

# réalisation du barrage de Grand'Maison

C. TROCHERIE

Ingénieur E.D.F.-R.E.A.L. — Aménagement de Grand'Maison

## 1. INTRODUCTION

Le barrage de Grand'Maison est l'ouvrage qui permet la création de la retenue supérieure de l'aménagement hydraulique de Grand'Maison. Il s'agit pour l'essentiel d'une puissante station de transfert d'énergie par pompage d'une puissance installée de 1 800 MW établie en dérivation sur le cours de l'Eau-d'Olle, affluent rive-droite de la Romanche.

## 2. LE PROJET DE L'OUVRAGE

### 2.1. Cadre géologique

Les massifs cristallins de Belledonne et les Grandes Rousses sont séparés par une dépression occupée par des terrains sédimentaires du lias et localement du trias. Le cours supérieur et le cours inférieur de l'Eau-d'Olle se développent dans l'axe de cette dépression. Le cours médian décrit une courbe entaillée dans le flanc est de Belledonne.

### 2.2. Le site du barrage

L'ouvrage est établi à l'emplacement du verrou glaciaire qui ferme sur l'aval l'élargissement de la haute vallée de l'Eau-d'Olle à l'endroit précis où en fond de vallée les roches cristallines plus dures font place aux marno-calcaires.

Le site se présente en V marqué, très étroit en fond de vallée avec des rives raides.

En rive gauche, le rocher est affleurant, en rive droite un épais manteau d'éboulis recouvrait la rive. En fond, l'épaisseur de la couverture alluviale atteignait une vingtaine de mètres.

### 2.3. Le type de l'ouvrage

Le site est traversé en diagonale par le contact géologique lias-cristallin qui a nécessité une étude détaillée et qui s'est révélé parfaitement franc et serré (fig. 1).

Deux solutions ont été étudiées pour cet ouvrage :

— Une solution voûte épaisse qui, bien que bénéficiant d'une topographie favorable, aurait nécessité des reconnaissances importantes pour préciser les conditions d'appui et la vérification du comportement d'une structure à cheval sur deux formations de caractéristiques mécaniques très différentes.

En fait cette solution s'est trouvée éliminée par la comparaison économique avec les solutions en remblais.

— Parmi les solutions en remblais, le choix s'est finalement porté sur un profil de digue zonée à noyau central épais avec recharge amont en enrochement. Cette dernière solution a été retenue parce qu'assurant une meilleure stabilité à la vidange rapide.

