

Barrage en enrochement de Salt Springs de 100 m de hauteur avec un masque souple en béton

Autor(en): **Steele, I.C.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **57 (1931)**

Heft 11

PDF erstellt am: **10.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-44142>

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.

a pas d'éblouissement. La position en travers du faisceau de rayons était de même la moins gênante pour le conducteur du « Christiaan Brunings » lui-même.

Le projecteur qui a servi à l'épreuve est d'une grande puissance. Des projecteurs aussi forts ne sont pas nécessaires pour la navigation à l'amont sur les fleuves dans les Pays-Bas et on peut présumer qu'on ne les emploiera pas. Cependant il ne semble pas nécessaire de prescrire un maximum de puissance parce que l'essai a démontré qu'un emploi judicieux même d'un projecteur de grande puissance gêne très peu les autres navires.

En certains cas les phares d'une automobile peuvent aussi bien être gênants à la navigation et, réciproquement, un projecteur à bord d'un navire peut gêner les automobilistes sur la rive. Mais en général les rayons du projecteur dirigés en travers du fleuve ne gêneront pas beaucoup le trafic de terre.

Quelques jours avant le voyage d'essai un avis a été publié dans lequel les bateliers et les automobilistes qui se trouveraient gênés par l'essai furent priés d'en donner connaissance aux autorités. Aucune plainte n'est parvenue.

A la fin du voyage, le « Christiaan Brunings » devait virer dans le fleuve et pendant cette manœuvre la grande utilité du projecteur s'est démontrée nettement. Le conducteur pouvait voir la rive, les épis et les autres objets bien illuminés et s'en approcher sans danger.

Le voyage d'essai a démontré que : 1. un projecteur, si l'on s'en sert judicieusement, peut rendre d'importants services à la navigation de nuit ; 2. un projecteur, si l'on s'en sert judicieusement, gêne très peu les autres navigateurs et le trafic sur les rives ; 3. il est désirable que la lumière du projecteur puisse être séparée en deux faisceaux, de sorte qu'on puisse illuminer les deux rives à la fois tandis que le fleuve devant le bateau reste dans l'obscurité ; 4. le projecteur ne doit pas être dirigé sur le fleuve devant le bateau ni sur d'autres navires ou bacs plus longtemps qu'il n'est nécessaire pour reconnaître la position de ceux-ci ; 5. il est désirable que le projecteur puisse être manœuvré par le conducteur du bateau ; 6. il n'est pas opportun de formuler des règles spéciales concernant la navigation avec projecteur.

Règlement de police — Bâtiments échoués. — I. L'article 23-§ 2 du Règlement de Police pour la Navigation du Rhin est remplacé par le texte suivant :

« Si un bateau ou radeau s'échoue ou coule dans le fleuve, son conducteur doit établir un poste d'avertisseur en un point approprié du Rhin situé en amont du lieu de l'accident, à une distance suffisante pour que les bateaux ou radeaux avants puissent prendre en temps utile les dispositions nécessaires. Il est tenu en outre de prendre toutes les mesures en son pouvoir pour que, dans la partie du fleuve située entre le lieu de l'accident et le poste d'avertisseur, les bateaux sortant d'affluents, embranchements, canaux et chenaux de port, ainsi que les autorités des ports et les bateaux stationnés en dehors des ports soient prévenus, aussitôt que possible, dudit accident. A défaut d'autres moyens efficaces, il doit établir, à cet effet, des postes d'avertisseur en des points appropriés. Les avertisseurs doivent informer à la voix les conducteurs de bateaux et radeaux descendants de l'endroit de l'accident. Ils doivent agiter de jour un pavillon rouge et de nuit une lanterne à feu rouge.

Ces avertisseurs doivent être maintenus en place jusqu'à ce qu'ils aient été informés que le bateau ou radeau a été remis à flot ou qu'un avis a été publié à la suite de la déclaration faite conformément au N° 5 ci-après. »

Ces dispositions entreront en vigueur le 1^{er} octobre 1931. Les Commissaires des Etats riverains sont priés de communiquer à la Commission les actes officiels assurant la publication de cette disposition dans leurs pays respectifs.

