difficile. Je crois que l'on n'arrivera jamais à donner une théorie du barrage-voûte qui soit pleinement satisfaisante. La construction du barrage-voûte restera toujours un art, comme l'édition des grands ponts en maçonnerie, où le flair, l'expérience et un certain coup d'œil jouent un rôle aussi grand, si ce n'est plus grand, que le calcul proprement dit.

» Le premier grand barrage-voûte d'Europe est celui de la Joggne¹, qui a été mis en service il y a quelques années. Sa hauteur au-dessus des fondations atteint 52 m. et la corde mesurée au couronnement du barrage atteint 77 m. Ce barrage est caractérisé par sa courbure notable, ainsi que par les renforts qu'il a subis sur tout son contour. La partie centrale du barrage a été maintenue au contraire aussi mince que possible, afin de lui donner une certaine élasticité et de le soustraire ainsi, dans la mesure possible, aux effets des variations de température. L'idée fondamentale est donc de donner au barrage-voûte une grande flexibilité.

» On avait prévu la mesure de la déformation de l'ouvrage pendant la première mise en eau. A cet effet on pensait recourir à trois méthodes :

- 1^o à une triangulation de haute précision,
- 2^o aux mesures d'inclinaison au moyen de clinomètres,
- 3^o à des visées directes.

» La triangulation avait été confiée au Service topographique fédéral, qui est mieux outillé et mieux expérimenté que qui-conque pour des opérations aussi délicates. On se proposait de déterminer le déplacement d'une trentaine de points du parement aval du barrage. Le même procédé a été appliqué au barrage d'Amsteg, avec plus de succès. Cela tient probablement au fait que les visées étaient plus courtes à Amsteg et que l'on y a profité des expériences faites à la Joggne.

» Pour la mise en œuvre de la seconde méthode, on avait réparti sur l'intrados du barrage une trentaine de boulons horizontaux calibrés. Ces boulons devaient porter les clinomètres, c'est-à-dire des niveaux de précision à bulles d'air qui indiquent le changement d'inclinaison de la surface du barrage aux points considérés. Au moyen d'épures, il aurait été possible de calculer les déplacements. Mais, la mise en eau d'un tel barrage durant plusieurs semaines et éventuellement plusieurs mois, il était impossible de laisser les clinomètres en place aussi longtemps, et il fallut par conséquent trouver un dispositif éliminant les erreurs dues au fait que l'appareil avait dû être enlevé pendant un certain temps. Comme il s'agit ici de mouvements excessivement faibles, les mesures n'ont pas pu être faites avec suffisamment d'exactitude, les instruments ayant un défaut que nous avons reconnu par la suite.

» Une troisième méthode consistait en visées directes au moyen d'un théodolite. On plaçait en ligne droite une lunette, un point de repère sur la rive opposée et une échelle graduée fixée au barrage. Au moyen d'une visée il est possible de mesurer directement le déplacement. Cette méthode est très simple, mais on ne peut malheureusement observer qu'un nombre restreint de points. Ces observations ont été poursuivies depuis lors. Elles ont démontré que les déplacements les plus grands étaient dus, comme on le prévoyait, non pas à la pression de l'eau, mais aux variations thermiques² et étaient de l'ordre de grandeur de + 10 millimètres. Le résultat essentiel de ces observations a été que les déformations sont élastiques, c'est-à-dire qu'au bout d'une année, soit d'un cycle complet, le barrage revenait à sa position primitive, ce qui n'a pas été le cas pour tous les barrages-voûtes sur plusieurs desquels on a pu constater, après la première mise en eau, un décrochement dans la fondation. Comme je le disais, ces observations ont été continuées depuis lors et l'on constate au bout de chaque année un petit tassement presque imperceptible, phénomène qui est corroboré par toutes les observations faites dans un laboratoire où l'on charge et décharge

¹ Voir la description et le calcul de cet ouvrage dans les N°s 1, 3, 5, 8, 9 du *Bulletin technique* année 1922. Cette étude dont l'auteur est précisément M. Stucky a fait l'objet d'un tirage à part qui est en vente à la librairie Rouge & Cie, Lausanne.