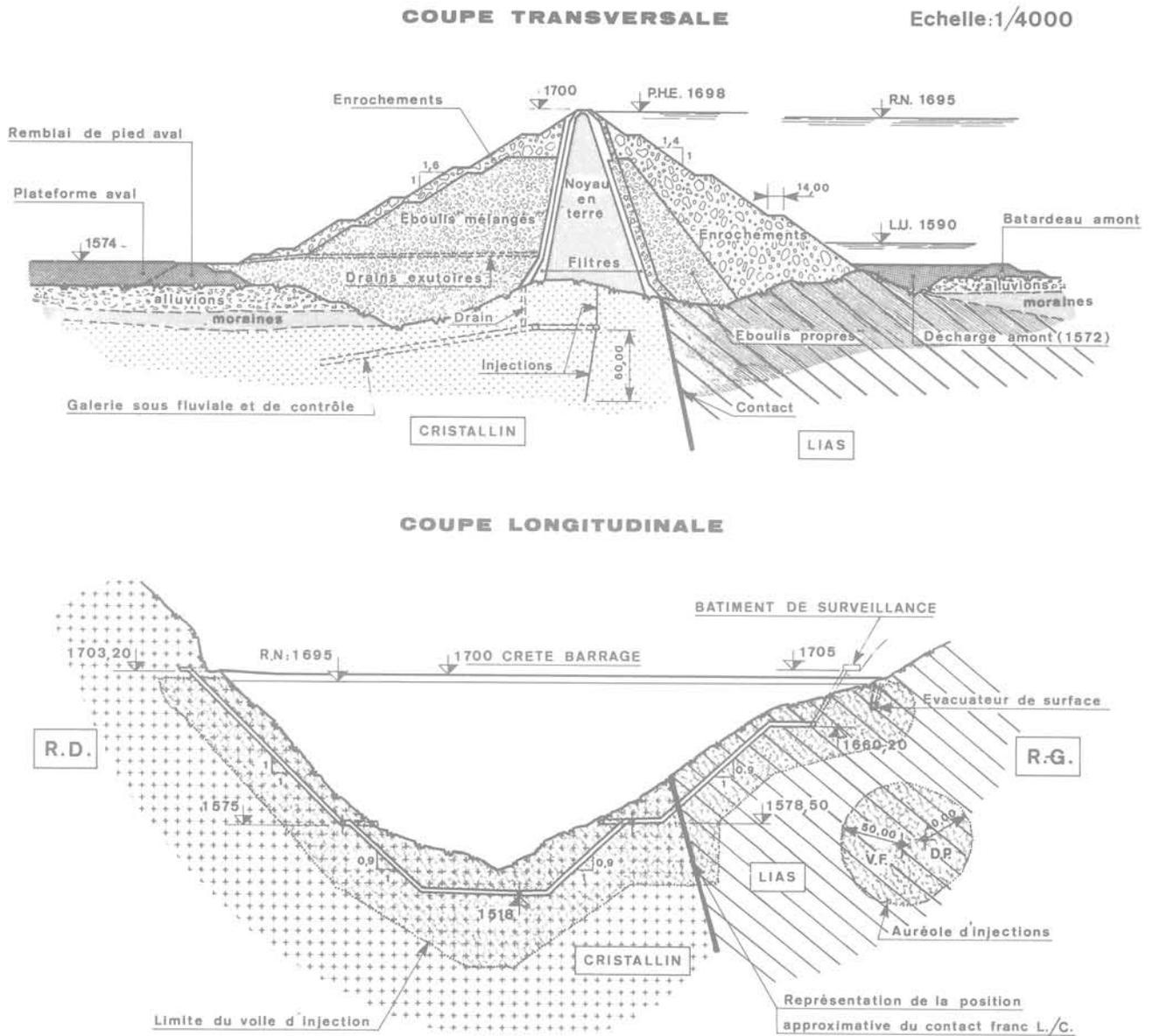


Fig. 1. — Barrage de Grand'Maison

## 2.4. Caractéristiques géométriques

Hauteur au-dessus du terrain naturel.....	140 m
Hauteur maximale sur fondations.....	160 m
Longueur en crête.....	550 m
Largeur en crête.....	10 m
Pente moyenne du talus amont.....	1/1,7
Pente moyenne du talus aval.....	1/2,1
Volume total du barrage.....	12,9 hm <sup>3</sup>
Volume du noyau.....	1,8 hm <sup>3</sup>
Volume des recharges	
— en éboullis de pente.....	5,3 hm <sup>3</sup>
— en enrochement.....	4,9 hm <sup>3</sup>
Volume des filtres et drains.....	0,9 hm <sup>3</sup>
Volume des fouilles de l'ouvrage.....	1,85 hm <sup>3</sup>

## 2.5. Le noyau

Il est vertical, implanté immédiatement à l'amont du resserrement de la vallée pour bénéficier d'une largeur minimale et d'une bonne incidence de la surface d'appui.

Le matériau prélevé dans la cuvette (gîte de la Cochette) permet d'obtenir des perméabilités en place de  $10^{-7}$  à  $10^{-8}$  m/s.

Son fuseau contractuel est caractérisé par la teneur en éléments fins < 0,1 mm comprise entre 17 et 40%.



Fig. 2. — Barrage de Grand'Maison : le site

Jean-Pierre Studio, Albertville

## 2.6. Les matériaux des recharges

Des terres caillouteuses ou éboulis prélevés sur la rive droite en amont de la cuvette constituent l'essentiel de la recharge aval et de la zone de transition amont. Ils sont caractérisés par leur teneur en éléments  $< 0,1$  mm. Les matériaux aux teneurs les plus faibles  $< 10\%$  sont réservés pour la recharge amont. Pour la recharge aval, cette teneur est limitée à  $20\%$ .