VI. Dans le texte allemand du Règlement de Police, le dernier alinéa du § 4 de l'article 23 est modifié comme suit :

« Bei Tag treten an die Stelle der vorgeschriebenen Laterne weisse Flaggen, mindestens 0,75 m hoch und 1 m lang, statt welcher unterhalb der Spijk'schen Fähre schwarze Kugeln von mindestens 0,50 m Durchmesser zu verwenden sind. »

La présente modification entrera en vigueur le 1^{er} octobre 1931. Les Commissaires des Etats allemands sont priés de

communiquer à la Commission les actes officiels assurant la publication de cette disposition dans leurs pays respectifs.

Date de la prochaine session. — La prochaine session commencera le mardi 17 novembre à 10 heures et se terminera le 5 décembre 1931.

Barrage en enrochements de Salt Springs de 100 m de hauteur avec un masque souple en béton ¹

par I. C. STEELE.

Adaptation française par M. L. DU BOIS, ingénieur

(Suite et fin.) ¹

Les méthodes de construction du barrage en enrochements

Plus de 2 290 000 m³ de roches extraites de la carrière à l'allure de 95 400 m³ par mois. Le parement amont est pourvu d'une couche de 4,57 m d'épaisseur en maçonnerie sèche, revêtue d'un masque en béton.

L'extraction et le transport de 95 400 m³ de granit par mois pour le barrage de Salt Springs pendant une période de deux années est la cadence qui a été maintenue par les services des travaux de la Pacific Gas and Electric Co de San Francisco pour construire cet ouvrage en enrochement d'une importance exceptionnelle. Non seulement on a jeté pêle-mêle environ 2 290 000 m³ de roches pour constituer le corps de l'ouvrage, mais on a en plus transporté 168 000 m³ de ces roches, bloc par bloc pour la partie en maçonnerie sèche du parement amont (blocage). L'autre opération d'importance était le coulage du masque en béton armé de 22 900 m³ sur le blocage pour former le parement amont. Ce programme de construction chargé est rendu spécialement pénible par le fait que l'endroit n'est accessible que par camion.

L'emplacement du barrage est à environ 80 km du chemin de fer, à 64 km des lignes d'énergie électrique existantes, et à 48 km de la grande route. L'inaccessibilité de l'emplacement a été un puissant facteur dans la décision de choisir un barrage en enrochements ; elle a exercé également son influence sur les méthodes employées pour la construction.

Pour réaliser le plus vite possible l'accès de l'emplacement, une route provisoire a été construite en 1926 et 1927 à partir de la grande route.

Environ 18 200 tonnes de matériaux destinés au barrage seront véhiculés à partir de la voie ferrée. En raison de ce transport important, il a été considéré comme économique de construire la chaussée en roches concassées. La pente des parties rectilignes a été limitée à 8%, à l'exception de quelques tronçons de 10% dans la direction suivie par les camions chargés.

La force motrice pour les baraquements et le chantier a été amenée par une ligne de transport de 64 km à partir du point le plus rapproché du réseau de distribution de la compagnie. La ligne est à 60 000 volts pendant les 40 premiers km, jusqu'à l'emplacement de la station

¹ Voir *Bulletin technique* du 16 mai 1931, page 122.

d'énergie projetée, et la tension est ensuite abaissée jusqu'à l'emplacement du barrage.

Les baraquements abritent un personnel d'environ 500 personnes.

L'usage presque exclusif d'énergie électrique pour le campement et le chantier est dû au fait que la compagnie est son propre fournisseur, et que le combustible reviendrait très cher à l'emplacement du barrage. La puissance totale installée est d'environ 4000 ch. Il n'y a pas de sous-station centrale sur les lieux, mais il y a une dérivation sur la ligne de transport, et le courant est abaissé à 2300 volts pour les principales installations. La plus grande de ces dernières est la station des compresseurs, dont deux actionnés par moteurs de 300 ch et un par moteur de 150 ch. Tout le chantier est desservi par des conduites d'air comprimé.