² Voir : Professeur Joye et A. Christen. Recherches sur les variations et la répartition de la température dans le barrage de Montsalvens — *Bulletin technique*, année 1922, N°s 13, 14, 16, 18, 19. Tirage à part en vente à la librairie Rouge, à Lausanne.

Réd.

un corps. La déformation ne disparaît pas entièrement. Il subsiste toujours une légère histéresis.

Après avoir décrit les barrages-voûtes d'Amsteg et de Montejaque (Espagne), M. Stucky expose

» qu'un quatrième barrage-voûte qui doit être édifié prochainement en Italie se trouve dans des conditions encore bien meilleures que celles des trois barrages que je viens de décrire. Pour une hauteur de 55 m., la longueur de la corde ne mesure que 49 m. C'est donc dire que le barrage est plus haut que large. Ces conditions particulièrement favorables ont permis de pousser l'économie des matériaux à un point extrême, sans que les fatigues de compression dépassent 23 kg./cm². La base ou le pied du barrage ne mesure que 13 m. de longueur, c'est-à-dire n'a que le 23% de la hauteur, contre 70 ou 75% qu'exigerait le barrage-poids. Pour 55 m. de hauteur, ce barrage n'aura que 12 000 m³ de béton.

» Nous avons vu que pour le barrage-poids le retrait, ou le refroidissement après l'échauffement dû au bétonnage, provoquait souvent des fissurations susceptibles d'être combattues il est vrai en ménageant de grands joints de dilatation. On s'est demandé si le barrage-voûte exigeait aussi des joints de dilatation ou non. En principe, on devait pouvoir les supprimer puisque la propriété fondamentale du barrage-voûte est justement d'être très élastique et peu sensible aux déformations. Or, le calcul démontre déjà que si la courbure n'est pas très forte et l'épaisseur particulièrement mince, l'ouvrage n'est pas absolument à l'abri des fissurations. C'est la raison pour laquelle le barrage de Broc a été fait avec joints. Ces joints provisoires ont été bétonnés avec soin au dernier moment et il y a tout lieu de croire qu'ils n'ont pas été inutiles. Pour le barrage plus mince de Montejaque l'on n'a pas fait de joints. L'ouvrage a été coulé d'un seul bloc et il ne s'est pas produit d'inconvénients.

» Dans tous les types que nous venons d'examiner, nous avons supposé implicitement que le trop-plein du lac était indépendant du barrage, car on n'oseraient songer à évacuer les crues d'une manière continue par-dessus le couronnement d'un barrage haut de 50 m. et plus. Dès que la grandeur des crues ne permet plus la disposition d'un déversoir indépendant, cette question passe au premier plan et c'est sa résolution qui offre souvent le plus de difficultés.

» En général, ce cas ne se présente pas pour des barrages très hauts, mais plutôt pour des hauteurs moyennes, jusqu'à une trentaine de mètres. Le barrage de Mühlberg sur l'Aar, construit pendant la guerre par les Forces Motrices bernoises, est de ce type. Il possède dix vannes de dimensions moyennes placées sur son couronnement. Pour éviter que cette grande masse d'eau en tombant de vingt mètres de hauteur ne provoque des affouillements dangereux, l'on a prévu un dispositif tel que l'excédent d'eau se précipite en cascade sur un radier supérieur dont les chicanes disposées en saillie rejettent la masse écumante sur un radier inférieur en y amortissant sa force vive, pour s'écouler ensuite calmée sans aucun danger d'affouillement. Le radier supérieur est en béton armé et le radier inférieur, très massif, est entièrement submergé.

» A l'usine de Partenstein, en Autriche, qui vient d'être terminée, construite sur un des affluents de la rive gauche du Danube, le problème, analogue, a reçu une solution un peu différente. Plutôt que d'évacuer les crues par un grand nombre de petites vannes et de répartir aussi le danger sur une grande longueur, on a préféré concentrer la difficulté en un point qui a été construit avec un soin particulier. L'ouvrage se compose donc d'un simple barrage-poids d'une longueur de 116 m. et contient en son milieu deux grandes ouvertures de dix mètres de haut et huit mètres de largeur chacune, ainsi qu'une petite ouverture latérale pour le réglage exact du niveau d'eau. C'est donc une combinaison du barrage à grandes vannes Stoney, comme on le trouve sur les grandes rivières et du barrage massif à profil triangulaire.