Les enrochements de la recharge amont et de protection de la recharge aval sont extraits d'une carrière de gneiss ouverte à  $500$  m à l'aval du barrage en rive gauche.

## 2.7. Les filtres et drains

Les filtres à l'amont du noyau, les filtres et drains à l'aval sont obtenus par concassage et criblage d'enrochements de la carrière.

L'exutoire du drain aval est assuré gravitairement par l'intermédiaire de forages débouchant dans une galerie aval raccordée à une galerie sous-fluviale de  $1\ 800$  m débouchant dans la gorge de l'Eau-d'Olle.

## 2.8. Conditions de fondation

La recharge amont est fondée au rocher en fond de vallée et en rive gauche. En rive droite, elle s'appuie sur un reliquat d'éboulis buté par l'avancée d'un éperon liasique qui interdit tout déplacement sur l'amont.

Le noyau est entièrement fondé au rocher.

La recharge aval est fondée, en rive gauche sur le rocher après enlèvement d'un placage peu épais d'éboulis. En rive droite, elle repose sur le manteau d'éboulis au-delà du talus des fouilles du noyau. En fond de vallée, elle s'appuie au rocher sur la moitié de l'emprise, puis sur les alluvions. Elle est butée en aval par un remblai de pied constitué à partir des matériaux des fouilles.

## 3. L'EXÉCUTION DES TRAVAUX

En raison de l'importance du sujet, nous n'examinons que les points ayant donné lieu à des difficultés de réalisation ou ayant été traités par des solutions originales.

### 3.1. Les conditions de travail

#### 3.1.1. Le climat

La zone des travaux de l'ouvrage est étagée entre les cotes d'altitude 1 500 et 1 800 m. La haute vallée de l'Eau-d'Olle est largement soumise aux perturbations climatiques d'hiver. La neige y est abondante et tardive; les accès, côté Romanche ou côté Maurienne, sont systématiquement coupés par de très nombreuses et importantes avalanches.

Froid, neige et difficultés d'accès ont imposé un chantier d'activité saisonnière. Les routes d'accès sont ouvertes en année moyenne vers le 20 avril pour un début de travaux au 15 mai. Le chantier est mis en hivernage à partir du 1/15 novembre ce qui laisse 5,5 à 6 mois de travaux, non comprises les intempéries d'été qui peuvent arrêter la mise en place du noyau ou des recharges.

Le programme des travaux fixé à l'entreprise comporte 6 campagnes d'été dont:

- deux campagnes d'installation, de préparation des fouilles et de début de mise en place des remblais;
- trois campagnes principales de remblais;
- une campagne de finitions.

#### 3.1.2. La topographie du site

Les dispositions des gîtes nécessitent un croisement des matériaux.

Le profil en V à berges raides de la vallée interdit le développement de pistes dans celles-ci. Elles ont été intégrées dans les parements et resteront dans le dessin définitif de l'ouvrage. Leur largeur est de 14 mètres.

L'étroitesse de la vallée en fond interdisant le transit amont-aval par des engins lourds, une modification du projet a donc été demandée — enrochements à l'aval — éboulis à l'amont jusqu'à une cote telle (1 550) que le transit soit possible.

Pour les circulations de service, deux pistes ont été établies aux cotes 1 540 et 1 580, en rive droite. Au-delà du fait de la raideur de la pente, on s'est résolu à franchir la coupure de l'ouvrage à la cote 1 705 sur le rétablissement définitif du chemin départemental.

Le temps de travail réduit est encore accentué par des conditions topographiques locales qui imposent le démontage de certaines installations en fin de campagne afin de les mettre à l'abri des avalanches ou des coulées de neige.

Ces conditions climatiques et topographiques ont imposé des dispositions particulières qui ont eu des répercussions:

- sur les coûts — suréquipement en matériel — dédoublement d'installations: sur le site et dans la plaine d'Allemont: volume de remblais supplémentaire pour le tracé des pistes;
- sur les conditions de travail: chômage saisonnier pour la majeure partie du personnel.