Travaux préparatoires.

Un barrage de dérivation à deux rangées de palanques en bois et une galerie souterraine de 5,80 m de diamètre sous l'enracinement de la rive droite (devant servir ultérieurement de prise d'eau pour l'Usine) constituent les premiers travaux qui ont été exécutés. La galerie a environ 366 m de longueur et est revêtue sur 274 m de béton non armé. On a injecté du ciment dans la partie bétonnée à une pression de 7 kg/cm², 90 jours après le coulage du béton.

On a mis à vif le roc dans le périmètre du barrage avant de commencer l'enrochement. L'excavation s'est montée à un total de 236 000 m³, et elle a été exécutée à l'aide de pelles mécaniques et de camions. Environ 50 000 m³ de pierres ainsi extraites ont été utilisées comme enrochements pour le barrage.

Une tranchée de garde de 1,83 m de largeur et d'une profondeur maximum de 6,10 m a été creusée dans le granit vierge, le long du pied du parement amont. Remplie de béton, cette tranchée verticale constitue le parafouille du masque placé sur le parement amont. Des tuyaux ont été noyés dans le mur à l'intervalle de 1,83 m à 3,05 m ; on les utilisera pour forer les trous d'injection de ciment de 15 m dans le roc de fondation. Ces travaux préparatoires étaient indispensables avant de commencer le corps de l'ouvrage, mais pendant cette période on a ouvert la carrière principale et on a commencé lentement à verser les bennes de camions.

Exploitation des carrières et mise en place de l'enrochement.

Les blocs pour l'enrochement proviennent de trois carrières principales

situées à différentes cotes près de l'enracinement nord du barrage, et de l'excavation du déversoir sur la berge sud. La plus grande de ces carrières est située à mi-hauteur entre le lit du cours d'eau et la couronne du barrage, et elle était prévue pour fournir 990 000 m³. Le cube de roche extrait de l'ensemble des carrières est monté à plus de 96 000 m³ par mois, de mai à octobre 1929 ; la production mensuelle maximum a eu lieu en juin, et a atteint 107 000 m³. Le chargement pendant ce mois record était effectué par des pelles électriques, dont deux de 3 m³, une de 1,30 m³ et une de 0,75 m³. Le travail aux carrières était exécuté par deux équipes travaillant huit heures et demie.

La méthode d'exploitation des carrières principales était caractérisée par l'abatage de très grands cubes de roches. Les charges pour ces abatages sont placées dans une rangée de trous verticaux forés à l'aide d'équipements de sondage actionnés électriquement, à environ 9,15 m à 13,70 m derrière le front de la carrière. La profondeur de ces trous varie de 18,30 m à 54,90 m selon la hauteur du front de la carrière, et ils sont espacés d'environ 6,10 m. Des trous bas et horizontaux sont prévus pour recevoir les charges destinées à saper le bloc à abattre. Les abatages les plus importants de la carrière principale ont nécessité environ 45,3 tonnes de dynamite

