

Zeitschrift: Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 59 (1967)
Heft: 4

Artikel: L'aménagement hydro-électrique Franco-Suisse d'Emosson
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-920988>

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: 19.02.2026

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

L'AMENAGEMENT HYDRO-ELECTRIQUE FRANCO-SUISSE D'EMOSSON

par les Ingénieurs Mandataires des Usines Hydro-Electriques d'Emosson SA:
Motor-Columbus, SA d'Entreprises Electriques, Baden/Suisse
Electricité de France, R. E. H. Alpes Nord, Chambéry/France

C. D. 621.221 (44) + (494)

I. Introduction

Dès septembre 1953, Motor-Columbus SA d'Entreprises Electriques a entrepris des études pour examiner la possibilité de créer dans la plaine d'Emosson une retenue intéressante qui submergerait le barrage de Barberine des Chemins de Fer Fédéraux. Les études détaillées effectuées sur cette première idée, qui ont conduit aux avant-projets de mars 1954, avril 1955, juillet 1956 et février 1961, ont pourtant très vite montré que si les caractéristiques de la retenue classaient cette dernière parmi les meilleurs bassins d'accumulation des Alpes suisses, le problème de son remplissage ne pourrait pas être résolu d'une manière satisfaisante sans procéder à d'importants prélevements d'eau dans les vallées françaises avoisinantes.

Tous les débits du bassin versant naturel sont en effet concédés aux Chemins de Fer Fédéraux qui, pour alimenter leurs diverses usines, captent en outre la quasi totalité des débits de l'Eau-Noire au Châtelard ainsi qu'une part importante des débits du Trient en aval du village du même nom. Dans les vallées voisines, Val Ferret et Val d'Entremont, la situation n'est guère meilleure. Les usines de la Cie des Forces Motrices d'Orsières à Orsières, de la Société Romande d'Electricité à Sembrancher et de l'Energie de l'Ouest-Suisse à Martigny-Bourg turbinent au fil de l'eau les débits les moins aléatoires de ces cours d'eau. Si, avant la décision du Conseil d'Etat du Canton du Valais en avril 1955 d'autoriser la construction de l'usine de Palasui et du barrage des Toules, il eût encore été techniquement possible de songer à établir un projet réduit entièrement suisse en drainant toutes les eaux disponibles dans ces diverses vallées valaisannes, les études économiques ont par contre montré que la rentabilité d'un tel projet ne pourrait que

très difficilement être assurée du fait de l'importance des restitutions qu'il aurait fallu verser aux diverses usines existantes en vue de compenser les pertes de production qu'elles auraient subies.

Par contre, l'apport des eaux françaises de l'Eau-Noire, de l'Arve et du Giffre permettait d'établir un projet cohérent dont le prix de revient de l'énergie restait dans les limites raisonnables compte tenu des multiples possibilités de régularisation de cette production d'énergie. Electricité de France ayant reconnu le bien-fondé et l'intérêt de ces premières investigations a par conséquent décidé en juillet 1955 de participer à raison de 50 % aux Usines hydro-électriques d'Emosson SA (ESA) qui avaient été fondées le 9 juillet 1954 en vue d'acquérir dans les diverses communes valaisannes intéressées par le projet, les concessions de forces hydrauliques nécessaires à sa réalisation.

C'est ainsi qu'en mars 1956, après avoir signé la presque totalité des actes de concession communale, la société s'est adressée au Conseil fédéral suisse pour lui demander de prendre contact avec les autorités françaises en vue de résoudre les divers problèmes posés par cet aménagement hydro-électrique international et d'accorder la concession fédérale indispensable à l'utilisation de la Barberine, cours d'eau formant la frontière nationale. Parallèlement, elle demandait au Conseil d'Etat du canton du Valais d'homologuer les concessions communales octroyées.

Malgré l'intérêt évident de l'aménagement projeté tant pour les communes intéressées, le canton du Valais que pour l'économie électrique suisse et française, cette démarche

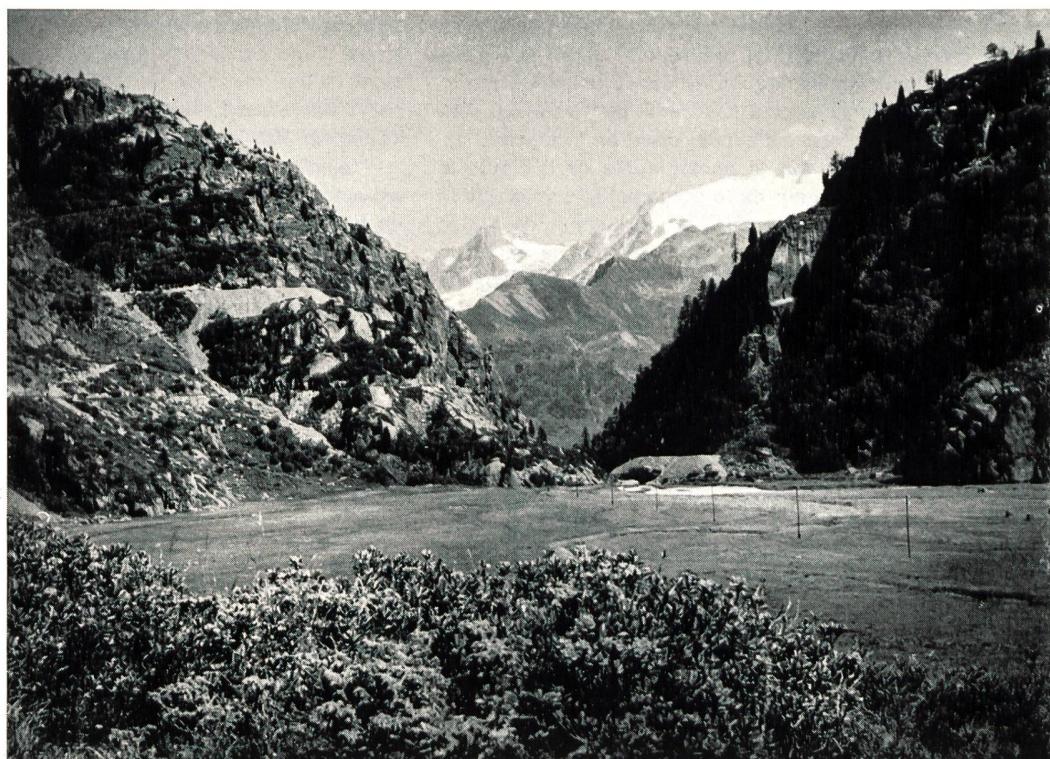


Fig. 3
Vue du site
du barrage
et du verrou
rocheux depuis
la cuvette
d'Emosson

devait se heurter à de multiples questions de principe et de procédure dont la résolution demanda de très longues années. En effet, le projet déposé était si intimement lié aux usines existantes des Chemins de Fer Fédéraux que les autorités fédérales n'ont pu mener à chef les pourparlers avec la France avant la signature en juin 1961 d'un accord en bonne et due forme entre la société et les Chemins de Fer Fédéraux. Il fallut ensuite fixer définitivement les parts d'énergie nationale et les modalités d'utilisation de façon que chaque Etat puisse tirer équitablement profit des particularités de l'aménagement, régler l'échange de territoire permettant d'implanter le barrage entièrement sur territoire suisse et la centrale du Châtelard sur sol français et mettre au net les textes des conventions correspondantes entre les deux pays. Ces accords ont été signés le 23 août 1963 et les instruments de ratification échangés le 15 décembre 1964.

L'aboutissement de ces longues négociations internationales ne devait pourtant pas encore signifier l'achèvement

de la procédure administrative. La convention franco-suisse relative à l'aménagement prévoyait en effet que les conditions des deux actes de concession devaient, dans les deux pays, être fixées d'une manière concordante sur tous les points touchant aux intérêts des deux Etats. Cette disposition obligeait en Suisse à reprendre toutes les concessions communales déjà octroyées et que le Conseil d'Etat du canton du Valais s'était vu dans l'impossibilité d'homologuer et de les remplacer par une concession fédérale unique, en harmonie avec la concession et le cahier des charges français. Ces opérations viennent de toucher à leur fin : le Conseil fédéral suisse a donné son accord sur la concession suisse le 27 juin 1966 et le Conseil des Ministres français s'est prononcé affirmativement sur la concession française le 30 décembre 1966. Les deux concessions sont ainsi entrées en vigueur simultanément le 1er février 1967 et la société a décidé dernièrement de mettre en chantier son aménagement hydro-électrique.

II. Disposition générale de l'aménagement

L'aménagement franco-suisse d'Emosson draine les eaux des hautes vallées françaises de l'Arve, de l'Eau-Noire et du Giffre supérieur et les eaux suisses du Val Ferret, des vallées de Trient, d'Arpette et de Jure par quatre systèmes de collecteurs à écoulement libre désignés, suivant leur situation géographique par rapport à la retenue d'Emosson, par collecteurs Nord, Est, Sud et Ouest. Alors que les collecteurs français Nord, Sud et Ouest sont calés à une hauteur suffisante pour permettre un écoulement des eaux dans la retenue par gravité, la part des apports suisses du collecteur Est destinée au remplissage du lac doit être refoulée par pompage. La disposition générale de l'aménagement d'Emosson est indiquée dans la situation générale ainsi que dans le profil en long faisant l'objet des figures 1 et 2.

Les eaux françaises et suisses sont accumulées dans la plaine d'Emosson au voisinage de la frontière franco-suisse. Cette plaine d'origine glaciaire, située à l'altitude de 1770 m est barrée au sud-est par un seuil rocheux dans lequel glacier et torrent ont creusé une gorge étroite se prêtant particulièrement bien à la construction d'un barrage-voûte. La gorge, dont la rive droite se trouve actuellement sur territoire français a une forme en V presque symétrique, bien visible sur la photographie de la figure 3. Le rapport hauteur/largeur de la gorge est très voisin de la valeur 1 sur 2. Un barrage-voûte d'une hauteur de 177 m sur fondations, crée entre les cotes de retenue minimum et maximum de 1785 et 1930 m s. m. une accumulation de 227 millions m³ de capacité. La nouvelle retenue d'Emosson

submergera de 42 m le lac d'accumulation existant de Barberine d'un volume de 39 millions m³, propriété des Chemins de Fer Fédéraux Suisses (CFF). Compte tenu d'un volume résiduel de 2 millions m³ et d'un volume de 55 millions m³ réservé aux CFF, correspondant d'une part à la retenue submergée de Barberine et d'autre part à une accumulation supplémentaire accordée aux CFF contre participation aux frais de construction du barrage, la réserve nouvelle à disposition de la Société d'Emosson s'élève à 170 millions m³ environ. La retenue d'Emosson noyera approximativement 327 ha de terrain dont 130 sont constitués par la retenue actuelle de Barberine. Aucune habitation n'est à transférer.

L'utilisation des eaux accumulées à Emosson sur la chute brute moyenne de 1400 m disponible jusqu'à la vallée du Rhône est prévue en deux paliers avec centrales au Châtelard et à la Bâthiaz. La centrale de Châtelard-Vallorcine abritera, en plus des turbines du palier supérieur, les pompes nécessaires au refoulement dans la retenue d'une partie des eaux provenant du collecteur Est ainsi qu'une machine permettant de turbiner directement sur la chute Les Esserts-Le Châtelard le reste des eaux du collecteur Est.