### 3.2. Le traitement des rives

C'est l'ensemble des opérations qui, partant du site vierge, ont permis de créer les conditions d'appui de l'ouvrage:

- dégagement des rives;
- déroctages de reprofilages;
- terrassement des alluvions de fond;
- traitement de la fondation.

#### 3.2.1. Dégagement des rives

Pour les recharges, nous avons vu que le projet imposait des conditions de fondation au rocher sauf sur les zones moins sensibles au tassement.

L'enlèvement des éboulis des deux rives fut décidé au titre des travaux préparatoires pour préciser les conditions d'appui au rocher, de même que le terrassement d'une partie des alluvions de fond pour vérifier la présence ou non de bancs silteux sous le pied de la recharge aval.

Seule, la fondation du noyau a fait l'objet d'un traitement particulier. Sous les recharges, le rocher a été nettoyé sommairement.

#### 3.2.2. Déroctage de reprofilage

Les conditions d'insertion du noyau sur les rives et de mise en place des terres au contact du rocher ont conduit, d'une part à réaliser des déroctages de rectification importants et à procéder à un nettoyage systématique des rives rocheuses d'autre part.

Les opérations d'enlèvement des alluvions du fond de vallée et la préparation des rives ont été conduites simultanément.

Les difficultés d'exécution résultaient de la superposition de ces deux chantiers. Des protections lourdes furent établies à leur limite: rideau de palplanches fichées sur remblai rapporté en rive droite — rideau de grumes et grillages en rive gauche.

Avec ces dispositions, l'ensemble des déroctages et nettoyage de rives a été réalisé en toute sécurité sans incident.

En rive droite, en raison de la configuration topographique, ces travaux n'ont pu être réalisés que manuellement par des hommes encordés dont le travail a été facilité par l'établissement de cheminements: escaliers bétonnés ou plans inclinés sur échafaudage. Les moyens utilisés par ces hommes étaient nécessairement des moyens légers (barres à mines, marteaux-piqueurs, pelles, pioches).

La purge mécanique fut suivie d'une purge hydraulique au canon à eau. En rive gauche, la rectification du haut de l'appui par déroctage a été réalisée par des moyens lourds: hydrofores Montabert, pelles sur chenilles, brise-roche; au-dessus le nettoyage systématique du rocher a été conduit à partir d'une plate-forme en remblais accessible aux engins, descendue au fur et à mesure de l'avancement.

Le bilan global des terrassements des fouilles s'est établi à 1 835 000 m<sup>3</sup> de déblais meubles et 33 000 m<sup>3</sup> de déblais rocheux.

### 3.2.3. Traitement du sillon central

L'hypothèse d'un sillon central d'origine glaciaire avait été avancée sans toutefois que sa présence soit détectée par des profils de sondage serrés.

Ce n'est qu'à la fin de l'enlèvement des alluvions du fond qu'un sillon fut découvert dans la partie gneissique du seuil rocheux. Le sillon très étroit, de profondeur variable (maxi 12/15 m) par suite de surcreusements locaux, suit le tracé d'une faille préexistante dans le gneiss.

Il a été entièrement dégagé dans la zone d'emprise du noyau et bétonné — 3 500 m<sup>3</sup> de béton y ont été coulés.

### 3.2.4. Bétons de reprofilage et régularisation de la surface rocheuse

Si pour obtenir une assise correcte du noyau il était nécessaire de procéder par déroctages, il est vite apparu que cette méthode n'était pas utilisable pour une régulation plus fine. On a donc fait appel à des bétons pour obtenir, en phase finale, après injection du rocher, la forme et l'état de surface requis.

On a distingué :

— les bétons de régularisation des formes qui complètent l'action des déroctages. Ce sont en général de grosses masses qui nécessitent d'être coffrées. 12 000 m<sup>3</sup> de béton ont été utilisés pour la rive droite et la rive gauche ;

— les bétons de régularisation destinés à permettre une bonne mise en place des terres. Les bétons en petites masses étant très fréquents et d'une exécution difficile, il fut décidé de les réaliser par béton projeté. La procédure d'exécution et de contrôle mise au point, ils furent généralisés. 900 m<sup>3</sup> de béton ont ainsi été appliqués en rive droite et en rive gauche.

