

LE BARRAGE D'ORAVA

(TCHÉCOSLOVAQUIE)

par Cyril GRÉGOR

Ingénieur C. E.

L'aménagement des chutes d'eau constitue aujourd'hui pour une nation le fondement principal de l'indépendance économique et surtout de l'indépendance énergétique.

En Slovaquie, des projets relativement hardis pour notre époque ont été mis sur pied, mais rien n'a encore été réalisé. Tel est le projet du barrage d'Orava du Professeur Benedek, datant de 1908, et comportant une retenue de 37 mètres de haut et de 815 millions de m³ de capacité, grâce à l'adjonction des bassins versants d'Oravica Studená et Zabidovicka.

La source principale de production en Slovaquie est le bassin de la Váh, qui représente 2/3 des ressources hydrauliques de la Slovaquie. L'équipement industriel de ce bassin dépend de la construction de barrages-réservoirs de grande capacité, parmi lesquels le barrage d'Orava, actuellement en construction, représentera ce que l'on a fait de plus important en Europe Centrale.

Le barrage, établi au confluent de la Biela Orava avec la Cierna Orava, se situe à 40 km. à vol d'oiseau à l'Ouest des Hautes Tatras. L'extrémité de la retenue, qui traverse la frontière polonaise telle qu'elle résulte de la nouvelle rectification de 1945, est constituée par le sommet frontalier de Babia Hora maintes fois cité dans la littérature slovaque et dans la littérature polonaise. Le terrain, dont la topographie se présente de façon très favorable, est au point de vue agricole sans valeur : ceci résultait déjà des prospections hongroises opérées à l'époque du projet du Professeur Benedek.

Au point de vue géologique, les Services d'Aménagement hydraulique de la première République Tchécoslovaque s'étaient livrés à une première campagne de sondage dont l'intérêt est indéniable, puisque le rocher a été atteint dans le lit de la rivière, mais dont il faut regretter le caractère limité, car le prix de revient de ces premiers sondages est notablement augmenté aujourd'hui par la nécessité d'entreprendre de nouveaux sondages.

Grâce à ces observations, la mise sur pied des

projets suivants se trouvera facilitée au point de vue pétrographique et tectonique puisque, pratiquement, tous les emplacements morphologiquement favorables se trouvent dans les formations tertiaires de « flysch carpatiques » caractérisées par des grès fissurés, des calcaires caverneux, des schistes marno-argileux, roches toutes plus ou moins « travaillées » par des failles et dans lesquelles on rencontre beaucoup de milonithes et de breccias.

Parmi les exemples d'une étude approfondie des conditions économiques d'installations, nous recommandons particulièrement la France où, pendant la guerre, en particulier, un progrès énorme a été réalisé dans ce domaine en choisissant, pour l'appareillage devant équiper les barrages et les centrales hydro-électriques, non pas ce que le marché proposait aux plus bas prix, mais bien ce qui, compte tenu des facilités ultérieures d'exploitation et de la notion du minimum d'entretien, offrait finalement au point de vue économique le meilleur rendement. C'est ainsi qu'a été assez poussée l'étude de nouveaux procédés d'exécution, tels que l'utilisation de matériaux préfabriqués s'adaptant aux nouvelles conceptions d'ouvrages.

A titre documentaire, nous énumérerons les caractéristiques techniques de l'ouvrage d'Orava :

- hauteur normale de retenue : 25 m. avec possibilité de la monter jusqu'à 28 m.
- niveau de la retenue : 600 ou 603.
- niveau normal de la rivière : 575.
- épaisseur du barrage à la base : 30 m.
- les fondations descendent jusqu'à 40 m.
- le couronnement du barrage a 273 m. de long et la largeur de la crête est de 6 m.

La construction du barrage demande 185.000 m³ de béton.

L'usine comportera deux groupes de 10.000 kw assurant une production annuelle de 30 millions de kw/h. Pour l'évacuation des crues, le projet initial comportait 3 pertuis larges de 14 m., hauts de 6 m. 20, ayant une capacité totale de 680 m³/sec.