L'emplacement retenu au Châtelard pour la centrale est actuellement sur sol suisse. Il reviendra après l'échange de territoire mentionné dans l'introduction à la commune française de Vallorcine.

Les eaux utilisées dans l'aménagement d'Emosson sont restituées au Rhône près de Martigny.

III. Description des ouvrages

1. BARRAGE D'EMOSSON

a) Généralités

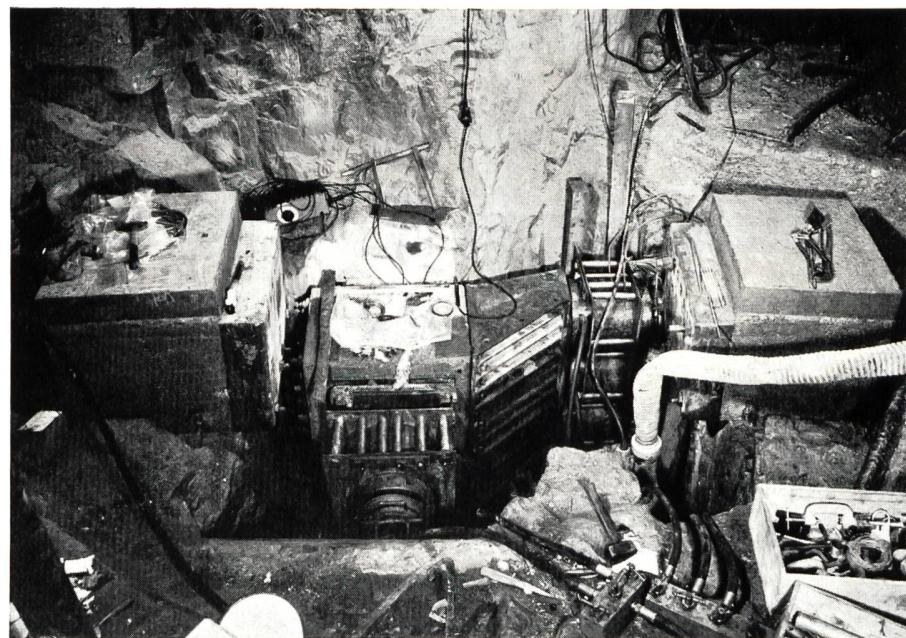
Avec une capacité de retenue spécifique par m³ de béton de 200 m³ resp. 600 kWh environ, le barrage-voûte d'Emosson créera un des bassins d'accumulation les plus intéressants de Suisse. Ceci est dû à la situation topographique très favorable. En effet, l'emplacement du barrage est constitué par une gorge profonde et étroite creusée par la Barberine dans l'important verrou glaciaire qui ferme le bassin d'Emosson vers le sud-est. En plus de la situation topographique intéressante, les conditions géologiques à l'emplacement du barrage sont également favorables pour

l'érection d'un barrage-voûte, qui présentera les caractéristiques suivantes (figures 3, 4, 5 et 6) :

Hauteur maximum sur fondations	177 m
Longueur au couronnement:	
barrage-voûte	419 m
mur d'aile	107 m 526 m
Excavations en rocher	250 000 m ³
Volume de béton	1 150 000 m ³

Ainsi qu'il ressort des données relatives à la longueur du couronnement, le barrage-voûte doit être complété par

Fig. 7
Installations pour les essais de cisaillement de blocs de rocher
(Photo E. Brügger Zürich)



un mur d'aile du type poids. Cette mesure est nécessaire étant donné que le niveau d'accumulation maximum dépasse sur rive droite, de 10 m environ le verrou glaciaire précité. De plus, ce verrou et son prolongement moins prononcé sur rive gauche présentent à l'aval une forte déclivité en direction de la vallée principale de l'Eau-Noire. Le verrou doit donc être considéré comme un élément naturel faisant partie intégrante de l'ouvrage puisqu'il servira non seulement d'appui au barrage, mais supportera directement une importante pression d'eau. Cette situation nous a conduit à entreprendre des études géomécaniques très poussées, sur lesquelles nous nous étendrons par la suite plus en détail, de même que sur les problèmes technologiques du béton. Ce sont ces deux questions qui méritent une attention spéciale alors que dans l'ensemble le barrage d'Emosson ne diffère guère des nombreux ouvrages de semblable importance érigés ces dernières années.

b) Etudes géomécaniques

Du point de vue géologique, le site du barrage d'Emosson est très homogène et se compose de cornéennes d'excellente

lente qualité. A l'emplacement de l'ouvrage, la roche n'est recouverte qu'en certains endroits d'une couche de sédiments morainiques, d'ailleurs de faible épaisseur. Le fond de la future retenue (plaine de Marais), par contre, est rempli d'alluvions jusqu'à une profondeur de 80 m. Immédiatement en amont du barrage, l'on rencontre la zone mylonitisée du Nant de Feuillies—La Gueula—La Golette qui s'étend d'un flanc de la vallée à l'autre. En outre, des cassures importantes fortement inclinées et parfois mylonitisées, traversent l'emplacement du barrage en direction de la vallée et sont bien visibles en surface, spécialement à l'aval du verrou glaciaire. Il n'existe cependant aucun rapport entre ces cassures et la schistosité ou les diaclases. Alors que la première est orientée du NNE au SSO, c'est-à-dire perpendiculairement à la vallée et plonge fortement vers l'est, les diaclases peuvent être classées selon les différents systèmes indiqués dans le tableau 1. Les indications de ce tableau résultent de levés géologiques très détaillés entrepris dans les deux galeries de sondage de 479 m de longueur totale, exécutées dans le verrou rocheux. En plus de ces galeries de sondage, la nature

Systèmes de diaclases à l'emplacement du barrage d'Emosson

TABLEAU 1

Système	Direction et pendage (degrés centésimaux)	Distance moyenne entre diaclases	Pourcentage de diaclases glaiseuses	Degré de séparation
Flanc droit				
I	N 107° E	90° S	0,6 m	29 %
II	N 118° E	58° N	5,8 m	35 %
III	N 162° E	36° E	5,3 m	22 %
IV	N 50° E	40° O	0,7 m	0 %
V	N 140° E	42° S	7,7 m	19 %
VI	N 14° E	30° E	6,4 m	0 %
Flanc gauche				
I	N 148° E	90° O	0,9 m	0 %
II	N 55° E	72° N	1,6 m	7 %
III	N 114° E	94° S	1,0 m	0 %
IV	N 127° E	18° N	0,6 m	0 %
V	N 126° E	85° N	2,9 m	0 %
VI	N 116° E	48° S	0,9 m	0 %

du sous-sol a été explorée par 13 forages à carottage continu d'une longueur totale de 1178 m. Les essais de perméabilité exécutés dans ces forages ont montré une perte moyenne d'eau de 4 lugeons (1 lugeon = 1 l/m · min à 10 at). Comme on pouvait s'y attendre le verrou glaciaire sur rive droite accusait à lui seul des pertes moyennes deux fois et dans sa partie supérieure même 3½ fois plus importantes. Des essais sur carottes de roche de 30 mm de diamètre prélevées parallèlement aux plans de schistosité ont donné les résultats suivants:

	VALEUR MOYENNE kg/cm ²	DISPERSION QUADRATIQUE %
Essais de compression:		
– résistance	1 230	23
– module de déformation	700 000	14
– module d'élasticité	720 000	9
Essai par ultrasons:		
– module d'élasticité	600 000 ¹⁾	14

¹⁾ Le fait que le module d'élasticité dynamique accuse une valeur plus faible que le module d'élasticité statique, contrairement à ce qui est admis en général, a déjà été constaté dans d'autres cas.

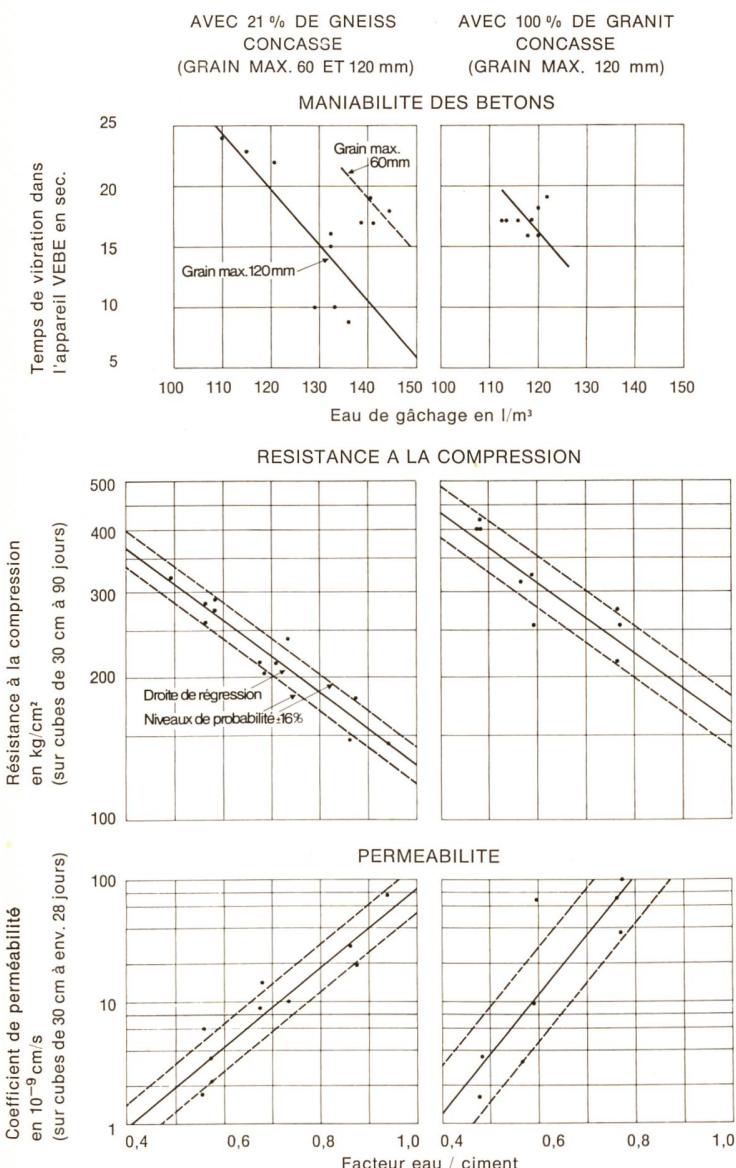


Fig. 8 Résultats des essais de béton avec les agrégats en provenance d'Emosson

Les modules d'élasticité élevés ont été confirmés par des essais géosismiques sur la roche en place, qui ont donné des valeurs de 500 000 à 600 000 kg/cm². Un fait plus important encore, est que les recherches géosismiques ont fait ressortir l'homogénéité de la roche sur l'ensemble de l'emplacement du barrage, à l'exception de la partie supérieure du verrou glaciaire.

La bonne qualité de la roche a, en outre, été constatée par des essais géomécaniques exécutés dans les deux galeries de reconnaissance, au moyen de cinq vérins de 200 t. Sur les huit essais avec charges allant jusqu'à 200 kg/cm², le module d'élasticité moyen a atteint 460 000 kg/cm² (dispersion 35%). Aucune relation n'a pu cependant être observée entre la direction de la charge et celle des diaclases principales. La disposition des vérins indiquée dans la figure 7 a permis également de déterminer la résistance au cisaillement de blocs de rocher et de béton de 4200 resp. 3500 cm² de section.