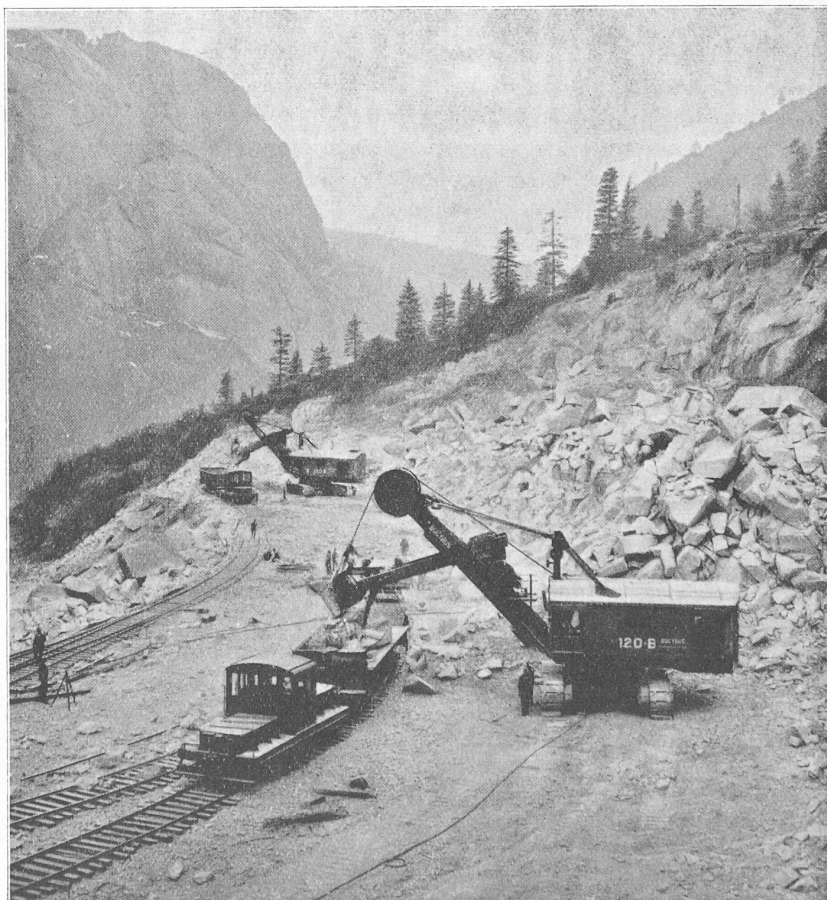


Fig. 7. — Carrière en exploitation.

chacun, et le cube abattu a été d'environ 153 000 m³ à chaque opération. Les blocs trop gros pour être transportés sont fragmentés à l'aide d'une perforatrice à percussion.

Dans la carrière la plus grande, l'excavation est faite par deux pelles électriques de 3 m³, chargeant des wagons de 23 m³ à voie normale, à trappe (fig. 7). Les pelles peuvent charger des blocs ayant jusqu'à 9 m³ et la moyenne est d'environ 650 m³ par pelle et par équipe. La production des deux pelles dans cette carrière est d'environ 70 000 m³ par mois, avec un maximum de 85 000 m³. Ce cube ne comporte pas le cube inutilisable, qui se monte à environ 5% de la totalité des roches extraites, et consiste en roches fines et en terre, cette faible quantité indiquant l'excellente qualité de la carrière.

Les trains ont un ou deux wagons, la traction étant assurée par des locomotives à accumulateurs depuis la carrière jusqu'au barrage, sur une distance d'environ 600 m. La voie au niveau de la carrière principale se prolonge au-dessus du remblai pour former une boucle et à mesure que le cube déversé augmente du côté amont et aval dans l'axe du barrage, la boucle est élargie et déplacée dans le sens du fond de la gorge. Un ripeur mécanique est utilisé pour déplacer la voie dans la carrière et au chantier.

A la hauteur de la carrière supérieure, le barrage est trop étroit pour que la voie puisse faire une boucle. On a dû par suite installer sur un châssis à voie normale une caisse basculante à l'avant et actionnée par un mécanisme à commande hydraulique. L'enrochement peut donc s'étendre dans le fond de la gorge sans l'emploi d'une estacade. La disposition et le fonctionnement du wagonnet basculant en avant se sont montrés très avantageux.

L'emploi de locomotives électriques de grandes dimensions à accumulateurs dans un emplacement si écarté est plutôt rare; ce choix est dû : 1. au faible prix de l'énergie électrique par suite de l'importance de l'installation d'énergie au chantier; 2. au fait que l'équipement existait et provenait d'un chantier précédent; 3. à l'emplacement écarté, ce qui rendait le prix du combustible très élevé.

Il a été nécessaire de remanier considérablement les locomotives, qui antérieurement étaient de 6,4 tonnes et de 1,40 m de voie, et utilisées pour la construction d'un tunnel. Deux de ces petites locomotives ont été combinées et réassemblées pour constituer une locomotive de 18,2 tonnes à voie normale. La capacité de la batterie est suffisante pour assurer son fonctionnement pendant la durée d'une équipe.