Par suite des difficultés de fondation, on fut contraint de modifier ces dispositions et d'envisager, soit un évacuateur en saut de ski sur la vidange de fond, soit un déversoir à nappe libre combiné avec la vidange de fond (Genre Verbois).

A la cote 600, la retenue s'étend sur 28 km², le remous atteignant un point situé à 13 km en amont sur la Cierna Orava d'une part, et à 6 km en amont sur la Biela Orava d'autre part.

La capacité totale de la retenue atteint 248 millions de m³ tributaires d'un bassin versant de 1.220 km² assurant un débit cumulé annuel variant entre un minimum de 380 millions de m³ et un maximum de 868 millions de m³.

Chaque année, le barrage régularisera 620 millions de m³ qui alimenteront un total de 22 usines échelonnées le long de la Vah, parmi lesquelles 3 sont en exploitation, 3 sont en construction et 2 sont projetées dans le cadre du prochain plan de 2 ans.

Grâce à ce barrage, la puissance minimum des usines existantes passera de 2.500 à 8.000 kw.

Notons enfin que la réalisation de cet ouvrage nécessitera l'expropriation de 4.000 personnes.

Les premiers travaux débutèrent en 1941, à l'abri d'un rideau de palplanches métalliques type « Larsen ».

Sous la couche d'alluvions, on rencontra le rocher en place sous forme de banes de grès très fissurés, d'épaisseur variable, alternant avec des schistes marno-argileux subissant au contact de l'air une altération importante en même temps qu'une perte de résistance absolument inadmissible.

Ceci obligea à exécuter des sondages de reconnaissance très coûteux et à changer complètement les dispositions prévues initialement. On fut ainsi amené, entre autres, à modifier la position de l'axe du barrage : la prospection géologique apportait chaque jour de nouvelles surprises et l'on ne fut définitivement fixé sur l'allure de fond qu'en 1944.

Il est bien certain par ailleurs, que la marche du chantier fut toujours très discontinue et très lente par suite du voisinage du front de l'Est. Les travaux durent même être complètement arrêtés en 1944-1945.

Du fait de la guerre, les machines manquèrent et l'activité du chantier s'en trouva excessivement ralentie, d'autant plus que, l'industrie ayant été totalement mobilisée, tout l'approvisionnement était pratiquement impossible.

La Slovaquie ne dispose d'ailleurs d'aucune usine susceptible de construire du matériel de chantier et l'on a toujours dû faire appel dans ce domaine à l'importation.

Pour accélérer les travaux, on voudrait compléter l'équipement actuel, de façon à couler 100 m³ de béton à l'heure. Si ces installations étaient en place suffisamment tôt, on pourrait escompter l'achèvement de l'ouvrage en 1950.

Nous pensons très utile de donner quelques détails sur les conditions de fondation de l'ouvrage.

A l'emplacement du barrage, on rencontre 3 formations différentes de grès et de schistes comme on peut le voir sur les croquis de situation et les coupes géologiques. La formation rive droite est caractérisée par les banes de grès les plus épais et les plus compacts alternant avec des couches plus faibles de schistes marno-argileux.

Sur la rive gauche, on rencontre des formations de grès très fissuré ne dépassant pas 20 à 70 cm. de hauteur. Ici, on se voit dans l'obligation de prolonger très profondément les fondations (comme à Génissiat dans les sables marneux) et de les consolider par un voile d'injection.

Dans le milieu du lit, on se trouve en présence d'un « brachy anticlinal » dont la pente vers l'amont atteint 30 à 50° ; des failles tectoniques très nombreuses compliquent notablement les problèmes de fondation.