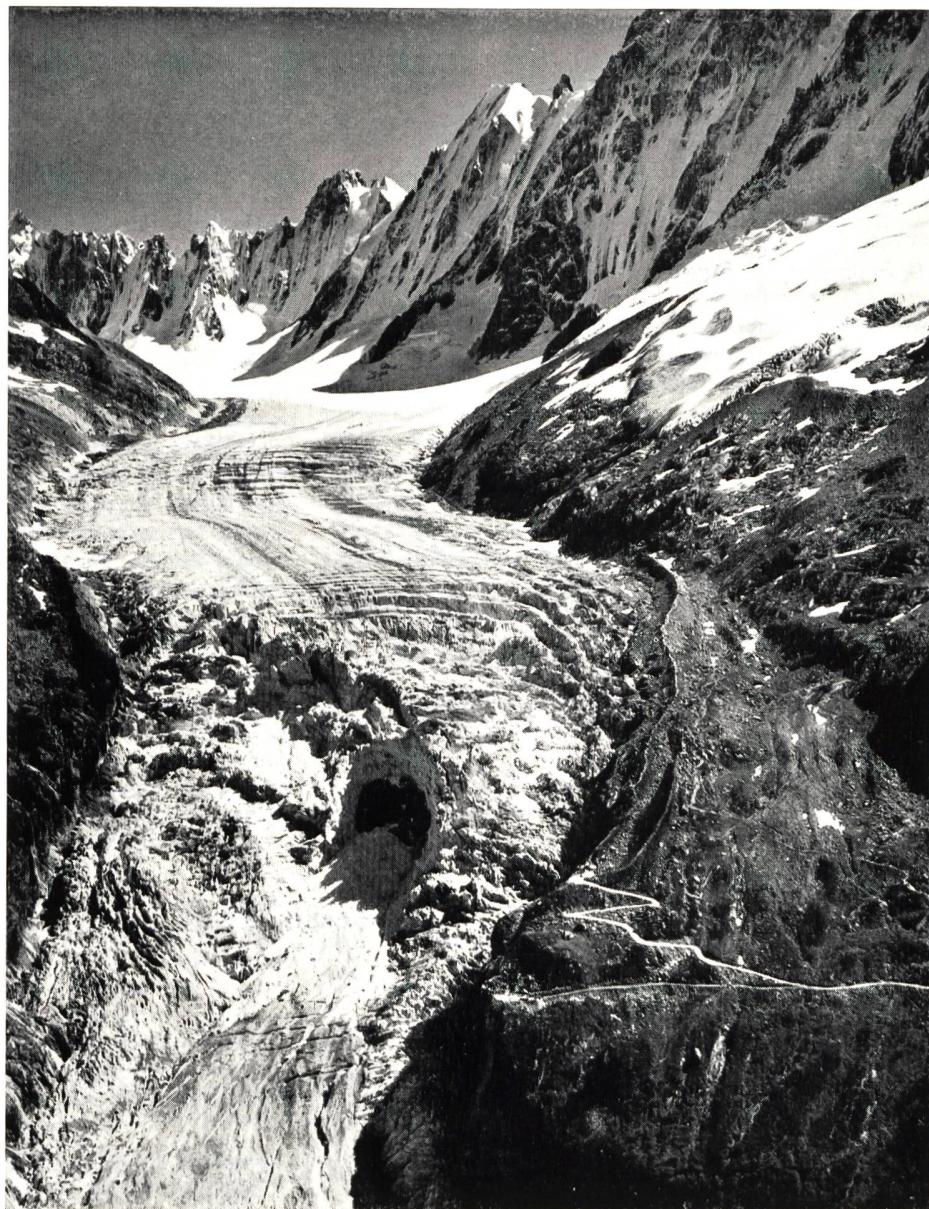
Les calculs effectués sur la base des résultats de ces essais ont prouvé que la marge de sécurité des appuis rocheux du barrage est largement suffisante. Un second contrôle de cette sécurité est actuellement en cours d'exécution par un essai sur modèle géomécanique à l'échelle 1:100, qui reproduira non seulement les qualités de la roche mais également les systèmes de diaclases principales. L'«Istituto Sperimentale Modelli e Strutture» (ISMES) à Bergame a été chargé de l'essai sur modèle, alors que les essais géomécaniques in situ ont été confiés au Laboratoire de Recherches Hydrauliques et de Mécanique des Terres de l'Ecole Polytechnique Fédérale à Zurich. Les travaux géologiques ont été exécutés par M. le Dr. R. U. Winterhalter et son collaborateur M. le Dr T. Schneider.

c) Essais de béton

Les 1 150 000 m³ de béton du barrage d'Emosson nécessiteront 1,7 mio m³ d'agrégats. 21 sondages à percussion de 400 mm de diamètre d'une longueur totale de 352 m exécutés dans le sol de la future retenue ont montré que malgré la grande profondeur des alluvions, il ne peut être retiré qu'une quantité restreinte de matériaux, étant donné qu'à partir d'une profondeur d'environ 10 m, on rencontre des matériaux trop fins. De plus, une extraction à plus grande profondeur ne serait possible qu'au prix de grandes difficultés du fait du niveau très élevé de la nappe phréatique. Outre la quantité très limitée de matériaux, les alluvions accusent un manque notoire en éléments dépassant 30 mm (tamis à trous ronds) dont le pourcentage en poids s'élève à 15% seulement. Par contre, l'influence sur les résultats d'essais de béton de la composition pétrographique des alluvions, relevée par tronçons de 5 m de profondeur dans chaque forage, s'est avérée beaucoup moins importante qu'on aurait pu le prévoir sur la base de sa forte variation.

Le manque d'agrégats naturels peut être compensé par l'adjonction de matériaux concassés en provenance, soit de l'excavation des fondations, soit d'une carrière dans les granites du Six Jeur au nord-est du barrage. La part de matériaux concassés qui peut aller naturellement jusqu'à l'utilisation exclusive de matériaux de carrière ne sera déterminée que lorsque les entreprises auront déposé les offres correspondantes. Le Laboratoire Fédéral d'Essais des Matériaux (LFEM), Dubendorf/Zurich a procédé entre-temps à plusieurs essais préliminaires de béton pour examiner les aspects techniques de la question. Par ces derniers, il a été possible de déterminer, pour les 2 proportions limites en matériaux concassés de 21 respectivement de 100 %, des relations précises entre le facteur

Fig. 9
Vue du glacier d'Argentière
et du rognon rocheux
(Photo Cl. Gaillard, Chamonix)



eau/ciment et la résistance à la compression respectivement l'étanchéité d'une part et entre la teneur en eau et la maniabilité d'autre part. Partant de la résistance demandée, telle qu'elle découle de la sollicitation de l'ouvrage et du coefficient de sécurité admis variable suivant la dispersion de la qualité du béton, on peut fixer le facteur eau/ciment correspondant. De plus, la maniabilité demandant une certaine teneur en eau, il est possible, connaissant le facteur eau/ciment, de déterminer le dosage en ciment nécessaire. On peut entreprendre des calculs analogues pour l'étanchéité, alors que la résistance au gel est, dans le cas présent, toujours garantie. Les diagrammes de la figure 8 montrent que pour un certain facteur eau/ciment, la résistance à la compression, rapportée à une résistance uniforme du ciment, augmente en proportion de la quantité de matériaux concassés, les différences granulométriques ne jouant qu'un rôle secondaire. En revanche pour une certaine maniabilité, ces dernières ont une influence fondamentale sur la quantité d'eau de gâchage qui, avec une diminution du grain maximum, augmente fortement et exige, pour une résistance (respectivement facteur eau/ciment) déterminée, un dosage en ciment considérablement plus élevé. La légère diminution constatée,

pour une maniabilité donnée, de la quantité d'eau de gâchage avec l'augmentation de la quantité de matériaux concassés peut paraître inhabituelle. Cela peut s'expliquer toutefois du fait d'une plus grande capacité d'absorption des matériaux naturels de qualité pétrographique inférieure comme le montre déjà la relation facteur eau/ciment — résistance. Les besoins moindres en eau de gâchage, qu'on pourrait attendre du fait de la forme des grains plus favorable, sont donc plus que compensés par la plus grande perte d'absorption des matériaux naturels.

d) Route d'accès au barrage

L'accès au barrage d'Emosson s'effectue par une liaison routière, actuellement en construction, partant de la route de La Forclaz dans la région de Châtelard. Cette liaison est composée de 2 tronçons. Le tronçon inférieur de 4,45 km de longueur et de 5,20 m de largeur est construit par le canton du Valais avec la participation financière de la Société d'Emosson. Il établit la liaison à la route de La Forclaz, désirée depuis longtemps par le village de Finhaut. Le tronçon supérieur de 7,24 km de longueur, dont la construction incombe à ESA, relie Finhaut au barrage. Il est constitué par une route de 4,10 m de largeur pour-

vue de nombreuses places d'évitement. Une antenne de 670 m de longueur permet d'accéder à la fenêtre de Corbes, par laquelle sera attaquée la galerie d'aménée du palier Emosson—Châtelard.

Les travaux de construction de la route d'accès au barrage ont été mis en chantier en octobre 1965 et seront achevés au cours de 1968.

2. COLLECTEURS SUPERIEURS: SUD, OUEST ET NORD

Les apports français dérivés vers la retenue d'Emosson sont collectés par trois ensembles de galeries et conduites, tous situés à une cote suffisante pour dériver les eaux par gravité.

a) Collecteur Sud

Il dérive les eaux de 44 km² de bassins versant situés sur la rive gauche de l'Arve Supérieure au-dessus de la cote 2000, entre Argentière et le Tour. Il se compose d'une galerie d'une section de 5,7 m² (diamètre 2,60) laissée brute de dérochement, sauf en radier, dans toutes les zones où la nature des terrains traversés le permet, c'est-à-dire sur les 3/4 de sa longueur. Cette galerie longue de 8 670 m est équipée pour un débit de 12 m³/s et a son origine sur la rive gauche du glacier d'Argentière à la cote 2060. Après son passage sous le glacier, elle s'oriente vers un point situé à l'est du Col de Balme où elle s'infléchit vers l'ouest, de façon à rester sensiblement parallèle à la frontière franco-suisse. Enfin, elle débouche à la cote

1993,50 au lieu dit Belle-Place, sur le versant rive droite du torrent de l'Eau-Noire, en face de la retenue d'Emosson située sur le versant opposé. Les eaux arrivant par cette galerie sont conduites vers l'usine de Châtelard-Vallorcine située 860 m plus bas, où elles peuvent être turbinées directement ou bien siphonnées dans la retenue d'Emosson en empruntant le puits blindé situé sur la rive opposée. Cette liaison du collecteur Sud avec l'usine est réalisée au moyen d'une conduite forcée de 1,50 m de diamètre placée dans un puits incliné, bloqué au rocher par du béton (voir fig. 12). La pente de ce puits incliné 50 %, ainsi que sa section, l'apparentent à la galerie d'avancement réalisée pour la conduite forcée de l'usine du Mont-Cenis, sur l'Arc, à l'amont de Modane. Il est probable que les méthodes de perforation qui ont fait leur preuve au Mont-Cenis seront utilisées pour réaliser le puits incliné et blindé du collecteur Sud. Une attaque intermédiaire située à la cote 1645 permet d'effectuer les travaux simultanément en deux points, ce qui est indispensable compte tenu de la longueur de 1890 m, pour tenir un programme raisonnable.

