Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 63 (1937)
Heft: 13

Artikel: Terrassement des lacs d'accumulation
Autor: Mathys, G.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-48455

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: 16.08.2025

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

QUESTIONS JURIDIQUES

Appels portés devant la Commission. La Commission, en sa qualité de juridiction de seconde et dernière instance, dans les affaires jugées par les tribunaux pour la navigation du Rhin, a prononcé 13 jugements dans des procès civils relatifs à des accidents qui se produisirent sur le Rhin et un jugement dans une affaire pénale.

Terrassement des lacs d'accumulation

par G. MATHYS, ingénieur, à Bâle.

(Suite et fin.) [1]

Excavateurs à godets et transporteurs à ruban.

Les expériences récentes faites dans les gisements allemands de lignite et aux Etats-Unis montrent qu'il serait avantageux de combiner un ou plusieurs excavateurs à godets avec un transporteur à ruban de grande longueur destiné à remplacer le transport par rail. Non seulement le rendement des excavateurs déversant leurs déblais sur un ruban est sensiblement plus élevé que lorsque ces excavateurs remplissent des wagonnets, mais le transport même est plus avantageux que par rail. Trois excavateurs du type *ND I* combinés avec un ruban de 1,50 m de largeur permettraient de réaliser le m³ de terrassement de la retenue du premier type au prix de :

Dépenses annuelles	Fr. 0,33
Salaires de la main-d'œuvre	» 0,04
Courant électrique, graissage. . . .	» 0,11
Frais généraux, imprévu, bénéfice .	» 0,09
Total	Fr. 0,57/m³

Ce dispositif n'entrerait pas en ligne de compte pour une retenue du deuxième type.

En résumé, l'excavation de 30 millions de m³ de gros graviers et de galets constituant le fond d'une retenue de 4 km de long, de 500 m de largeur et de 15 m de profondeur dite du type I et le transport de ce gravier à la décharge situé à l'aval du verrou destiné à recevoir le barrage reviendrait dans les conditions admises ci-dessus aux prix unitaires :

1. Pelles mécaniques de 2,6 m³, transport à la vapeur. . . . . Fr. 1,05
2. Excavateur à godets du type *E II*, transport par locomotives électriques. . . . . » 0,70
3. Excavateur à godets du type *ND I*, transport par locomotives électriques. . . . . » 0,63
4. Excavateur à godets *ND I* et transport par ruban . . . . . » 0,57

Dans le cas d'une retenue du deuxième type, de mêmes dimensions que la précédente, à rivages plats, aptes à recevoir les déblais, constituée par de la tourbe, du limon et du sable, les prix unitaires seraient :

1. Téléférage à benne . . . . . Fr. 0,68
2. Dragline, fossé de 100 m de largeur le long de la rive . . . . . » 0,61

[1] Voir *Bulletin technique* du 22 mai 1937, page 134.

L'exécution de tous ces terrassements n'est possible qu'à l'aide de machines coûteuses d'origine étrangère, difficiles à transporter à l'altitude où se trouvent en général les retenues et que faute d'autres grands terrassements dont l'occasion se présente rarement chez nous, il serait difficile d'utiliser ailleurs qu'au creusage de bassins d'accumulation. Pour réaliser l'amortissement de 12,5 % par an, que nous avons prévu, il faudrait donc trouver l'emploi de ces machines à l'excavation de deux retenues d'à peu près même importance, de façon à faire travailler les engins pendant 8 ans. Dans ces conditions, il y aurait avantage à recourir à un procédé employé depuis longtemps aux Etats-Unis, mais qui est pour ainsi dire inconnu en Europe : l'excavation et le transport des déblais à l'eau sous pression. Bien que demandant une certaine mise au point, ce procédé présenterait des avantages considérables par rapport à l'emploi d'excavateurs, car il garantirait des prix unitaires très bas et n'exigerait que du matériel suisse, de l'eau sous pression et de l'énergie électrique, disponibles toutes deux en grandes quantités à la montagne, surtout en été.