» Si la grandeur des crues à évacuer augmente encore, le nombre des ouvertures doit être augmenté également et l'on arrive ainsi au barrage ordinaire à grandes vannes où tout le profil de la vallée peut être ouvert, à l'exception d'un certain nombre de piliers. Ce type, qui a été réalisé un grand nombre de fois en Suisse, sur l'Aar, sur le Rhin et tout récemment

à Chancy-Pougny sur le Rhône, pourrait également servir à créer une petite accumulation. Mais, en général, ce barrage est destiné à maintenir constant le niveau amont. C'est donc un type qui sort du cadre de cette conférence et auquel je ne m'arrêterai pas, bien qu'à certains points de vue il soit plus intéressant que le barrage de retenue.

» Nous venons de voir que le projet d'un barrage doit être traité tout à fait individuellement. Il est donc difficile de donner des recettes générales. Une méthode et un type excellents dans un certain cas, peuvent très bien ne pas convenir à un autre.

» Il en est de même de la construction de ces grands ouvrages, qui constitue à elle seule aussi un problème ardu. Pour les grands barrages-poids en particulier, qui exigent un cube considérable, le seul matériau qui entre en considération en Suisse ou plus généralement dans les pays à main-d'œuvre chère est le béton ; dans des pays à main-d'œuvre bon marché, il est possible que dans certains cas particuliers la maçonnerie ordinaire soit meilleur marché. Les grandes quantités de béton mises en œuvre au cours des vingt dernières années en Amérique et en Europe, ont donné à la science du béton un essor nouveau. Cette dernière subit actuellement une transformation fondamentale et quitte le terrain empirique qui lui était propre jusqu'à il y a peu de temps pour suivre des voies nouvelles inspirées par des recherches longues et minutieuses inaugurées en Amérique. On peut dire qu'aujourd'hui toute cette question du béton, qui est au premier plan dans le problème de la construction des grands barrages-murs, est étudiée avec infiniment plus de méthode qu'autrefois. Je ne puis pas m'y arrêter longtemps parce qu'elle forme un problème pour soi qui doit je crois être traité prochainement au sein de notre Société. Je me bornerai aux conclusions essentielles qui intéressent particulièrement l'objet de la conférence d'aujourd'hui.

» La mise en œuvre de très grands cubes de béton a conduit à l'emploi de béton coulé, c'est-à-dire de béton dont la consistance est telle qu'on puisse le couler dans l'ouvrage au moyen de chenaux inclinés. Les avantages de cette méthode en tant que rapidité du travail, sautent aux yeux, bien que théoriquement parlant le béton coulé, par suite de son gros excédent d'eau, offre une résistance inférieure au béton plastique, ou qu'il exige pour une résistance donnée plus de ciment. Il se trouve que dans la pratique le béton obtenu est plus homogène et offre ainsi à un certain point de vue plus de sécurité qu'un béton damé. Il faut en effet bien distinguer entre un ouvrage de béton de dimensions petites et moyennes, où l'on peut travailler pour ainsi dire d'un seul jet, et un bloc de 100, 200 ou 300 000 m³ de béton qui doit être édifié en plusieurs années peut-être.

» Ce sont les raisons pour lesquelles le béton coulé s'est développé rapidement chez nous, malgré les quelques appréhensions du début inspirées surtout par l'excédent d'eau. Si la confection du béton est à bien des points de vue un art difficile, celle du béton coulé l'est encore davantage. L'on peut dire que c'est un travail délicat, qui ne saurait être confié à n'importe qui. On est, en effet, exposé à deux écueils, Charybde et Scylla, celui du démêlage lorsque la quantité d'eau est trop grande, et celui d'un travail lent et irrégulier lorsque la quantité d'eau est trop faible. La composition granulométrique du ballast, importante pour la résistance du béton acquiert dans le béton coulé une double importance, parce que d'elle dépend aussi la fluidité du mélange. Un certain excédent de sable favorise en effet le coulage. On conçoit facilement que la pente à donner aux chenaux joue aussi un rôle fondamental.