On laisse les blocs que l'on a versés sur le parement aval et sur l'extré-

mité du talus, prendre le talus d'éboulement naturel, qui s'établit à environ 1,35 m de base pour 1 de hauteur. Il a fallu faire des décrochements pour arriver au talus de 1 à 1,4 que le projet prévoyait pour le parement aval. Aucune précaution n'a été prise pour stabiliser les décrochements. Pour le parement amont, on a fait rouler de haut en bas les blocs destinés à la maçonnerie sèche, partie du travail que l'on exécute à partir d'en bas en remontant. Des précautions sont prises pour que les blocs soient roulés aussi près que possible de l'endroit où ils doivent être rangés, pour réduire les nouvelles manutentions. Toutes les roches sont lavées avec des jets d'eau à mesure de leur mise en place dans l'enrochement.

Parement en maçonnerie sèche (blocage).

Le parement en maçonnerie sèche est construit à l'aide de grues montées sur chenilles, qui sont des pelles mécaniques de 0,60 m³ transformées. Les gros blocs sont mis en place avec des derricks, la couche extérieure ayant une face alignée sur le talus, et les plus petits blocs étant rangés à la main pour remplir les vides. Par cette méthode, on obtient un support solide et une surface relativement unie pour le masque en béton; la méthode de travail et ses résultats sont bien visibles sur les figures 8, 9 et 10.

La vitesse de mise en place de la partie en maçonnerie sèche est le facteur qui règle la construction d'un barrage de ce type. Au début du travail, la courte longueur transversalement au parement ne permettait d'employer que deux grues à la fois; avec l'avancement du travail, et l'augmentation de la largeur, on a pu économiquement utiliser des grues supplémentaires, dont le

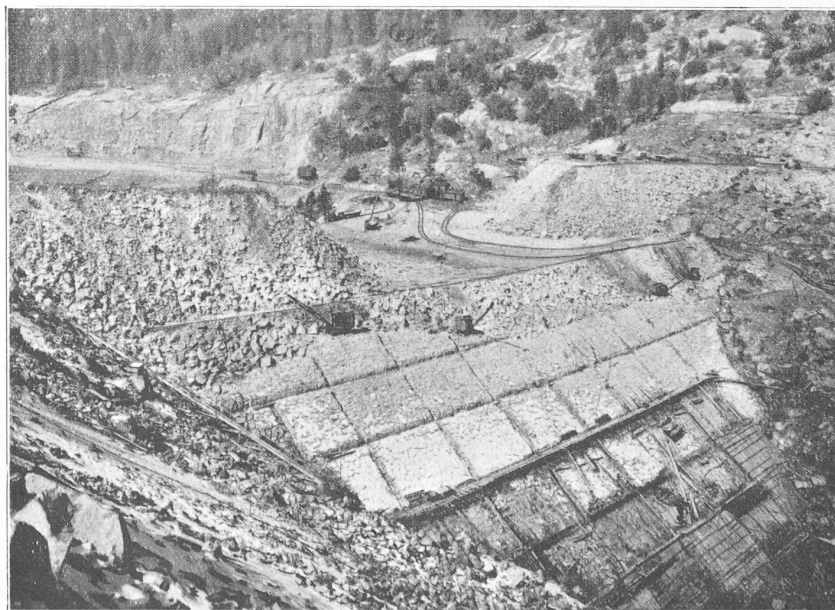


Fig. 8. — Construction du parement en maçonnerie (blocage) à l'aide de pelles mécaniques transformées en grues. On voit à droite, à l'arrière plan, la voie ferrée au niveau de la carrière principale. Le masque en béton armé est en cours d'exécution.

nombre atteint cinq quand le travail est arrivé à mi-hauteur du couronnement. L'épaisseur de la maçonnerie sèche est de 4,57 m mesurés perpendiculairement au parement, et son cube de 168 000 m³. Dans des conditions favorables, chaque grue peut mettre en place 2280 m³ par mois, étant desservie par deux équipes successives comportant chacune six hommes.