La mise en place de ces bétons nécessite des moyens de manutention importants, ce point a été réglé en installant dans les rives des grues à tour desservant l'ensemble des zones traitées.

### 3.2.5. Traitement du rocher de surface par injections

Ces injections dites de traitement de peau visent à éviter tout transit d'eau en pression à l'interface terre-rocher. Elles intéressent les premiers mètres de la fondation rocheuse. Elles sont conduites depuis le bas après nettoyage fin avec curage systématique des fissures.

Elles sont effectuées de la manière suivante :

— dans une zone de 12,5 m de part et d'autre de l'axe, la profondeur des forages d'injection est fixée à 10-14 m au centre, puis 7-10 m latéralement suivant leur orientation ;

— dans les deux bandes latérales sur toute l'emprise du noyau la profondeur est limitée à 4-6 m.

Il était initialement prévu que la voile d'étanchéité intermédiaire comprise entre la surface et la galerie périmétrale exécutée à partir de celle-ci soit réalisée en avance sur la mise en place des terres. Le retard pris dans l'exécution de cette galerie a conduit à modifier localement le projet en acceptant de réaliser certaines parties de ce voile après leur mise en place, mais en approfondissant le traitement de peau en zone centrale à 15 m minimum.

Les injections sont exécutées suivant 4 mailles A, B, C, D successives pour produire un effet de serrage progressif pouvant conduire à un espacement minimum des forages de 1,70 m.

En zone centrale les mailles A, B, C sont exécutées systématiquement, D éventuellement. En zone latérale seule est réalisée la maille A, le recours aux mailles suivantes étant décidé en fonction des absorptions. Ce principe est adapté à la fracturation du rocher et aux absorptions résultantes. Les pressions d'injection fonction de la profondeur et de la qualité du rocher sont comprises entre 4 et 12 bars.

Les résultats d'injection montrent que la partie inférieure de la fondation constituée soit par les lias, soit d'un gneiss massif peu fracturé, absorbe peu. Les quantités moyennes injectées sont de l'ordre de 18 litres de coulis par mètre de forage en rive droite, 32 l/m en rive gauche ; quelques trous absorbent plus, notamment dans le sillon au passage d'accidents caractérisés.

Au-dessus de la cote 1 600, en rive droite, le gneiss est affecté par des fractures de décompression, les résurgences sont nombreuses et les absorptions deviennent de plus en plus élevées à mesure que l'on progresse vers le haut ; de 70 l/ml à la cote 1 600, elles atteignent 270 l/ml à proximité de la crête. En rive gauche, le rocher du lias est plus homogène et moins fracturé que le gneiss, les absorptions sont du même ordre de grandeur qu'en partie basse.

Hormis la partie basse en rive droite et une faible surface en rive gauche à la cote 1 575 accessibles aux perforateurs automoteurs, les forages d'injection ont été réalisés à l'aide de chariots légers de foration à partir d'échafaudages sur l'ensemble des zones à traiter.

Les échafaudages ont été montés à l'avancement et ont permis d'exécuter avant les injections, le nettoyage fin nécessaire. Les manutentions ont été faites à l'aide de grues à tour.

## 3.3. L'exploitation en gîtes de matériaux

### 3.3.1. Le gîte Cochette

Le gîte s'étage entre les cotes 1 660 et 1 820. Il est séparé de la zone de construction du barrage par le vallon de la Cochette. Pour éviter d'avoir à créer des pistes importantes ou un très grand remblai en travers de ce vallon, mais également pour satisfaire la possibilité de mise en eau de l'ouvrage avant son achèvement complet, il fut décidé d'utiliser un tapis transporteur d'une capacité de 1 600 tonnes/heure, franchissant le vallon de la Cochette sur une passerelle métallique.

L'installation comprend :

- au niveau d'exploitation, une trémie de chargement avec scalpage des matériaux à 150 mm ;
- une série de tapis permettant une adaptation à la position de la trémie de tête, et aux différents niveaux d'exploitation ;
- une trémie de réception de 150 m<sup>3</sup> dont les formes ont fait l'objet d'une étude particulière pour limiter la ségrégation et à partir de laquelle les matériaux sont repris par camions pour être dirigés sur l'ouvrage.