La plus grande partie de la galerie est située dans un excellent rocher constitué par les gneiss du Mont-Blanc et ne doit poser aucun problème d'exécution. A l'aval par contre, dans la partie parallèle à la frontière, la galerie sort du massif cristallin pour pénétrer dans une zone plus complexe composée de schistes broyés, marnes, calcaires karstiques, grès, etc. ... Le contact est précédé d'une zone de gneiss broyé et disloqué, puis d'une double bande de Trias. Ce sont les seuls points délicats de cette galerie.

Prise d'eau-type

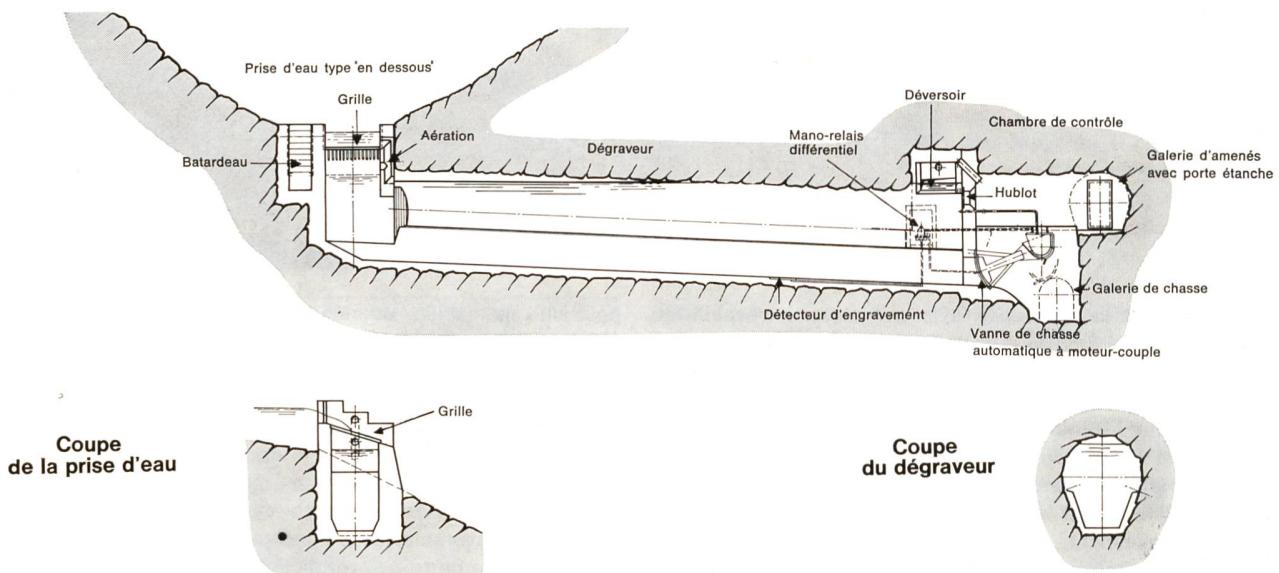


Fig. 10 Prise d'eau-type avec dégraveur

Profils - types des adductions

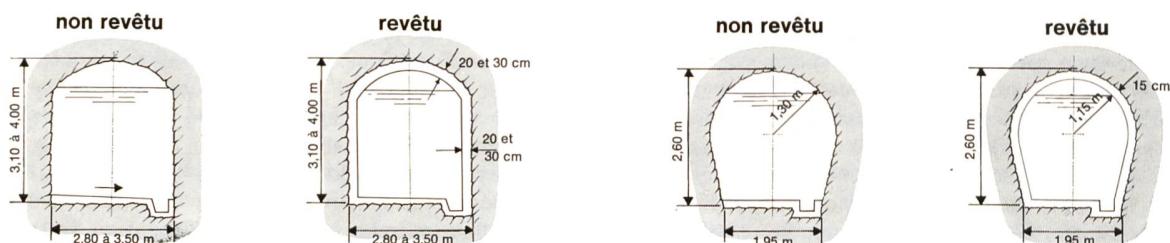


Fig. 11 Profils-types des adductions

Fort heureusement, la faible couverture, de l'ordre de 200 m, ne permet pas de rencontrer d'eau à très forte pression. Quant au puits blindé, il traverse des couches géologiques variées allant de haut en bas des schistes et grès du Houiller et du Permien au gneiss des Aiguilles Rouges. Les reconnaissances effectuées au sommet et au milieu du puits blindé ont rencontré un terrain moyen, de bonne tenue, où la perforation s'est effectuée sans histoire.

Dans sa partie amont, la galerie est précédée d'une conduite de diamètre croissant de 50 à 80 cm qui collecte au moyen de petites prises sommaires tous les petits torrents qui dévalent à l'aval des différents bras du glacier de Lognan.

L'originalité du collecteur Sud réside dans les adductions d'Argentière et du Tour. En effet, à la cote où est calée la galerie, la prise d'Argentière est située sous le glacier à l'amont du rognon rocheux émergeant de l'importante chute de séracs coupant la langue terminale du glacier en deux parties bien distinctes (voir fig. 9).

Les reconnaissances en cours sous le glacier, par galerie au rocher et sondages vers le haut, doivent permettre de déterminer la topographie sommaire du lit rocheux et de situer le ou les torrents sous-glaciaires. Des sondages effectués à l'amont de la zone de séracs à travers la glace ont permis de tracer un profil en travers et mis en évidence un surcreusement du lit du glacier à l'amont de l'accident marqué par le rognon. Le principe du captage est de dériver dans une galerie à forte pente la totalité des eaux circulant sous le glacier et de créer ainsi un véritable torrent artificiel qui est capté ensuite au voisinage du débouché de cette galerie. Les eaux dérivées sont ensuite décantées dans deux dégraveurs en parallèle, puis conduites vers la galerie d'aménée. La courte galerie qui fait suite au captage est de section plus grande, de façon à se maintenir certainement à écoulement libre quels que soient le débit et la charge du tronçon amont. De cette façon, on évite une mise en charge intempestive des ouvrages de dégravage et d'accès, ce qui assure la sécurité du personnel qui devra y travailler.

Au Tour, la zone de captage est située au-dessous du front du glacier, mais est exposée presque partout à d'importantes chutes de séracs. Comme à Argentière, les six principaux émissaires du glacier sont captés le plus souvent sans ouvrage de prise, et dérivés dans une galerie de collecte faisant le tour du cirque fermant la vallée sous le glacier. C'est également sur ce torrent artificiel que seront installés les ouvrages de prise et de décantation. Tous ces ouvrages sont situés dans un excellent rocher cristallin.

L'entonnement des eaux dans le puits blindé est réalisé au moyen d'un siphon à dépression maximum. Ce dispositif permet la mise en charge du puits blindé sous une pression atmosphérique pouvant atteindre dans certains cas une valeur presque nulle. En effet, le niveau de mise en charge du puits varie selon les apports (pertes de charge) et le niveau de la retenue. Il en résulte une chute à écoulement libre pouvant dans le cas le plus défavorable atteindre une dénivellation voisine de 200 m. Sans précaution particulière cette chute entraînerait de très importants volumes d'air dans les conduites et les turbines amenant coups de bâlier et pertes de charge importantes. L'écoulement sous vide élimine ces inconvénients. Le dispositif est complété par un puits anti-bâlier et une vanne de tête permet de mettre hors d'eau le siphon et le puits. Dans ce cas les eaux déversent au Tour où un ouvrage est prévu à cet effet. Le coup de bâlier pouvant

résulter de cette manœuvre est amorti par une cheminée d'équilibre composée d'un puits de 2 m de diamètre surmonté d'une chambre d'expansion.

b) Collecteur Ouest

Il draine les bassins versants supérieurs de la rive gauche de l'Eau de Bérard (B. V. 12,7 km²) et amène les eaux dérivées directement dans la retenue d'Emosson. Il comporte une galerie de 7900 m environ de longueur, section 5,7 m², en principe laissée brute de dérochement sauf en radier. A l'amont, cette galerie se prolonge par une conduite de 60 cm de diamètre, longue de 900 m qui fait le tour du cirque du fond de vallée de l'Eau du Bérard, captant au passage tous les petits ruisseaux traversés, au moyen de prises sommaires. Cette galerie est réalisée à partir d'une fenêtre intermédiaire située au lieu dit la Loria. Les deux attaques situées au fond de cette fenêtre sont réalisées en pente montante, pour faciliter la perforation, dans le cas, toujours possible, de venues d'eau. Une fenêtre intermédiaire est prévue au passage sous le torrent de Tré-les-Hauts. Elle servira, pendant les travaux à évacuer le marinage du tronçon amont de la galerie, puis elle sera incorporée dans l'ouvrage définitif de prise d'eau comme galerie d'accès à la chambre de vanne.

Toute la galerie se trouve dans le massif cristallin des Aiguilles-Rouges. Son perçage ne devrait pas poser de problèmes géologiques.

Au débouché de la galerie côté Emosson, il est prévu un ouvrage de mesures des apports du collecteur Ouest.

c) Collecteur Nord

Il amène directement dans la retenue les eaux des glaciers du Prazon et du Ruand français (B. V. 3 km²) par une galerie longue de 2,6 km et de section 5,7 m².

d) Ouvrages de captage

Tous les ouvrages de captage des eaux sont équipés d'un système de détection des apports solides avec commande automatique de la vanne de chasse. Ce système à fonctionnement entièrement hydraulique ne nécessite aucune source d'énergie annexe (voir fig. 10).

3. COLLECTEUR EST ET CHUTE LES ESSERTS— LE CHATELARD

a) Collecteur Est

Ce collecteur situé sur territoire suisse, de 18,29 km de longueur, est calé à l'altitude 1550 environ. Il capte à La Fouly à la cote 1574 les apports du Val Ferret supérieur et draine sur son parcours les eaux des torrents de Treutse-Bo, Planereuse, Saleina, Trient et Nant-Noir. Un collecteur secondaire de section minimum de 7,30 km de longueur débouche près de la prise de Trient et amène dans le collecteur principal les eaux des torrents de Jure et d'Arpette. Le collecteur principal aboutit au lieu dit Les Esserts au-dessus du Châtelard à la cote 1516, où est prévu un bassin de compensation.

La galerie principale à écoulement libre a une pente longitudinale variant de 2,3 à 3,3% et une section d'excavation en bon rocher passant de 8,30 m² dans la partie supérieure à 13,10 m² dans la région des Esserts. La galerie avec piédroits verticaux (voir fig. 11) pourra évacuer un débit maximum de 22,8 m³/s. Si les conditions géologiques favorables attendues sont remplies, la galerie pourra être, à part le radier et la cunette, laissée libre de revêtement sur une très grande partie de sa longueur. Presque partout, la galerie principale

peut être attaquée par des fenêtres. Seul le tronçon reliant les prises d'eau de Trient et de Saleina, d'une longueur de plus de 8 km, devra être exécuté sans le secours d'une attaque intermédiaire. A ce sujet, il y aurait lieu de remarquer que le tracé initial du collecteur Est ne prévoyait pas de collecteur secondaire. La galerie principale reliait directement le Val de Saleina et le Val d'Arpette. Des reconnaissances par sismique-réfraction exécutées dans le Val d'Arpette en 1962, au droit du passage de la galerie, suivies en 1963 de l'exécution de sondages mécaniques ont décelé un cañon rempli d'alluvions que le collecteur aurait dû traverser. Un sondage poussé à une profondeur de 88 m jusqu'au-dessous du niveau de la galerie n'a pas rencontré le bedrock mais a révélé la présence d'une nappe phréatique de 40 m de pression qui aurait occasionné des difficultés d'exécution considérables et des frais de construction élevés. Le tracé envisagé initialement a donc été abandonné et remplacé par la solution actuelle.