D'après l'analyse faite par M. ERTTEL, chef de l'Institut des Silicates de Berlin, les schistes

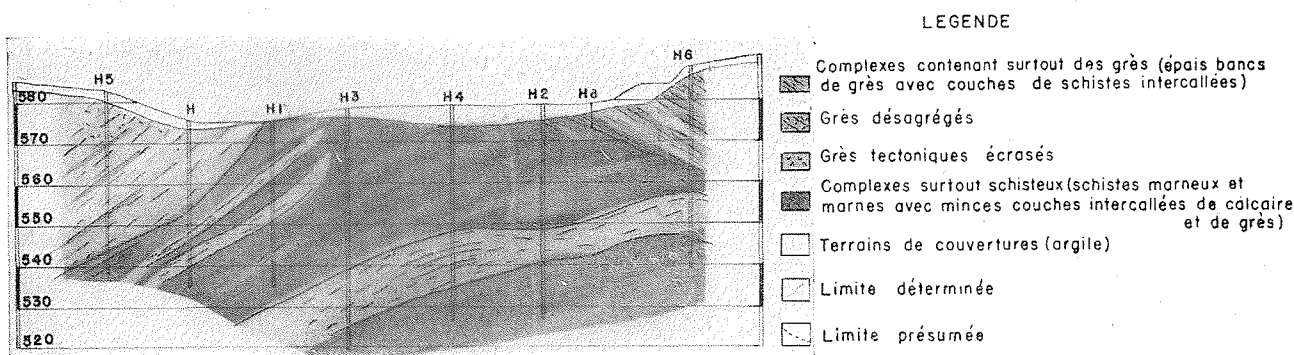


Fig. 1

seraient du type « hiéroglyphique » roches métamorphiques à diagnose inachevée.

Pratiquement, ce sont des schistes marneux séricitiques (très riches en paillettes de mica), dont le calcaire peut être dissous très facilement par les eaux agressives.

Leurs caractéristiques chimiques et mécaniques sont les suivantes :

6 à 9 % d'eau - compressibilité 0,28 KG/cm² -
Limite de compression : 5,8 KG/cm² avec un tassement de 5 m/m. et un à deux millimètres de tassement pour chaque kilog supplémentaire - Résistance à la pression : de 0 à 700 KGS/cm².

En ce qui concerne les grès, leur résistance à l'état sec atteint 400 à 1.700 kgs/cm² - à l'état humide : 750 à 1.250 kgs/cm².

Ces chiffres montrent clairement l'hétérogénéité et la plasticité de la base, et combien il faut prendre de précautions pour obtenir dans les fondations une stabilité convenant à un barrage-poids de profil triangulaire.

Ces circonstances sont d'ailleurs aggravées par la présence d'eaux agressives provenant de la décomposition des sulfates (0,38 % de SO₃ dans les grès - 1,06 % de SO₃ dans les schistes); ceci est surtout dangereux au niveau des failles tectoniques.

On a constaté également par endroits une certaine teneur des eaux en CO₂.

Pour assurer un contrôle des tassements (dans les fondations), de la perméabilité et de l'action des eaux agressives, ainsi que pour suivre l'évolution éventuelle des failles tectoniques, nous avons préconisé l'exécution d'une galerie de reconnaissance longeant les failles sous les fondations de l'ouvrage.

Il est bien évident que cette galerie devra être équipée des appareils les plus précis adaptés à

chaque catégorie de mesure ou de contrôle : en même temps, cette galerie devra servir de galerie d'accès pour les travaux de consolidation résultant de défauts constatés dans les fondations.

Il faut être très prudent dans les travaux d'injection des fondations, mais heureusement l'imperméabilité des couches schisto-argileuses rend la situation plus favorable. Le rôle essentiel des injections est d'éviter tout contact possible des schistes, soit avec l'air, soit avec l'eau, de façon à ne pas provoquer d'altération superficielle, d'où résulteraient une imbibition dangereuse et une notable perte de résistance.

Afin d'obtenir un contact étroit entre le béton de fondation à la base et les couches de grès, nous estimons indispensable d'exécuter sous toute la surface de l'ouvrage des injections de « collage » qui sont les plus susceptibles de remplir les vides éventuels et qui, de plus, sont relativement économiques.

Nous recommandons également la mise au point d'un nouveau type de voile d'étanchéité consistant en des forages perpendiculaires et parallèles à la surface des grès et des schistes.