Cet appareillage s'est montré particulièrement fiable et performant.

L'exploitation du gîte a donné lieu à des mises au point de manière à obtenir un matériau homogène à l'arrivée sur le barrage avec le minimum de manutention et exempt de ségrégation, soit :

- conduite de l'exploitation par poussage au bull suivant des bandes inclinées recoupant les strates pour réaliser un mélange du matériau avant chargement, en proscrivant tout front raide à la reprise ;
- création d'un stock intermédiaire établi sur le batardeau amont pour permettre une homogénéisation des matériaux provenant de zones reconnues inacceptables en dépôt direct ;
- élimination des lentilles caillouteuses ;
- montage de goulottes de répartition en partie haute de la trémie de stockage et consignes d'exploitation à niveau plein.

Moyennant ces précautions, 56,5 % de la terre du noyau a pu être mise en remblais par dépôt direct. Dans le volume ayant transité par le stock intermédiaire, on peut estimer à 11,8 % la fraction ayant nécessité une correction, l'autre fraction correspond à des dépôts pour facilités de chantier telles que fin et début de campagne, ou arrêts pour entretien.

L'élimination des matériaux sur l'ouvrage lui-même a été un fait exceptionnel.

### 3.3.2. Le gîte d'éboulis rive-droite

L'hétérogénéité du matériau pour des teneurs en éléments fins comprises entre 10 et 15 % nécessite de définir un nouveau seuil à 12 % comme critère d'acceptation des éboulis destinés à la transmission et à la recharge amont.

L'exploitation du gîte a demandé un pilotage précis difficile à réaliser du fait d'un zonage aléatoire des différents types de matériaux, mais rendu nécessaire pour trouver le volume d'éboulis de la recharge amont.

### 3.3.3. La carrière d'enrochement

La raideur du versant a rendu l'exploitation de la carrière difficile du fait :

- de la nécessité d'ouvrir des pistes pour dumpers (14 mètres de large minimum) pour accéder en partie haute du gisement ;
- de la formation de fronts définitifs de grandes hauteurs, menaçant du fait d'éboulements, l'exploitation des niveaux inférieurs ;

— du risque d'éboulement provenant du versant dominant l'exploitation.

Les deux derniers points ont d'ailleurs conduit à l'abandon d'une partie de l'emprise initiale, nécessitant alors une extension de la carrière dans son extrémité amont pour un volume de 1,5 million de m<sup>3</sup>.

### 3.3.4. La fabrication des filtres et drains

Ils sont produits à partir d'enrochements extraits de la carrière et triés en trois classes granulométriques :

- Filtres amont et aval 0,125/20 mm ;
- Filtres fins 0,125/2 mm ;
- Drains 2/100 mm ;

La difficulté d'obtenir un filtre contenant moins de 3 % d'éléments fins (< 0,1) a conduit à relever d'un point cette limite, ce qui va dans le sens de l'augmentation de son pouvoir filtrant, et à améliorer l'efficacité des hydroséparateurs de l'extrémité de la chaîne de criblage, pour obtenir un filtre fin entrant dans le fuseau.

La granularité du drain en fait un matériau facilement ségrégeable pour lequel beaucoup de précautions doivent être prises au stockage (stock de faible hauteur).

## 3.4. La mise en place des matériaux

Les spécifications d'exécution des remblais ont été précisées au cours des campagnes de reconnaissances réalisées de 1976 à 1979, à partir de digues d'essais sur les terres du noyau — les matériaux des recharges — les enrochements. Leur but était de définir les conditions d'exploitation, les moyens de mise en œuvre, les conditions de mise en œuvre et les résultats à obtenir pour garantir les perméabilités souhaitées pour les différentes recharges.

Les épaisseurs des couches des différents matériaux sont imposées par le C.P.S. du marché :

- 0,30 à 0,50 m pour le noyau ;
- 0,60 à 1,20 m pour les éboulis ;
- 1,00 à 1,80 m pour les enrochements ;

de même que le type de compacteurs et le nombre de passes pour assurer le serrage des matériaux.