Si l'on songe que tous ces facteurs : granulométrie, quantité des matériaux, eau, pente des chenaux, ont une influence sur la qualité du travail ainsi que sur sa marche, si l'on songe en outre que sur un chantier où l'on doit mettre en œuvre chaque jour plusieurs centaines de mètres cubes de béton, le moindre arrêt, la moindre hésitation, fait perdre à l'entrepreneur à la fois un temps précieux et des sommes considérables, on comprendra facilement l'importance du rôle de l'entrepreneur dans l'exécution d'un grand barrage.

Au début de l'emploi du béton coulé, chez nous, on travail-

lait sans contredit avec trop d'eau. Il est arrivé ce qui arrive presque toujours avec les innovations, c'est que l'on a dépassé la mesure. On apporte actuellement une attention toute particulière à la fluidité et l'on tend à la réduire au strict minimum. C'est ainsi qu'au Wäggital on a, au cours des travaux, augmenté la pente des goulottes, ou ce qui revient au même, diminué la teneur en eau pour arriver, à la fin des travaux, à une valeur qui semble devoir donner satisfaction. C'est une pente de 30° sur l'horizontale. L'entrepreneur a facilement la tendance à ajouter de l'eau pour faire du cube. C'est donc le rôle du directeur des travaux de veiller à ce qu'on n'en abuse pas.

» Quant au liant, on n'emploie chez nous que du ciment Portland. Dans d'autres pays on travaille encore à la chaux, mais la catastrophe du Gleno en a montré le danger si l'on ne donne pas à la chaux des qualités hydrauliques par addition de trass ou de pouzzolane. Nous avons vu que dans le barragé-poids dont la hauteur ne dépasse pas les cent mètres, les sollicitations à la compression restent basses. Il est donc inutile de se servir de liant donnant des résistances particulièrement fortes, ceci d'autant plus qu'un fort dosage ou un ciment à haute résistance dégagent beaucoup de chaleur et facilite par conséquent la fissuration subséquente au durcissement. Partant de ce point de vue, on a essayé en Amérique, d'allonger le ciment en lui mêlant intimement la poudre de pierre. On a donné à ce produit le nom de *Sandcement* qui permet d'obtenir une plus grande étanchéité aux dépens de la résistance. En principe il n'y a rien à reprocher à cette méthode. L'essentiel c'est que le mélange de ciment et de poudre soit fait avec un soin particulier, ce qui, exigeant de bonnes installations, il n'est pas dit que l'on soit conduit ainsi à une économie notable.

» Etant donné les grandes masses qui entrent en jeu, on conçoit qu'on ait intérêt à faire usage de gros gravier afin de réduire la quantité du liant et d'augmenter l'étanchéité. Les Américains sont allés plus loin encore et ont fait emploi de « plumbs » ou gros blocs de pierre noyés dans le béton. On peut justifier l'emploi de ces plumbs soit par des économies de matériaux, soit par le fait que ces blocs constituent une liaison excellente entre les différentes assises du mur, car en étant immergés à moitié dans l'assise qui a déjà fait prise, ils en rendent la surface très accidentée et permettent de réaliser une meilleure solidarisation avec l'ensemble de la masse. La mise en place de ces blocs exige des engins spéciaux et cause sans contredit des perturbations dans le travail systématique du chantier. On incline aujourd'hui à croire que l'économie est de ce fait illusoire, sauf peut-être pour la partie basse du barrage. Il est incontestable qu'au point de vue de la résistance ces blocs sont d'une certaine utilité, mais on peut se demander si cette augmentation de résistance est nécessaire et si elle justifie les complications et le renchérissement inévitables qu'elle entraîne. C'est peut-être la crainte du cisaillement qui inspira les partisans des plumbs, mais le danger du cisaillement d'un barrage normalement construit est bien moins grave que certains auteurs ne l'ont cru. Pour ma part, je préfère le béton homogène où le danger de glissement sur des assises déjà durcies est combattu par subdivision appropriée des blocs de bétonnage. Cette subdivision du travail joue en effet un grand rôle à tous les points de vue. En effet, si une assise horizontale d'un barrage mesure plusieurs milliers de mètres carrés de surface, la couche uniformément répartie de béton que l'on pourrait mettre en œuvre en un jour n'atteindrait que quelques centimètres d'épaisseur, ce qui n'est évidemment pas admissible. On doit donc subdiviser le plan d'œuvre en plusieurs petits chantiers et je crois que la disposition judicieuse de ces blocs est susceptible de donner toute satisfaction en ce qui concerne le danger de glissement sur des assises déjà durcies et le danger de fissuration.