Nos prix de revient sont établis sur la base de données complètes que nous tirons en partie de deux articles parus dans la « Schweiz. Wasserwirtschaft » actuellement « Cours d'eau et énergie ». L'un, de M. Hugentobler, date de 1911, l'autre, très détaillé, de M. Wegenstein, qui a trait aux barrages de Miami, a été publié en 1921. Si nous avons recours à une documentation aussi ancienne, ce n'est pas que l'excavation hydraulique ait été abandonnée depuis lors, mais c'est qu'on ne trouve guère d'indications précises à ce sujet dans la littérature suisse ou étrangère. De fortes tuyères de 4 à 5 m de long, à ouverture de 6 à 12 cm de diamètre, réglable suivant la résistance du sol projettent l'eau à une pression de 9 à 10 kg/cm² contre les terrains à désagréger. Ces tuyères qu'on appelle « monitors » sont montées sur pivots (fig. 5). Leur débit atteint 250 l/s et la vitesse de l'eau à la sortie 90 m/s. Le rendement horaire d'un monitor compté à la moyenne du mois est de 230 m³ dans les déblais grossiers. Le charriage des alluvions se fait à écoulement libre dans des tuyaux

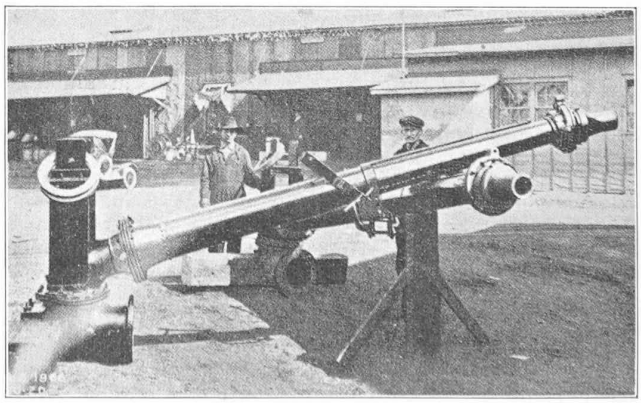

Fig. 5. — Monitors utilisés à la construction des digues de Miami.
(Photographie de l'ingénieur Wegenstein.)

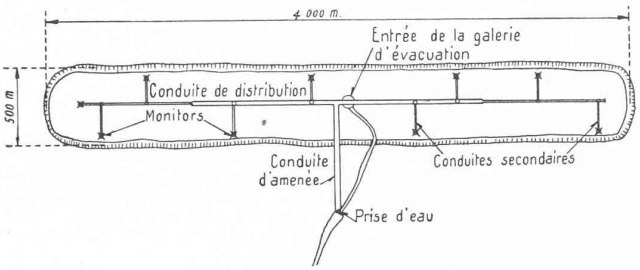

Fig. 6. — Disposition des conduites d'amenée de l'eau dans le cas d'une retenue du premier type.

métalliques. Il faut une pente de 3 ½ % pour charrier, dans des tuyaux d'acier, 20 % de graviers grossiers à galets d'un diamètre qui peut atteindre 30 cm mélangés à 80 % d'eau et une pente de 1,75 % pour charrier un mélange d'argile et de sable.

Afin de tenir compte d'une mise au point indispensable et pour éviter tout mécompte, nous avons admis un certain coefficient de sécurité par rapport aux observations faites par Wegenstein. Ces dernières permettent d'établir le coefficient k de la formule de Strickler, soit pour un mélange d'eau et de 20 % de gravier, soit pour un mélange d'eau et de 20 % d'argile et de sable. Nous trouvons $k = 60$ dans le premier cas et $k = 90$ dans le second. Ce dernier coefficient, basé sur une seule observation, nous paraît un peu élevé, et nous l'avons réduit à 75 pour déterminer les pertes de charge et le travail à fournir par les moteurs dans le cas du charriage sous pression.

Examinons tout d'abord le cas d'une retenue du premier type. Nous admettrons que les graviers grossiers qui y sont déposés forment une pente de 2 % dans le sens de la vallée et qu'on disposerait de l'eau nécessaire au fonctionnement des monitors sur les flancs mêmes de la future retenue. D'une prise provisoire, l'eau serait amenée par une conduite maîtresse jusque dans l'axe de la retenue et répartie aux monitors par des vannes et des tuyaux de distribution (fig. 6). Les déblais repris par des pompes centrifuges spéciales et refoulés dans des tuyaux d'acier très dur seraient amenés au centre même de la retenue, d'où une galerie à pente de 3,5 % les conduirait en écoulement libre au sommet de la décharge placée en contre-bas de la galerie. Dans le cas très défavorable d'une galerie aboutissant à 1 km à l'aval du futur barrage, celle-ci aurait une longueur de 3 km et la distance moyenne des groupes formés chacun d'un monitor et d'une pompe de refoulement jusqu'à l'origine de la galerie serait de 1000 m (fig. 7). Les déblais désagrégés par le jet d'eau s'écouleraient dans une grande caisse recouverte d'une grille grossière qui arrêterait les galets d'un diamètre supérieur à 18 cm d'où la pompe aspirerait le mélange et le refoulerait dans des tuyaux de 38 cm de diamètre.