Le collecteur secondaire est également à écoulement libre et accuse en pente longitudinale de 3,0 et 3,3‰. Sa section d'excavation est minimum et s'élève en bon rocher à 6,0 m². Cette galerie pourra, avec les pentes prévues, évacuer un débit maximum de 7,7 m³/s. Comme pour la galerie principale, l'on pourra probablement, sur une grande longueur, se borner à l'exécution du radier et de la cunette. Le collecteur secondaire d'Arpette-Jure est disposé de façon à permettre sa construction tout à fait indépendamment du collecteur principal.

Immédiatement avant son embouchure dans le bassin de compensation des Esserts, le collecteur Est peut être obturé par une vanne plane à fermeture automatique placée dans une chambre. Ce dispositif permet donc d'isoler en cas de nécessité la galerie du bassin. Un canal ouvert en béton armé d'une cinquantaine de mètres de longueur relie la chambre de la vanne et le bassin de compensation.

La mesure des apports dérivés du collecteur Est s'effectue à Trient où des stations limnigraphiques enregistrent séparément les apports provenant du Val Ferret, du collecteur secondaire d'Arpette-Jure et de la prise d'eau de Trient.

Au point de vue géologique, le collecteur Est traverse depuis la Fouly jusqu'à son débouché au-dessus du Châtelard les formations géologiques suivantes: dans le Val Ferret, la nappe de Morcles, les roches cristallines du massif du Mont-Blanc — principalement le faciès bor-

dier aplique —, le granite du Mont-Blanc lui-même et enfin les roches cristallines au bord NO du même massif; entre le vallon du Nant-Noir et la pointe du Van, le synclinal complexe mésozoïque de Chamonix-Martigny et pour finir dans la région des Esserts, la zone permo-carbonifère de Châtelard-Salvan. La galerie collectrice depuis la Fouly jusqu'en aval de la prise d'eau de Trient ainsi que le collecteur secondaire se trouvent dans des roches cristallines probablement de très bonne tenue, ce qui permettra comme nous l'avons déjà fait remarquer précédemment, de laisser les galeries sans revêtement sur de grandes longueurs. Entre les vallées de Saleina et de Trient, du fait du recouvrement rocheux atteignant par endroit 1550 m, des phénomènes d'exfoliation seront possibles, nécessitant des travaux de clavage. Les venues d'eau seront probablement faibles et limitées aux failles. Entre le vallon du Nant-Noir et le bassin de compensation des Esserts, la galerie traverse par contre des roches de beaucoup moins bonne qualité constituées de Trias, Lias, Jurassique et Tertiaire pouvant occasionner, suivant leur teneur en eau, des difficultés de construction plus ou moins considérables. La présence éventuelle de venues d'eau séléniteuse pourra nécessiter l'utilisation, pour le revêtement de la galerie, de ciment sursulfaté. Le tronçon de collecteur mentionné précédemment devra vraisemblablement être revêtu sur la plus grande partie de sa longueur.

b) Prises d'eau

Les prises d'eau principales du collecteur Est, au nombre de 8, sont équipées pour un débit fixé à 1,8 fois la moyenne des apports des 5 mois d'été, c'est-à-dire de mai à septembre. Les caractéristiques des prises sont indiquées dans le tableau 2 ci-dessous.

La prise principale du collecteur Est est celle située à la Fouly sur la Drance de Ferret. Un mur-barrage en béton d'une quinzaine de mètres de hauteur fondé sur les alluvions — des sondages de reconnaissance exécutés en 1965 n'ayant en effet pas trouvé le rocher à proximité — crée une retenue d'environ 40 000 m³ de capacité totale. Le barrage possède à sa base une vidange de fond permettant de purger la retenue et une vanne-clapet. Le mur est prolongé vers le bas et sur les côtés par un rideau d'injections. La prise d'eau du type «latéral» est équipée pour un débit de 10 m³/s. Un desableur à deux chambres parallèles de 5,5 m de largeur chacune et 60 m de longueur est équipé d'un sys-

TABLEAU 2

Prises d'eau	Cote de prise m. s. m.	Bassins versants km ²	Glacia-tion %	Débits d'équipement du collecteur		
				des prises m ³ /s	second. m ³ /s	principal m ³ /s
La Fouly	1574	49,1	12,7	10,0		10,0
Treutse-Bo	1625	2,5	22,0	0,5		10,5
Planereuse	1570	3,0	24,8	0,7		11,2
Saleina	1572	20,3	55,7	5,0		16,2
Arpette	1560	11,4	—	1,5	1,5	
Jure	1570	5,6	—	0,6	2,1	
Trient	1545	18,3	8,9	4,0		22,3
Nant-Noir	1570	2,8	—	0,5		
Prises secondaires aux Esserts	—	2,2		0,5		22,8
Total	—	115,2	24,7	—	3,6	22,8

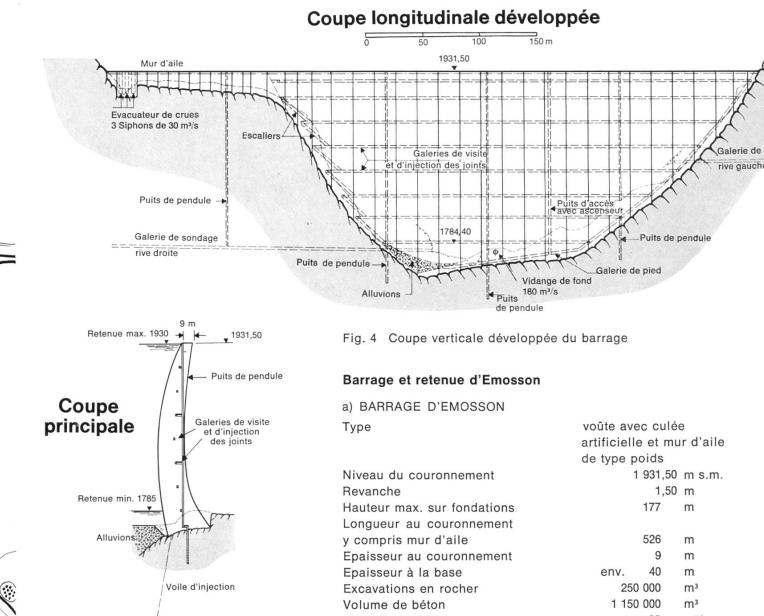
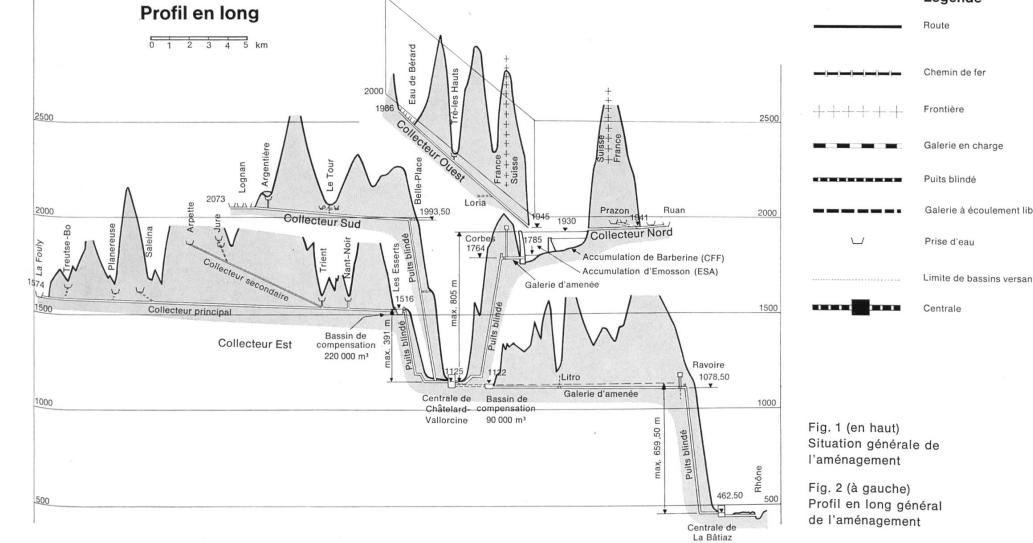
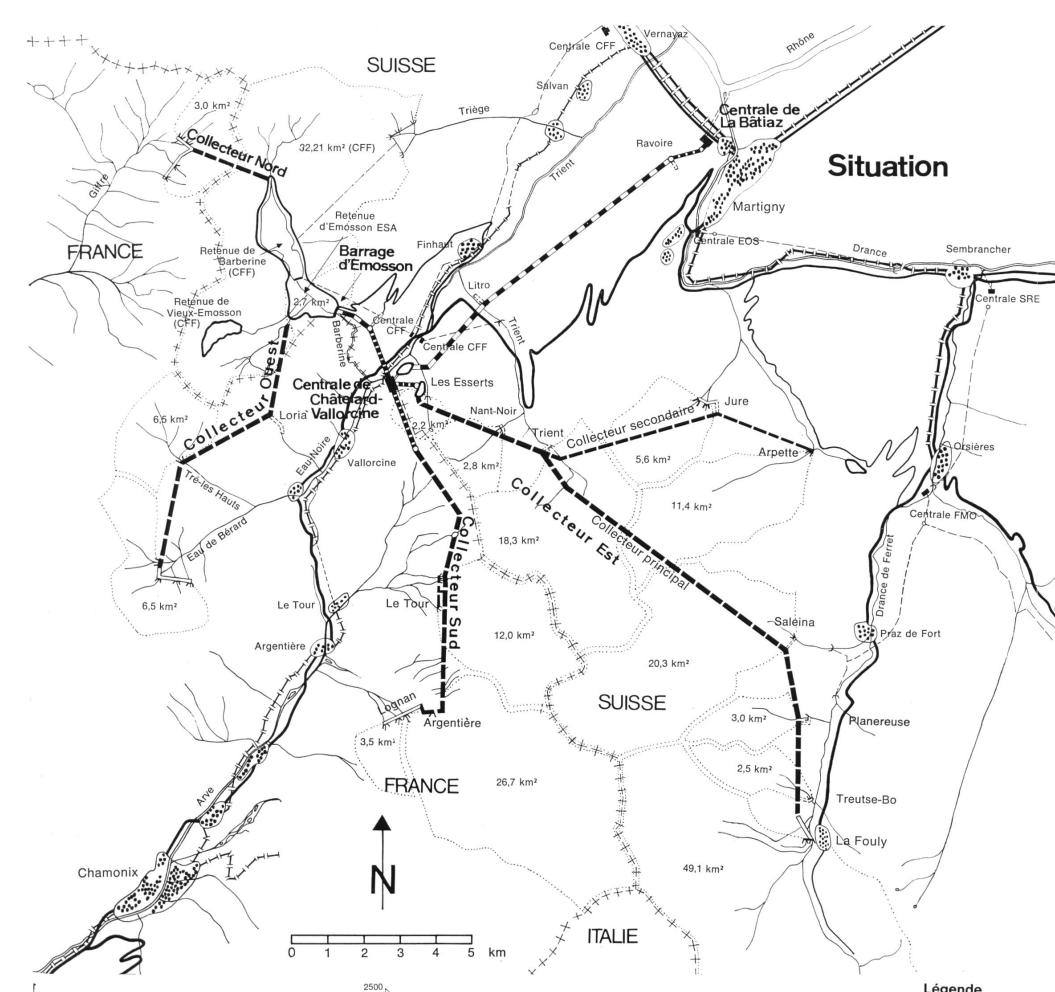