En effet, le système des injections verticales n'est pas parfait pour diverses raisons dont la principale est que l'émulsion de ciment ne se propage que dans une direction et peut, surtout si l'on utilise de hautes pressions, provoquer des fissures artificielles. Dans cette consolidation de la base, la galerie de reconnaissance constitue naturellement une ligne de départ très intéressante. Il faut à tout prix trouver une solution pour assurer à la base de l'ouvrage une bonne assise et du même coup, réduire les risques de sous-pression qui peuvent devenir dangereux pour la stabilité du barrage.

Ces problèmes de fondation et de consolidation sont extrêmement difficiles, et c'est la raison

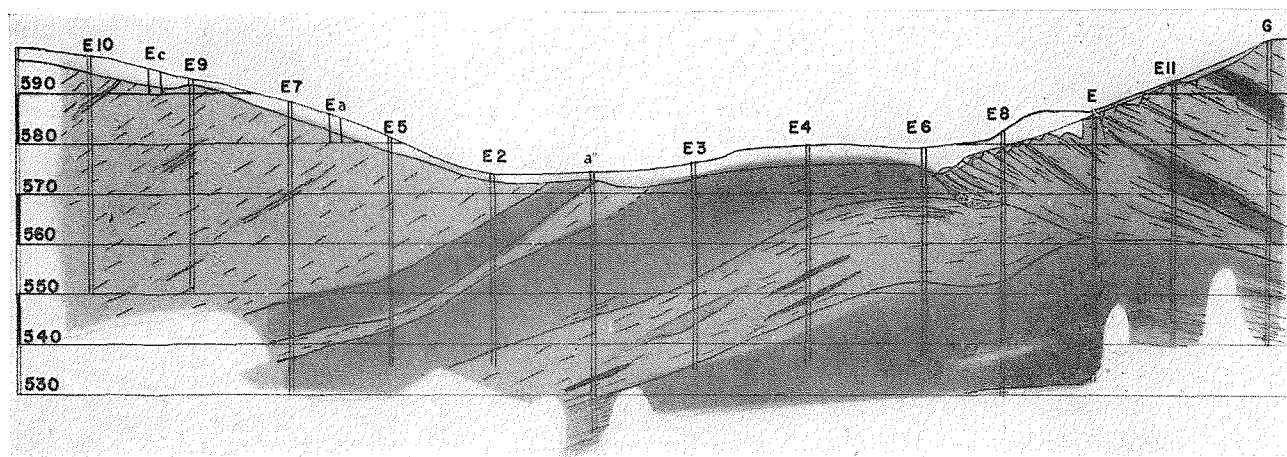


Fig. 2

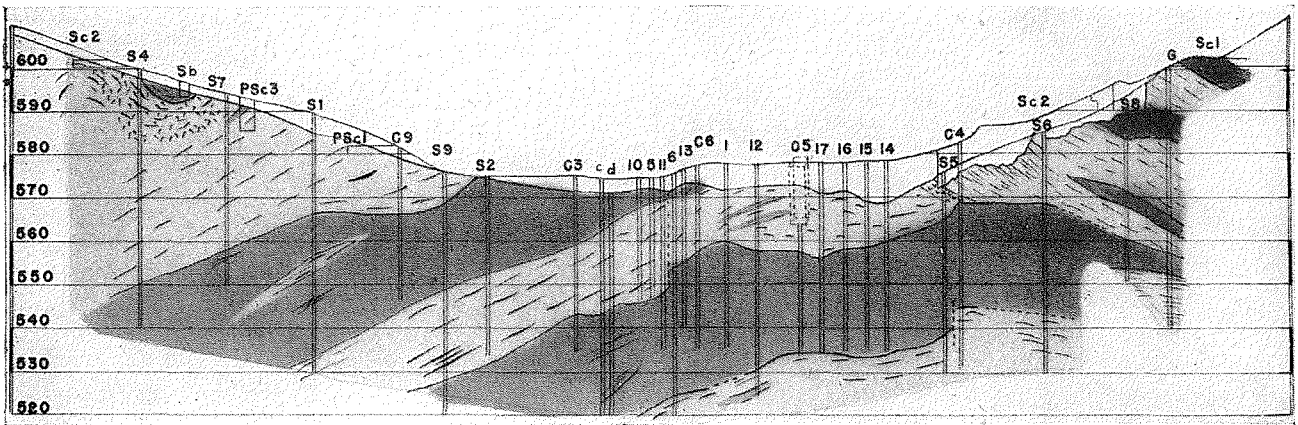


Fig. 3

pour laquelle on est obligé de faire appel à l'expérience des installations existantes dans le monde entier.