La mise en place, du fait de la nécessité de prévoir des pistes de transfert perpendiculaires au noyau, est effectuée par ongles successifs en admettant une dénivellée maximum de 15 m à l'extrémité de chaque ongle.

Ces pistes de transfert de 15 m de largeur sont constituées d'un matériau semi-concassé 0/100, pour leur permettre de résister au poinçonnement dû au tonnage exceptionnel transitant sur chaque piste, elles recouvrent largement les filtres et drains afin d'éviter leur détérioration.

Ces dispositions créent des sujétions importantes mais ont donné satisfaction.

### 3.5. Le contrôle des matériaux

Pour ce type d'ouvrage, le contrôle de la qualité des matériaux utilisés et de leur bonne mise en place est un impératif absolu.

Leur hétérogénéité au gîte et leur nature grossière imposent par ailleurs que ces contrôles soient faits sur des volumes importants pour être représentatifs, et à fréquence rapprochée, notamment pour dégager les valeurs de référence.

Par contrats, les contrôles portent sur:

- la granulométrie au gîte et en place;
- la teneur en eau à la mise en place, au gîte et au stock,
- la densité en place à la sonde nucléaire avec contrôle par essais au sable;
- la réalisation d'essais proctor de référence au moule de 400 mm en 5 points.

A titre indicatif, la fréquence de ces essais pour les terres du noyau sont:

	Imposés par contrat	Réalisés en 82
• Granulométrie sur prélèvement en place	1/2000 m <sup>3</sup>	1/1600 m <sup>3</sup>
• Densité et teneur en eau en place		
— à la sonde nucléaire	1/5000 m <sup>3</sup>	1/4600 m <sup>3</sup>
— au sable	1/10000 m <sup>3</sup>	1/9200 m <sup>3</sup>
— essais proctor au moule Ø 400	1/5000 m <sup>3</sup>	1/4500 m <sup>3</sup>

Les essais sur les matériaux des recharges sont conduits à fréquence plus lâche.

Les essais granulométriques sont réalisés à partir d'échantillon brut de 400 kg, les essais proctor sur un échantillon de 600 kg.

En raison du grand nombre d'essais, du volume important de matériaux à traiter qu'ils impliquent, et de la nécessité de connaître les résultats de ceux-ci dans le délai le plus court, il a été conçu un laboratoire de site performant utilisant une station de criblage et d'échantillonnage semi-automatique qui permet:

- pour les granulométries de réduire l'échantillon de 400 kg à un volume représentatif de quelques kilogrammes. L'usage de fours à micro-ondes permet de réduire de façon importante les temps de séchage;
- pour les essais proctor à un quartage automatique de l'échantillon.

La surveillance de la mise en place et des contrôles est assurée à postes par des agents du maître d'ouvrage.

L'usage de la micro-informatique permet pour chaque matériau de connaître l'évolution de ses caractéristiques par période ayant pour amplitude la semaine, la saison, la totalité des remblais.

### 3.6. La réalisation du voile d'étanchéité au rocher et du drainage

— La particularité du voile est d'être exécuté en deux parties:

- un voile intermédiaire entre fondation et galerie périmétrale, d'une hauteur variant entre 15 et 50 m suivant la position de la galerie par rapport au rocher;
- un voile profond au-delà d'une profondeur de 60 m.

— Le voile est réalisé à partir de la galerie par deux ensembles chariots hydrauliques sur crémaillère (1 chariot pour la perforation — 1 pour l'injection). Ce dispositif a été conçu pour pallier les problèmes de sécurité que posent les chariots à câbles et treuil. En fait ce système relativement compliqué a connu également des difficultés notamment sur la fiabilité de l'entraînement par crémaillère et sur les moteurs hydrauliques.

La fracturation importante constatée en rive droite au-dessus de la cote 1 600 a conduit au cours de la campagne 83 à compléter les injections du voile intermédiaire exécuté depuis la galerie par des injections réalisées depuis trois stations de surface.