Fig. 4 Coupe verticale développée du barrage

Coupe principale  **Barrage et retenue d'Emosson**

a) BARRAGE D'EMOSSON

Type

a) BARRAGE D'EMOSSON	voûte avec culée
Type	artificielle et mur d'air
	de type poids
Niveau du couronnement	1 931,50 m s.m.n.m.
Revanche	1,50 m
Hauteur max. sur fondations	177 m
Longueur au couronnement	
y compris mur d'aile	526 m
Epaisseur au couronnement	9 m
Epaisseur à la base	env. 40 m
Excavations en rocher	250 000 m ³
Volume de béton	1 150 000 m ³
Evacuateur de crues	90 m ³ /s
Vérande de fond	180 m ² /s

11. RETENUE BIOMASS

1 930,00	m s.m.
1 785,00	m s.m.
225	mio m ²
env. 170	mio m ²
env. 55	mio m ²
	3,27 km ²

Fig. 6 Situation du barrage

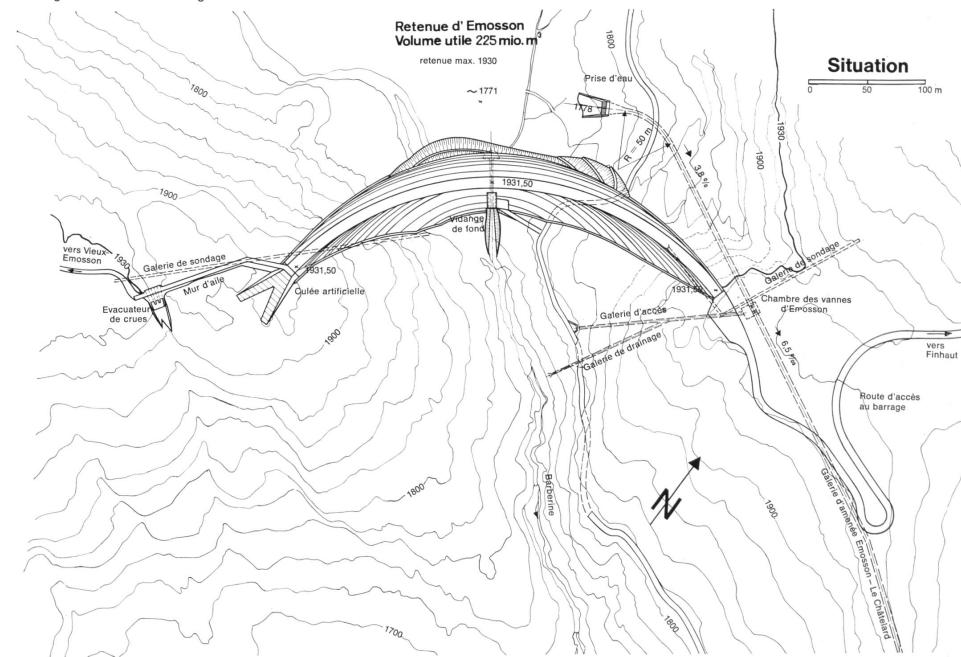


Fig. 1 (en haut)
Situation générale
l'aménagement

Fig. 2 (à gauche)
Profil en long gé-
néral de l'aménagement

Chute Emosson – Le Châtelard et Les Esserts - Le Châtelard

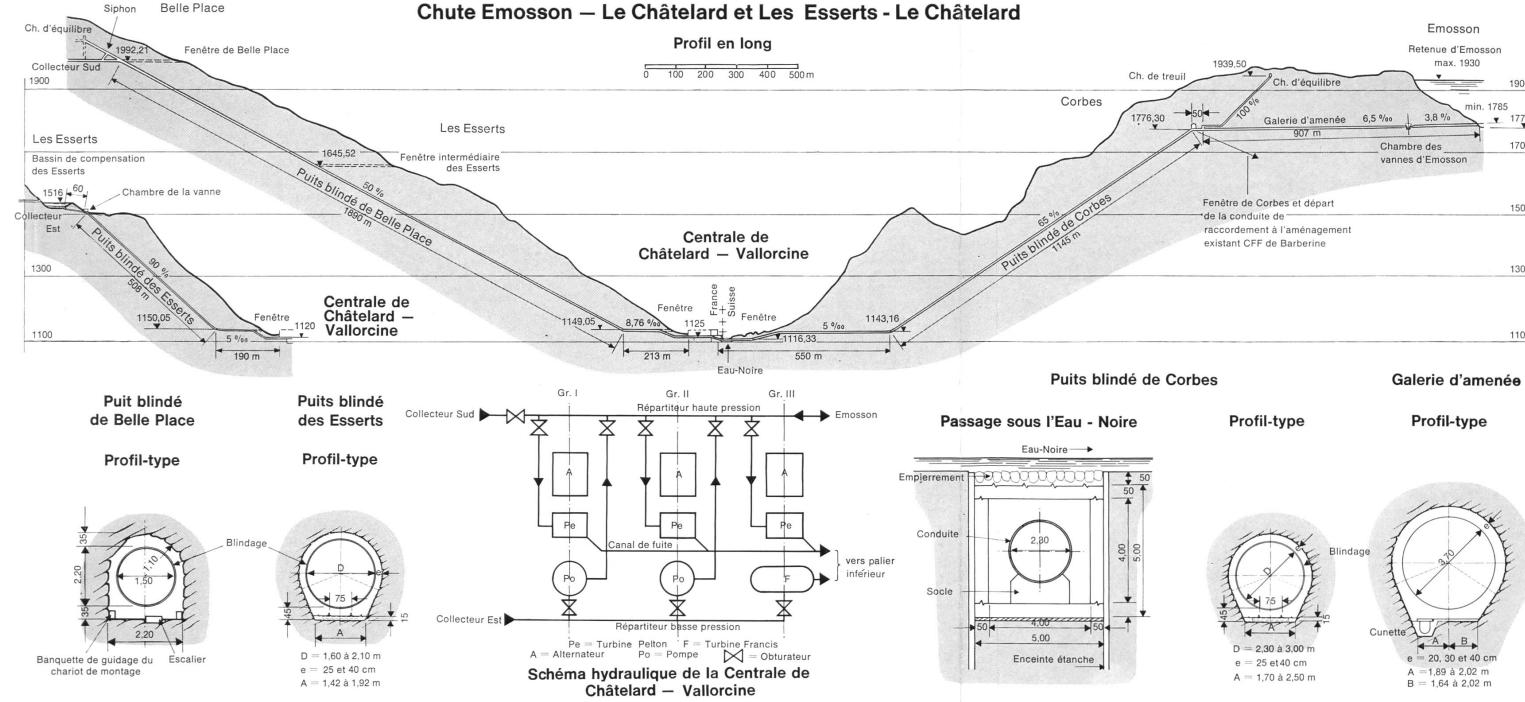
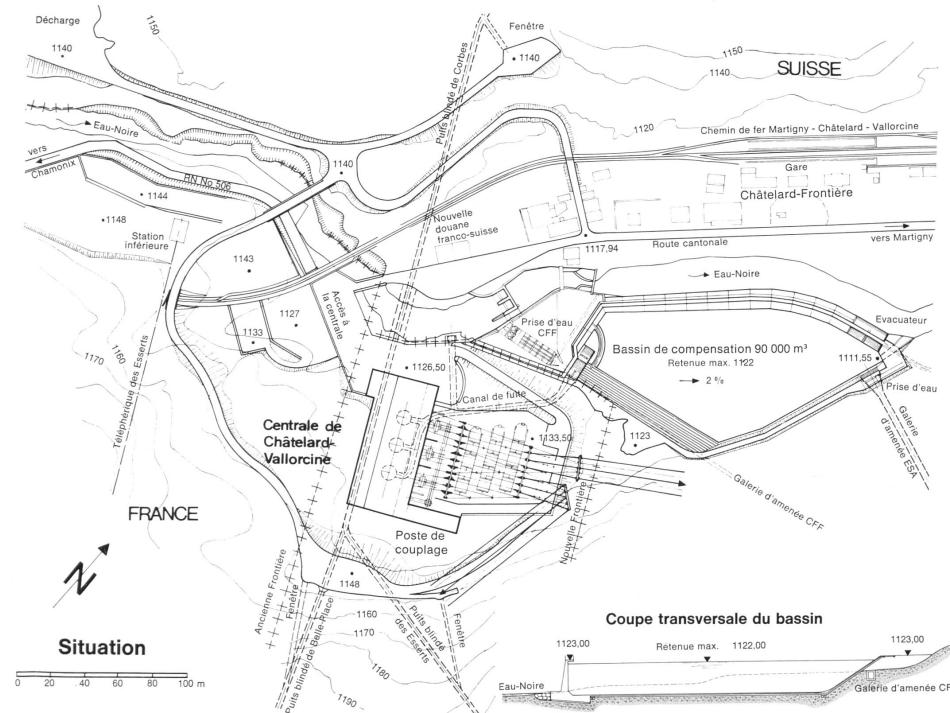


Fig. 13 Situation générale des ouvrages au Châtelard



tème de purge automatique type «Bieri». Un canal à flanc de coteau fermé en béton armé de 400 m de longueur et de 2‰ de pente conduit les eaux à la galerie principale. Juste avant l'entrée en galerie, une prise secondaire capte les débits résiduels du torrent de l'Amône. Pour éviter de devoir construire des prises importantes sur les Reuses de l'Amône et de l'A Neuve, il est prévu de creuser, à la cote 1700 environ, un sillon transversal ramenant dans un des torrents se jetant dans la Drance de Ferret en amont de la prise de la Fouly les eaux de ces deux cours d'eau.

Les autres prises d'eau du collecteur Est sont du type «en-dessous». Elles seront munies de dégraveurs ou de dessableurs, équipés de systèmes de détection des apports solides avec commande automatique de la vanne de purge; systèmes qui ont fait leurs preuves dans les aménagements hydro-électriques de haute-montagne d'Electricité de France. La disposition de principe d'une de ces prises avec dégraveur est représentée sur la figure 10.

c) Chute Les Esserts—Le Châtelard

En tête de la chute Les Esserts-Le Châtelard (voir fig. 12), nous trouvons un bassin de compensation régularisant les apports variables du collecteur Est. Cet ouvrage situé sur le plateau des Esserts au-dessus du Châtelard crée entre les cotes 1504 et 1516 une retenue de 220 000 m³ de capacité utile. Il s'agit d'un bassin artificiel avec revêtement bitumineux posé sur couche drainante. Un système de drains placé sous le radier empêche des sous-pressions de s'exercer sur le revêtement. Comme ouvrages annexes sont prévus, un ouvrage amortisseur à l'entrée du bassin, un évacuateur de crue dimensionné pour un débit de 25 m³/s, une vidange de fond ainsi qu'un système d'hydrantes pour le nettoyage du bassin. Deux petites prises captent les apports du torrent du Pécheux et de l'un de ses affluents.