Pour un débit de 250 l/s, la perte de charge atteindrait 4,5 %, c'est-à-dire environ 50 m en moyenne, et il faudrait un moteur de 230 kW pour actionner chaque pompe. La répartition des déblais sur la décharge est prévue par tuyaux métalliques, bien qu'il suffise d'une pente de 4,5 % pour charrier ces déblais sur le sol naturel. D'autre part, des essais systématiques permettraient certainement d'obtenir de meilleurs rendements que ceux que nous avons admis, sans compter que l'épaisseur de la couche d'alluvions qui remplit le fond de la retenue, dépassant très probablement 15 m, la longueur de la galerie et la distance moyenne du transport sous pression en seraient réduites. Nous prévoyons l'amortissement des installations telles que conduite de distribution, galerie, moteurs, transformateurs, installation électrique, appelées à subir une faible usure, en 4 ans, et celle des pompes, des conduites pour alluvions et des monitors en 2 ans. Les réparations et l'entretien annuel sont supputés à 10 % du capital engagé, ce qui permettrait de renouveler 2 à 3 fois par an les tôles de blindage de la galerie, les tuyaux servant au transport et les pompes.

Sur les bases admises, nous obtenons un prix unitaire qui se décompose comme suit !

Dépenses annuelles	Fr. 0,14
Salaire de la main-d'œuvre	» 0,08
Courant électrique	» 0,07
Frais généraux, divers et imprévu, bénéfice	» 0,05
Total	Fr. 0,34/m³

Dans le cas d'une retenue du deuxième type, il est probable qu'on ne disposerait pas d'eau sous pression pour alimenter les monitors. Il faudrait donc emprunter l'eau au torrent qui plus tard remplira la retenue et mettre cette eau en pression à l'aide de pompes. Suivant Wegenstein, un groupe de deux pompes de 250 l/s placées en série actionnées par deux moteurs de 200 ch serait nécessaire par monitor. Les groupes de pompes seraient échelonnés le long du torrent et chacun d'eux alimenterait un monitor (fig. 8). Les déblais désagrégés par l'eau, puis refoulés à une distance de 600 m, en moyenne, par des pompes spéciales seraient reportés plus en arrière sur la rive au fur et à

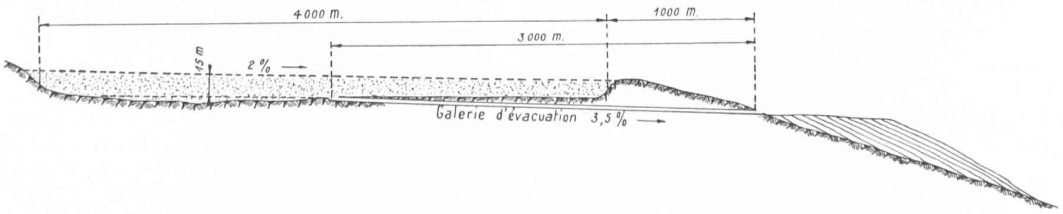

Fig. 7. — Profil en long de la galerie d'évacuation de l'eau et des déblais dans le cas d'une retenue du premier type.

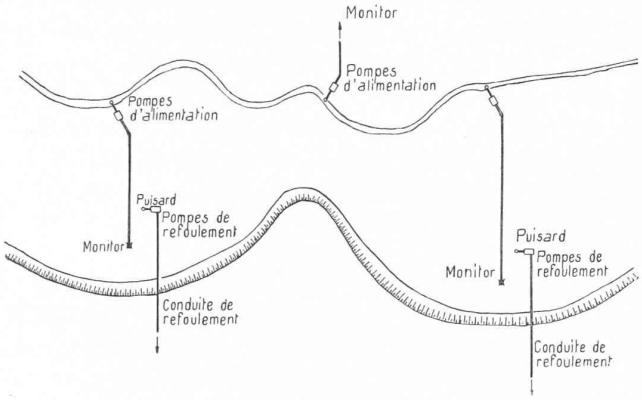

Fig. 8. — Disposition des pompes et des monitors dans le cas d'une retenue du deuxième type.

mesure que les monitors avanceraient vers les bords de la retenue. Ce dispositif permettrait d'intéresser au dépôt des déblais une bande de terrain beaucoup plus large que ce ne serait le cas, par exemple, avec un téléférage à benne dont la portée limiterait forcément la largeur de dépôt. Ce dernier serait bordé de palissades retenant les terres et laissant écouler l'eau comme lorsqu'on dépose à terre les déblais refoulés par une suceuse. Nous avons tenu compte de la nature très favorable des terres à enlever, en prévoyant un rendement des monitors de 250 m³/h, ce qui en porterait le nombre à 8, et nous avons admis la même usure des pompes et des conduites que dans le cas d'une retenue du premier type, bien que cette usure serait certainement moindre.