Construction du masque en béton armé.

Le masque en béton armé qui recouvre le parement amont est d'une épaisseur qui décroît depuis 0,91 m à la base jusqu'à 0,305 m en couronne, et chaque dalle carrée de 18,29 m de côté est coulée en une seule opération. Ceci nécessite une installation de bétonnage d'une grande capacité de production.

On a construit un chantier moderne de concassage et de criblage en un point élevé du côté sud de la gorge, en amont du barrage, pour produire des fragments de quatre dimensions différentes. Les silos sont disposés pour que leur décharge se fasse dans l'équipement de dosage et de malaxage, et l'importance de la pente a permis la marche par gravité pour l'ensemble des opérations. Le granit est extrait à la hauteur de la partie supérieure du chantier de bétonnage, et transporté par de petits wagonnets au crible à barreaux de 0,51 m qui alimente le concasseur préparatoire à mâchoires. Les matériaux fournis par ce broyage sont criblés et triés

en fragments ayant au maximum 6, 19, 38 et 64 mm ; les fragments arrivent par des goulottes aux silos. Le refus passe par des broyeurs rotatifs secondaires et tertiaires, les fragments admis allant dans chaque cas aux silos. Une machine à faire du sable disposée à l'étage inférieur du chantier sert à faire l'appoint, si les broyages précédents n'ont pas fourni suffisamment de fines.

Les fragments des silos se déchargent dans des caisses de dosage en poids, placées directement au-dessus des bétonnières de 0,76 m³. On ne se sert pas d'un appareil pour saturer le sable en eau parce que la teneur en eau des matières fraîchement extraites de la carrière est faible et bien uniforme. Pour le ciment on se base sur la capacité du sac, et on le verse dans la trémie mesurant la charge avec l'agrégat. L'eau peut être chauffée à la vapeur pendant les mois d'hiver. Quoique l'acheminement des matières se fasse entièrement par gravité, il faut néanmoins en tout 420 chevaux fournis par des moteurs électriques pour actionner tous les appareils de chantier de bétonnage.

Le béton est transporté par wagonnets actionnés par câble en un point du côté opposé au parement ; il arrive par une goulotte à une trémie disposée sur le talus amont, et est ensuite distribué par des wagonnets de 1,5 m³ au point où le coulage est en cours. Les panneaux de 18,29 m formant les trois premières rangées horizontales du masque au-dessus de la tranchée de garde ont été coulés