Un puits blindé incliné à 90 % et d'environ 770 m de longueur totale conduit les eaux du collecteur Est à la centrale de Châtelard-Vallorcine, où elles peuvent être soit refoulées par pompage dans la retenue d'Emosson soit turbinées directement sur la chute brute moyenne de 380 m disponible entre Les Esserts et Le Châtelard. Le diamètre du puits varie de 2,20 m à sa partie supérieure à 2,00 m à son pied. Une chambre avec vanne-papillon de 2,20 m de diamètre et treuil de révision du puits est placée en tête de l'ouvrage.

Le puits blindé des Esserts traverse tout d'abord les roches de la zone permo-carbonifère de Châtelard-Salvan et dans sa partie inférieure les schistes cristallins du massif des Aiguilles-Rouges. Toutes ces roches sont de tenue moyenne et ne devraient pas occasionner des difficultés de construction extraordinaires. Des reconnaissances géosismiques et une campagne de sondages ont éclairci les conditions géologiques dans la région du bassin de compensation des Esserts.

4. CHUTE EMOSSON—LE CHATELARD

a) Galerie d'aménée et chambre d'équilibre

La prise d'eau sous-lacustre du palier supérieur de l'aménagement d'Emosson se trouve sur la rive gauche de la retenue. Elle est du type classique avec grille et trompe de raccordement entre la section rectangulaire d'entrée

et la section circulaire de la galerie. Le seuil de prise est à la cote 1778,00 m soit 7 m plus bas que le niveau de retenue minimum 1785 m. La prise ainsi que la galerie d'aménée sont équipées pour un débit de 37 m³/s composé de 29 m³/s pour ESA et d'un débit de 8 m³/s pour les CFF.

225 m en aval de la prise se trouve une chambre des vannes renfermant deux vannes-papillon en série de 3 m de diamètre, précédées et suivies d'une zone blindée de 28 m de longueur totale. L'accès à la chambre des vannes a lieu depuis la route existante conduisant au barrage de Barberine au moyen d'un puits incliné et d'une galerie horizontale. Une courte galerie en prolongation du tunnel d'accès permet de conduire à l'extérieur, par gravité, les eaux d'infiltration éventuelles.

La galerie d'aménée en charge (voir fig. 12) de 3,70 m de diamètre a une longueur de 907 m entre la prise d'eau et la chambre d'équilibre. La pente longitudinale de 3,8 % entre l'entrée et la chambre des vannes est réduite ensuite à 6,5 %.

La chambre d'équilibre du type «à deux épanouissements» est constituée d'une chambre inférieure de 4,0 m de diamètre et de 62,5 m de longueur, d'un puits incliné à 45° de 2,5 m de diamètre et de 235 m de longueur et d'une chambre supérieure d'environ 130 m² de superficie. L'épanouissement supérieur est pourvu d'un déversoir pour l'évacuation des apports du collecteur Sud en cas de fermeture prolongée des vannes d'Emosson.

b) Puits blindé et fenêtre de Corbes

La partie blindée du puits commence à la chambre d'équilibre 34 m en aval de celle-ci est implanté une chambre contenant le point de départ de la conduite de raccordement à l'aménagement CFF existant de Barberine ainsi que le treuil de révision du puits blindé incliné. En raison de la faible longueur de la galerie d'aménée, il n'a été prévu de vanne ni pour le puits blindé ESA ni pour la conduite de raccordement CFF. De simples viroles amovibles pour le montage de fonds pleins permettront en cas de nécessité, et ceci au prix d'une interruption d'exploitation de relativement courte durée, d'isoler les conduites l'une de l'autre. On accède à la chambre du treuil ainsi qu'à la galerie d'aménée et à la chambre d'équilibre par une fenêtre de 533 m de longueur englobant la conduite de raccordement CFF de 1,40 m de diamètre. Cette conduite bifurque peu avant d'arriver au portail de la fenêtre pour se raccorder aux deux conduites forcées existantes de l'aménagement CFF de Barberine. Une chambre des vannes abrite les robinets de garde des conduites forcées constitués par deux vannes-papillon en série de 1,10 m de diamètre.

Lors de la mise en exploitation de l'aménagement d'Emosson certains ouvrages existants de l'aménagement actuel de Barberine seront court-circuités et mis hors-service, en particulier: la prise d'eau, la galerie d'aménée, la chambre d'équilibre ainsi que le tronçon supérieur des conduites forcées. L'aménée des eaux à l'usine CFF du Châtelard aura lieu par l'intermédiaire de la galerie en charge d'ESA et de la conduite de raccordement.

Le puits blindé de Corbes comprend 2 parties inclinées à 65 et à 25 % de 1145 et de 100 m de longueur avec un diamètre variant de 2,60 m à 2,40 m et des parties horizontales de 2,30 m de diamètre d'une longueur totale d'environ 450 m. Le puits blindé de Corbes croise l'Eau-Noire au Châtelard en siphon (voir fig. 12).

Tous les ouvrages d'amenée d'eau du palier supérieur de l'aménagement d'Emosson se trouvent dans les roches du massif des Aiguilles-Rouges. On rencontre tout d'abord, en partant d'Emosson, des cornéennes plus ou moins feldspathiques sur lesquelles sera fondé le barrage. La galerie d'amenée en charge traverse ensuite le granite de Vallorcine dans lequel se trouve également tout le tronçon incliné du puits blindé. La partie inférieure horizontale du puits traverse en premier lieu des granites métamorphisés et assez fortement mylonitisés mais ne contenant qu'exceptionnellement des couches argileuses et enfin près du Châtelard une zone imbriquée de gneiss et de carbonifère mylonitisé. Ces roches étant de bonne qualité ne devraient pas occasionner des difficultés d'exécution.

c) Centrale de Châtelard-Vallorcine

La centrale est située, sur la rive droite du torrent de l'Eau-Noire, à la limite modifiée de la commune de Vallorcine sur territoire français, près du village suisse de Châtelard-Frontière. Elle est implantée à la cote 1126,50 à proximité de la prise d'eau des CFF (voir figures 13 et 14). L'accès à la centrale est facilité par la proximité immédiate de la Route Nationale No 506 qui assure la liaison France—Suisse entre la vallée de l'Arve et la vallée du Rhône par le col de la Forclaz. L'entrée à la centrale se situe au niveau du poste de douane française. La centrale est du type semi-enterré. L'orientation de son axe longitudinal, pratiquement imposée par celle des puits blindés de Corbes et de Belle-Place est sensiblement Sud-Est—Nord-Ouest. Les départs des lignes d'évacuation de l'énergie sont dirigés dans le sens de la vallée de l'Eau-Noire.

En 1963, on a effectué une campagne de sondages à l'emplacement réservé à la centrale de Châtelard-Vallorcine. Les 17 forages de 8 à 35 m de profondeur ont montré que le bâtiment de l'usine peut être fondé sur un rocher de très bonne qualité.

La centrale de Châtelard-Vallorcine est alimentée: d'une part, sous une chute de 750 mètres par la retenue d'Emosson qui recueille directement les eaux des collecteurs Ouest et Nord et, par transvasement, celles du collecteur Sud connecté dans la centrale même, au puits blindé de Corbes, de sorte que les eaux de ce collecteur sont, soit turbinées dans la centrale, soit siphonées dans la retenue et d'autre part, par le bassin des Esserts qui recueille les eaux du collecteur Est. Les eaux d'Emosson sont amenées à la centrale par un puits blindé capable de débiter 29 m³/s et celles du collecteur Sud par une conduite débitant 12 m³/s. Les eaux du bassin des Esserts, amenées à la centrale par un puits blindé capable de débiter 22 m³/s sont, en majeure partie, refoulées par pompage dans la retenue d'Emosson, les apports excédentaires étant directement turbinés à la centrale, sous la chute de 380 m. La centrale de Châtelard-Vallorcine doit donc:

assurer l'alimentation du palier inférieur Le Châtelard—La Bâthiaz en turbinant soit les eaux d'Emosson et du collecteur Sud soit, à la fois, celles-ci et les eaux du bassin des Esserts;

refouler les eaux du bassin des Esserts dans la retenue d'Emosson ou les turbiner; le débit de pompage est fixé à 18 m³/s — celui du turbinage à 15 m³/s;

réaliser le transvasement des eaux du collecteur Sud dans la retenue d'Emosson.

Le schéma hydraulique définit les principes de fonctionnement de la centrale: (voir fig. 12)

turbinage sous 750 m de chute;

turbinage sous 380 m de chute;

transit des eaux par pompage du bassin des Esserts dans la retenue d'Emosson.

La centrale, équipée pour réaliser ces trois fonctionnements possibles, comprend trois groupes ternaires à axe vertical tournant à 600 t/min et comportant chacun (voir fig. 14):

- un alternateur de 70 000 kVA — $\cos \varphi = 0,9$
auto-ventilé en circuit fermé — tension nominale entre phases 10,3 kV
- une turbine Pelton à 5 jets — de 64 000 kW — qui absorbe 9,67 m³/s sous la chute nette de 750 m

En outre, deux groupes comportent également:

- une pompe centrifuge de 40 000 kW — une entrée, 3 étages, capable de refouler sous 390 m de hauteur manométrique un débit de 9 m³/s,

et le troisième groupe comprend:

- une turbine Francis de 51 000 kW qui absorbe 15 m³/s sous 380 m de chute nette.

Chaque turbine Pelton est toujours accouplée à son alternateur. Les deux pompes et la turbine Francis sont placées au-dessous des fosses de restitution des turbines Pelton. Leurs arbres sont rendus solidaires des arbres des groupes turbine-alternateur par des accouplements à engrenages, embrayables et débrayables à l'arrêt. Une vanne sphérique à double étanchéité protège chaque turbine et chaque pompe côté aspiration et côté refoulement, par rapport aux répartiteurs. Une vanne sphérique à double étanchéité, placée sur le répartiteur haute pression, peut isoler le collecteur Sud par rapport au puits blindé d'Emosson, permettant une intervention sur l'une ou l'autre de ces conduites, sans provoquer l'arrêt de la centrale. Les eaux turbinées peuvent être restituées, en priorité, dans le bassin de compensation qui alimente l'usine de La Bâthiaz, et exceptionnellement, dans la prise d'eau des CFF si une intervention s'avérait nécessaire sur le palier inférieur. Chaque alternateur est accouplé à un transformateur triphasé de 70 000 kVA du type extérieur, à refroidissement par circulation de l'huile dans les batteries d'échangeurs à ventilation forcée. Le transformateur élève la tension à 220 kV.

Le poste de transformation, placé sur une plateforme à + 7,00 m — côté suisse — est disposé en phases mixtes à travées décalées. Il se compose de trois travées «Arrivée», une travée «Couplage» et deux travées «Départ». L'énergie est évacuée sur la France et sur la Suisse en 220 kV.

Les auxiliaires de la centrale sont alimentés:

soit à partir du groupe auxiliaire hydraulique composé d'une turbine Pelton et d'un alternateur soutirant 800 kW environ sur la haute chute;

soit à partir du réseau moyenne tension qui a été réalisé pour fournir l'énergie aux chantiers à partir de la Suisse.

Des pompes de réfrigération prélevent l'eau nécessaire au fonctionnement des groupes dans le canal de fuite et l'élèvent dans un réservoir construit dans la galerie percée pour l'exécution du puits blindé des Esserts. L'alimentation des groupes est réalisée à partir de ce réservoir.