On sait aujourd'hui que l'hétérogénéité et la plasticité du fond provoquent des tassements irréguliers difficiles à évaluer en l'absence d'hypothèses solides. Le maximum est évalué à 20 cm., grandeur relativement importante si l'on songe que l'ouvrage n'a que 25 m. de hauteur.

Ce tassement pose d'ailleurs d'autres problè-

mes, et en particulier, celui de l'étanchéité du barrage. C'est ainsi que les lames de cuivre classiques peuvent être entièrement détruites et qu'il faut rechercher un système d'étanchéité définitif qui pourrait peut-être être constitué par des matières assez élastiques et imperméables, telles que le caoutchouc.

Si tous ces procédés ne donnent pas de solution satisfaisante, après mise en eau du barrage et contrôle des hypothèses par les mesures faites dans les fondations, il ne restera plus qu'à ancrer le barrage dans les couches de grès suivant le système « Coyne » utilisé à Cheurfas en Algérie, et sur d'autres installations actuellement en cours d'aménagement en France.

Au point de vue économique, il est bien certain qu'actuellement, les frais engagés dépassent 500 % du marché initial, mais il faut tenir compte de l'augmentation des prix (ceci se passait en temps de guerre), de la transformation du projet et des erreurs commises lors des premiers sondages et des travaux préparatoires.

La pénurie de matériel de chantier fait aussi monter le prix de revient.

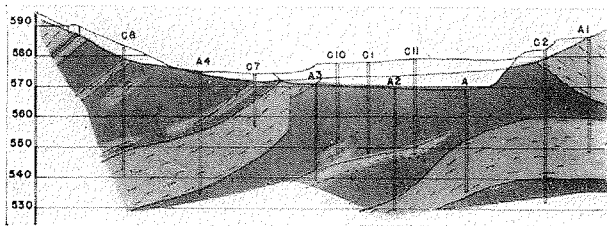


Fig. 4

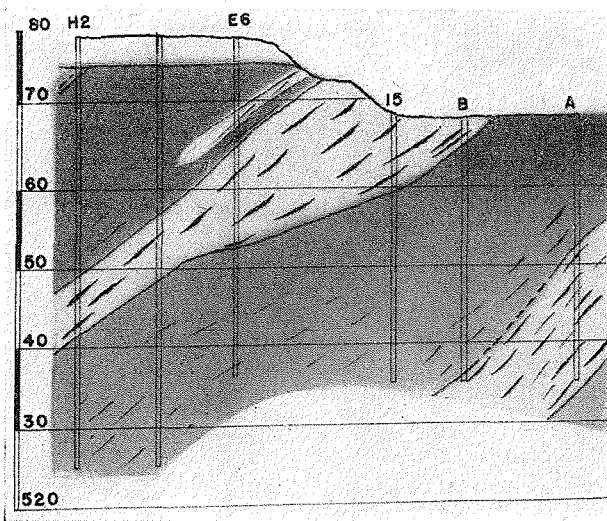


Fig. 5

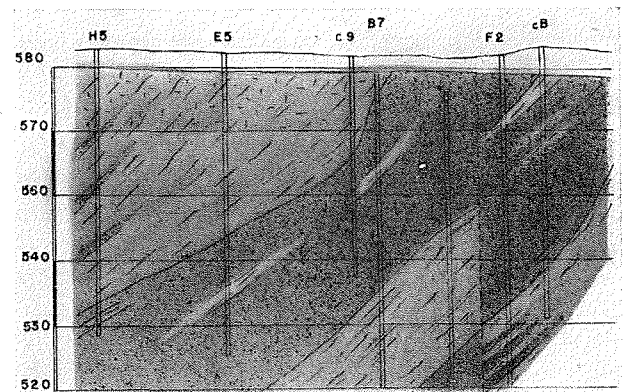


Fig. 6