» Une question qui intéresse tous les types de barrages est celle des revêtements. Le barrage-vôûte de Broc est revêtu de moellons artificiels. Celui d'Amsteg est construit entièrement en pierre de taille, celui de Barberine est revêtu à l'aval en pierres naturelles. On a construit aussi des barrages sans revêtement ; mais dans certains cas il s'est produit des défectuosités : les parties superficielles souffrent du gel ou de l'action directe du soleil auxquels le béton coulé est plus particu-

lièrement sensible ; le revêtement en pierres naturelles est préférable, mais dans certains cas, les moellons artificiels peuvent être plus avantageux, et s'ils sont convenablement exécutés donner d'excellents résultats, comme cela a été le cas à Broc. »

L'épuration des eaux d'égout.

Sous ce titre, M. Verrière, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, a publié dans le N° 1, de 1925, des *Annales des Ponts et Chaussées*, une Note, de 20 pages, dont « l'objet est de porter à la connaissance des ingénieurs que ces questions intéressent, l'état actuel d'une des parties les plus importantes de l'hygiène urbaine : l'épuration des eaux d'égout ».

L'étude de M. Verrière, qui est un spécialiste des plus autorisés, abonde en considérations intéressantes notamment sur les mérites respectifs de la méthode des « lits bactériens » et de celle des « boues activées » dont « les initiateurs semblent être les Anglais Ardern et Lockett. Au fond, dit M. Verrière, le principe est toujours le même que celui de l'épandage ou des lits bactériens : oxydation des matières organiques par des micro-organismes. Dans l'épandage, c'est la terre même qui leur sert de support ; dans les lits bactériens, ce sont les couches de mâchefer.

» L'originalité du nouveau procédé consiste dans la suppression de tout support, ou plutôt dans l'emploi de la boue contenue dans l'eau comme support. Mais une boue ordinaire ne possède pas de pouvoir épurateur : il faut qu'elle ait été « activée », c'est-à-dire brassée avec de l'air.

» On commence donc par malaxer la boue au moyen d'une aération intensive ; elle se modifie dans sa consistance et devient le repaire d'une quantité de micro-organismes qui, au bout d'un temps convenable, seront en état d'épurer, en l'oxydant, la nouvelle eau d'égout qui se présentera. L'eau épurée passe ensuite dans des décanteurs où elle dépose sa boue qui est reprise, une partie pour être de nouveau aérée et servir à épurer une nouvelle dose d'eau, l'autre pour être définitivement évacuée. »

On trouvera, en outre, dans la Note de M. Verrière, quantité de renseignements numériques sur le coût comparé des différentes méthodes d'épuration des eaux d'égout.

Discussions¹ publiques organisées par le Laboratoire fédéral d'essais des matériaux.

Ordre du jour des séances du 2 mai 1925 :

1. — *Le nouvel acier spécial allemand St. 58.*

Résultats d'expériences comparatives sur l'acier doux ordinaire et l'acier St. 58.

2. — *Les futures normes suisses pour les liants, d'après les résultats d'expériences exécutées au Laboratoire fédéral de 1922-à 1924.*

Ciments Portland et ciments alumineux fondus.

a) Résultats d'essais, conformes aux normes suisses, de ciments Portland ordinaires et spéciaux et de ciments alumineux.

b) Etablissement du programme d'élaboration de bases pour la rédaction de nouvelles normes suisses visant les liants.

3. — *Détermination des sollicitations auxquelles sont soumis les rails de chemins de fer.*

Propositions pour la résolution du problème par la voie expérimentale.

¹ Voir *Bulletin technique* du 28 mars 1925, p. 82.