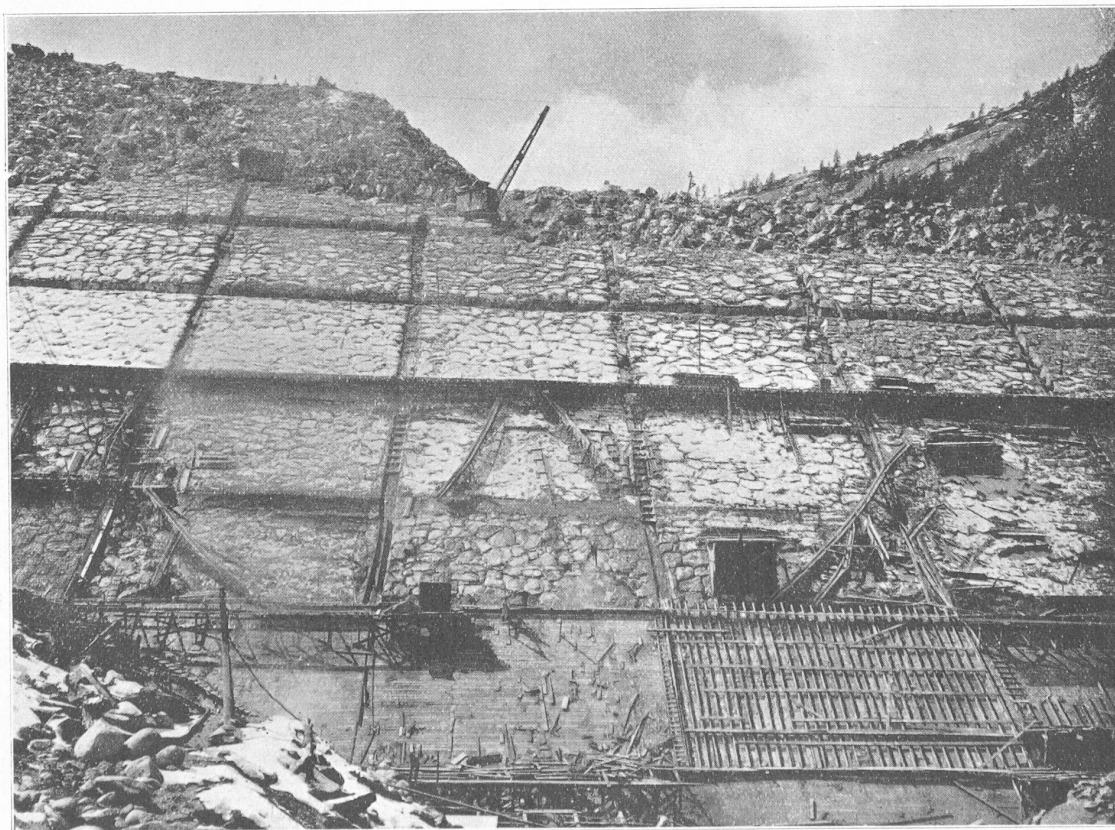


Fig. 9. — Vue du parement amont avant coulage de l'ossature en béton dans les rainures. A remarquer à la partie inférieure, les coffrages pour l'exécution des dalles en béton armé.

sous un coffrage en bois de 76 mm d'épaisseur. Ce coffrage a été laissé en place comme protection et étanchéement supplémentaire, pour la partie en contrebas de la cote de la prise d'eau. Au-dessus de ladite cote, on a utilisé un coffrage amovible en fer pour couler les panneaux.

Ce coffrage en fer de 2,40 m de largeur et 18,91 m de longueur, est raidi par une armature en treillis. Le poids du coffrage est suffisant pour le maintenir contre le coffrage latéral. Des treuils sont prévus pour soulever le coffrage pendant l'opération de coulage.

Construction du déversoir.

Un déversoir est en cours d'excavation dans le roc vierge autour de l'enracinement sud. Le cube à extraire est d'environ 382 000 m³, et les roches extraites sont utilisées pour le barrage. Après abatage à la poudre, les roches sont chargées à l'aide de pelles électriques de 4,5 m³ dans des remorques sur chenilles de 6,85 m³ tirées par un tracteur jusqu'à l'emplacement du barrage, où on les verse. Chacune des pelles charge environ 13 700 m³ par mois en travaillant à deux équipes, le cube étant réduit par la difficulté des opérations vu la

petite surface du déversoir ; ces grands groupes tracteur-remorque ont été choisis comme les plus appropriés à ce travail pénible, le parcours étant faible et les volte-face fréquentes, et un équipement avec voie ferrée n'étant pas possible dans le périmètre de cette première carrière.

Encore le Saint-Barthélemy !

Sous ce titre (voir *Bulletin technique* du 4 avril 1931) et en réponse à ma note du 10 janvier, M. J. soutient que les coulées du Saint-Barthélemy sont dues principalement à l'érosion des berges du torrent, au Foillet.

Il admet bien que les matériaux constituant les coulées proviennent en partie des régions supérieures de Gagnerie et de la Cime de l'Est, mais, selon lui, ces éboulements dans les hautes régions sont de faible importance en regard de ceux qui sont à craindre au Foillet. C'est en ce point que s'accumulent les éboulis et c'est de là que partent les coulées.

A l'appui de ses affirmations il publie deux photographies prises depuis le col de Jordière, l'une en octobre



Fig. 10. — Vue de l'armature du masque. Le béton est coulé sur les blocs de rocher mis en place par le derrick. Chaque panneau de 18,29 m × 18,29 m est fait d'une seule coulée.