Les résultats sont les suivants:

Injections au m<sup>2</sup> de voile

*Voile intermédiaire*

Rive droite:		
— au-dessus de 1 575	160	l de coulis au m <sup>2</sup>
— au-dessous de 1 575	4,2	l de coulis au m <sup>2</sup>
Rive gauche:		
— au-dessus de 1 575	6	l de coulis au m <sup>2</sup>
— au-dessous de 1 575	2	l de coulis au m <sup>2</sup>

*Voile profond*

Rive droite:		
— au-dessus de 1 575	60	l de coulis au m <sup>2</sup>
— au-dessous de 1 575	7	l de coulis au m <sup>2</sup>
Rive gauche:		
— au-dessus de 1 575	6,5	l de coulis au m <sup>2</sup>
— au-dessous de 1 575	4	l de coulis au m <sup>2</sup>

Trois types de coulis ont été utilisés:

	C/E	B/E	Viscosité « Marsch »
Coulis fluide	0,35	0,02	33 ≤ V ≤ 37 sec.
Coulis semi-fluide	0,40	0,025	39 ≤ V ≤ 44 sec.
Coulis rigide	0,50	0,033	V ≥ 47 sec.

La partie supérieure de la rive droite a nécessité l'emploi de coulis silicaté pour certaines passes à très fortes absorptions.

*Voile de drainage*

Le drainage en aval du voile est réalisé par des forages lancés à partir des galeries périmétrales et des différentes galeries de liaison. La fracturation plus importante du haut de la rive droite a conduit à réaliser une galerie de drainage complémentaire à la cote 1 575 de

manière à lancer un voile vertical entre les cotes 1 700 et 1 575.

L'ensemble du projet comportera 4 500 m de forage de drainage.

Au cours de leur exécution on a procédé à un contrôle assez systématique de leur rectitude.

### 3.7. L'auscultation

Le dispositif d'auscultation assez étoffé comporte des appareils répartis suivant 4 niveaux (cotes 1 575 - 1 610 - 1 640 - 1 680) dans trois sections principales et 6 sections secondaires. Il permet :

— Les mesures de pressions interstitielles dans la fondation et les remblais au moyen de 115 cellules à corde vibrante et 10 piézomètres ponctuels.

— Les mesures de déplacement au moyen de :

- 12 furets hydrauliques ;
- 8 téléniveaux hydrauliques (niveaux 1 575 et 1 665) ;
- 8 téléniveaux électriques dont 4 dans le noyau couplés à 4 élongamètres ;
- 4 cellules de pression totale.

enfin 150 repères topographiques de surface sur les parements et la crête.

— Les mesures de débit de fuites collectées aux différentes zones du drainage, au moyen de déversoirs étalonnés.

La nouveauté de ce dispositif concerne les téléniveaux électriques disposés dans le noyau et la recharge amont et qui permettront une meilleure connaissance

des déplacements de ces zones. On notera toutefois que ces appareils sont des prototypes dont on ne connaît pas la fiabilité.

En plus de cette auscultation, des géophones ont été répartis dans les remblais en vue d'une étude du comportement dynamique des remblais.

### 3.8. Avancement des travaux

Terrassement

En fin de campagne 83 : 11 Mm<sup>3</sup> sont en place.

Au cours de celle-ci des cadences moyennes journalières ont atteint 48 500 m<sup>3</sup> jour pour un travail à 2 postes de 9 h 1/2

soit 17 500 m<sup>3</sup> d'enrochement

6 300 m<sup>3</sup> de terre à noyau

22 500 m<sup>3</sup> d'éboulis

2 200 m<sup>3</sup> de filtre

la cote moyenne atteinte sera de 1 658

Au cours des 3 campagnes de remblais déjà réalisées, les cubes mis en place ont été de :

— 1,5 Mm<sup>3</sup> en 1981

— 4,5 Mm<sup>3</sup> en 1982

— 5,2 Mm<sup>3</sup> en 1983

L'ouvrage devrait donc être terminé en 84 évitant l'hivernage 84/85. Son début de mise en eau est prévu à partir de juillet/août 84 en vue d'atteindre le palier 1 635 en décembre 84 — 1 665 à l'été 85 et 1 695 à l'été 86.