Nous obtenons ainsi le prix unitaire qui se décompose comme suit :

Dépenses annuelles	Fr. 0,06
Salaires de la main-d'œuvre	» 0,11
Courant électrique	» 0,11
Frais généraux, divers et imprévu, bénéfice.	» 0,05
Total	Fr. 0,33/m³

Ce prix pratiquement le même pour les retenues des deux types est inférieur au prix limite le plus bas que nous avons calculé pour les retenues actuelles.

Examinons rapidement une retenue de chaque type en nous servant des prix que nous venons d'établir.

L'apport moyen annuel du bassin versant de *Barberine* est de 47.10^6 m³ et la contenance utile du barrage de 39.10^6 m³. Il eût donc été possible d'accumuler par terrassement un supplément d'eau de 8.10^6 m³ correspondant à $22{,}4.10^6$ de kWh d'hiver. Les charges annuelles des installations électriques des *CFF* ont comporté, en 1933,

4,44 % pour intérêts des capitaux engagés
1,52 % pour amortissements, versements au fonds de renouvellement, etc.

Total environ 6,0 %. Nous ne tenons pas compte des dépenses d'exploitation, etc., qui sont déjà réparties sur l'énergie produite actuellement. La dépense annuelle par m³ supplémentaire d'eau accumulée serait donc 6 % de Fr. 0,34 et comme un m³ est susceptible de fournir 2,8 kWh, l'énergie d'hiver supplémentaire reviendrait à environ *0,7 ct. le kWh* au lieu de *4,75 ct. le kWh*, prix de revient actuel effectif.

A *l'Etzel*, la marge entre $156{,}5.10^6$ m³, apport moyen annuel de la Sihl et $91{,}6.10^6$ m³, contenance utile de l'accumulation est beaucoup plus grande qu'à Barberine, mais les conditions de remplissage du bassin stipulées par la concession sont assez compliquées, de sorte qu'il ne serait pas possible d'utiliser les apports intégralement. Si nous prévoyons par m³ excavé un supplément de dépenses de Fr. 0,10 pour l'achat du terrain de dépôt, le prix du m³ serait de Fr. 0,43 et les dépenses annuelles de 2,6 ct/kWh. Un m³ d'eau accumulée est à même de produire 1 kWh d'hiver, qui reviendrait donc à 2,6 ct/kWh au lieu de 3,91 ct, suivant les prévisions du maître de l'œuvre. Dans ce cas particulier, l'intérêt du terrassement de la retenue résiderait moins dans la production d'un supplément d'énergie à bon compte, que dans la régularisation d'une retenue dont la surface est de 11,0 km² à bassin plein et de 3,5 km² seulement à l'étiage.

L'application de prix théoriques à des cas particuliers ne saurait avoir qu'un but indicatif pour donner une idée des grands avantages de la méthode préconisée.

Dans les deux cas qui précèdent, nous ne tenons compte ni des frais de premier établissement des installations existantes, ni des dépenses d'exploitation et c'est ce qui explique la discordance apparente avec les prix-limites établis au commencement de la présente note.

Conclusions.

L'idée de creuser une retenue en ayant recours au pouvoir de charriage de l'eau n'est pas nouvelle. Elle a été émise en particulier par M. le *Dr. Lütschg* dans son ouvrage sur le bassin de Mattmark, mais il importait de trouver une solution pratique du problème et celle-ci nous paraît donnée par l'emploi de l'eau sous pression.

Il est évident que nos hautes vallées alpestres présentent des conditions beaucoup plus favorables à l'excavation hydraulique que, par exemple, la plaine de Miami. Si, malgré cela, nous trouvons, comme les ingénieurs américains chargés du projet des digues de Miami, que le prix de l'excavation hydraulique serait à peu près 2 fois moindre que celui de l'excavation à la machine, c'est que pour éviter tout mécompte, nous avons envisagé un cas général plutôt défavorable.

Les points suivants nous paraissent donc bien établis :

1. L'excavation hydraulique de retenues alpines reviendrait beaucoup moins cher que leur excavation par tout autre procédé.
2. La constitution de retenues d'accumulation alpines par excavation hydraulique présenterait dans la plupart des cas un avantage sérieux sur la construction de barrages.
3. Il paraît recommandable d'examiner l'application de l'excavation hydraulique à toute nouvelle accumulation alpine. Dans la majorité des cas, il en résulterait certainement une diminution des dépenses de premier établissement et une augmentation des possibilités d'accumulation.