La salle des machines est desservie par deux ponts-roulants capables de manutentionner chacun, par leur crochet principal, une charge de 80 tonnes et, par leur crochet auxiliaire, une charge de 10 tonnes. La salle des robinets possède un pont-roulant de 60 tonnes. Les transformateurs peuvent entrer dans la salle des machines en bout du bâtiment de commande, au niveau + 7,00 après démontage de leurs bornes haute tension déposées par un monorail de 2 tonnes, et après avoir subi une rotation de 90° leur permettant de se présenter suivant leur largeur.

La centrale de Châtelard-Vallorcine est télécommandée depuis celle de la Bâthiaz.

Le bâtiment de la centrale comprend essentiellement la salle des machines et, de part et d'autre de cette salle, la chambre des robinets et le bâtiment de commande.

La salle des machines occupe six étages et comporte deux plages de 300 m² de surface d'utilisation: l'une, située côté nord-ouest — au niveau ± 0,00 — destinée à l'accès, au déchargeement des charges importantes et au décuvage éventuel des transformateurs; l'autre, côté opposé — située au niveau + 7,00 prévue pour le montage des machines; cette plage communique avec le poste extérieur par une porte dont les dimensions sont légèrement supérieures à celles des transformateurs démunis de leurs bornes haute tension, se présentant suivant leur largeur. Tous les étages de la salle des machines sont accessibles aux deux crochets des ponts-roulants par les deux trappes prévues pour la manutention des pompes et de la roue de la turbine Francis. Deux escaliers permettent au personnel d'accéder à tous les étages de la salle des machines.

La chambre des robinets contient les répartiteurs haute et basse chute, les huit robinets des turbines et des pompes et le robinet de liaison entre le collecteur Sud et le puits blindé d'Emosson, le groupe auxiliaire hydraulique, la station de pompage des eaux de réfrigération. Elle comporte trois étages entre les niveaux — 8,00 et ± 0,00. Un évacuateur de sécurité peut conduire vers le torrent de l'Eau-Noire les eaux qui proviendraient d'une rupture éventuelle des répartiteurs ou des robinets. La chambre des robinets contient également les trappes de sortie des roues des turbines Pelton.

Le bâtiment de commande s'élève du niveau — 3,00 au niveau + 14,00 et comporte:

Au niveau — 3,00:

une salle de répartition des câbles.

Au niveau ± 0,00:

la salle des auxiliaires courant continu et courant alternatif, la salle des accumulateurs et l'infirmerie. Il est possible d'accéder, depuis la salle des auxiliaires, à la station produisant l'air comprimé pour les disjoncteurs 220 kV.

Au niveau + 3,20:

la salle des auxiliaires propres au fonctionnement des groupes, les jeux de barres 10,3 kV de liaison entre les alternateurs et les transformateurs.

Au niveau + 7,00:

la salle des relais et des locaux annexes, atelier d'électriciens, magasin, etc.

Au niveau + 10,50:

la salle de commande, la salle de conférence et des bureaux.

Au niveau + 14,00:

des bureaux, un appartement, deux magasins.

Tous les étages du bâtiment de commande sont desservis par deux ascenseurs placés à chaque extrémité; celui, côté Sud-Est, descend à l'étage — 14,00 et facilite ainsi l'accès depuis l'atelier du personnel appelé à travailler au point bas de la centrale. En plus du bâtiment principal de la centrale, un atelier, un magasin et des garages sont installés au niveau + 7,00 m en bout de l'usine, suivant un axe perpendiculaire à l'axe longitudinal des groupes.

5. CHUTE LE CHATELARD — LA BATIAZ

a) Bassin de compensation du Châtelard

Ce bassin d'une capacité utile d'environ 90 000 m³ recueille les eaux turbinées dans la centrale de Châtelard-Vallorcine (voir fig. 13). Il est situé sur rive droite de l'Eau-Noire près de la frontière franco-suisse. L'ouvrage comprend, côté torrent, un mur-semelle en béton armé de 10 à 15 m de hauteur. Côté montagne, le bassin est constitué en talus de 2:3 de pente ou s'appuie directement à la paroi de rocher. Le revêtement étanche en radier et talus est composé de 2 couches de béton bitumineux de 3 cm d'épaisseur chacune posées sur une couche drainante. Un système de drainage disposé sous le radier du bassin empêche les sous-pressions de s'exercer sur le revêtement. A l'extrémité aval de l'ouvrage, une chambre équipée d'appareils de mesures permet le contrôle des débits des drainages. Comme ouvrages annexes au bassin de compensation, nous trouvons en amont un bassin amortisseur pour les eaux d'entrée et en aval une vidange de fond et un déversoir d'évacuation. Les cotes de retenue max. et min. sont respectivement de 1122 et 1113 m. Le sous-sol du bassin a été prospecté en 1960 par 6 sondages de reconnaissance équipés de tubes piézométriques. Des mesures du niveau de la nappe phréatique sont effectuées régulièrement.

b) Galerie d'aménée et chambre d'équilibre

La prise d'eau dans le bassin de compensation a une section brute d'entrée d'environ 62 m². Elle est munie de grilles avec dégrilleur ainsi que de rainures de batardeaux. La faible contenance du bassin du Châtelard, ainsi que l'absence d'une prise d'eau sur l'Eau-Noire — en effet toute l'eau qui pénètre dans le bassin de compensation provient de la centrale de Châtelard-Vallorcine — nous ont incité à renoncer à l'installation d'une vanne et d'une chambre en tête de la galerie d'aménée et à nous contenter d'un batardeau d'entrée. Cette mesure conduit à une économie d'investissements sensible.

La galerie d'aménée en charge de 3,5 m de diamètre a, entre Le Châtelard et la chambre d'équilibre, une longueur de 9780,50 m. La galerie croise la vallée du Trient près de Litro où une fenêtre intermédiaire de 475 m de longueur est implantée. En 1963, on a procédé, au point de croisement, à l'exécution de 3 sondages de reconnaissance jusqu'à une profondeur de 84 m pour s'assurer que la galerie aura un recouvrement rocheux suffisant. Pour éviter, autant que possible, les tronçons à exécuter en attaque descendante, le profil en long de la galerie accuse une forme en dents de scie avec pentes longitudinales variant de 2 à 5 %.

La chambre d'équilibre de Ravoire est du type à deux épanouissements avec effet différentiel. Elle est constituée d'une chambre inférieure de 8,50 m de diamètre et

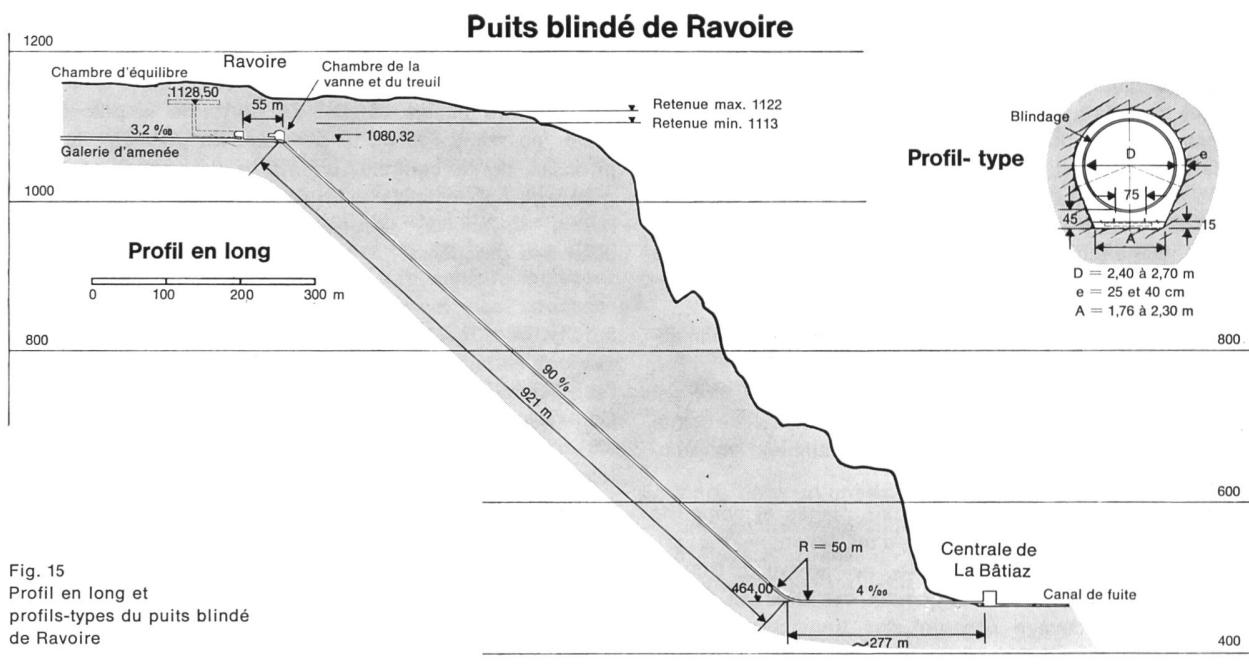


Fig. 15
Profil en long et profils-types du puits blindé de Ravoire

de 77 m de longueur, d'un puits vertical de 4,0 m de diamètre et de 33 m de hauteur avec déversoir ainsi que d'un épanouissement supérieur en forme de T de 770 m² de superficie.

Au point de vue géologique, tous les ouvrages de la

chute Le Châtelard-La Bâthiaz se trouvent dans les roches métamorphiques des massifs des Aiguilles Rouges et de l'Arpille ainsi que de la zone permo-carbonifère du Châtelard-Salvan comprenant principalement des gneiss injectés, des schistes cristallins, des calcaires métamorphisés, des grès et des conglomérats, toutes roches de bonne tenue qui ne devraient vraisemblablement pas donner lieu à des difficultés de construction extraordinaires.

c) Puits blindé de Ravoire et chambre de la vanne

Environ 43 m en aval du point d'insertion de la chambre d'équilibre se trouve la chambre de la vanne et du treuil de Ravoire accessible par une fenêtre de 167 m de longueur. La chambre contient une vanne-papillon de 2,7 m de diamètre ainsi que le treuil de révision du puits incliné. La partie inclinée du puits blindé (voir fig. 15), d'une longueur de 921 m, accuse un diamètre variant de haut en bas de 2,70 à 2,50 m. La partie horizontale du puits a une pente de 4‰ et un diamètre de 2,40 m. Elle débouche à La Bâthiaz à la cote 463 environ. La distance entre le point inférieur de rupture de pente du puits et la conduite de répartition de la centrale de La Bâthiaz s'élève à 265 m.

d) Centrale de La Bâthiaz

La centrale est située dans la vallée du Rhône, à la sortie de Martigny, en direction de Vernayaz, sur la gauche de la route cantonale. L'accès à la centrale se fait depuis la route de Salvan qui passe sur la conduite forcée (voir fig. 16).

La centrale comprend deux groupes binaires, à axe vertical, tournant à 428 t/min et comportant chacun (voir fig. 17):

- un alternateur de 90 000 kVA — $\cos \varphi = 0,9$ auto-ventilé en circuit fermé, tension nominale entre phases : 13 kV
- une turbine Pelton à 5 jets de 80 000 kW qui absorbe 14,5 m³/s sous une chute nette de 626 m.
- une vanne sphérique de garde à double étanchéité protège chaque turbine par rapport à la conduite de répartition.

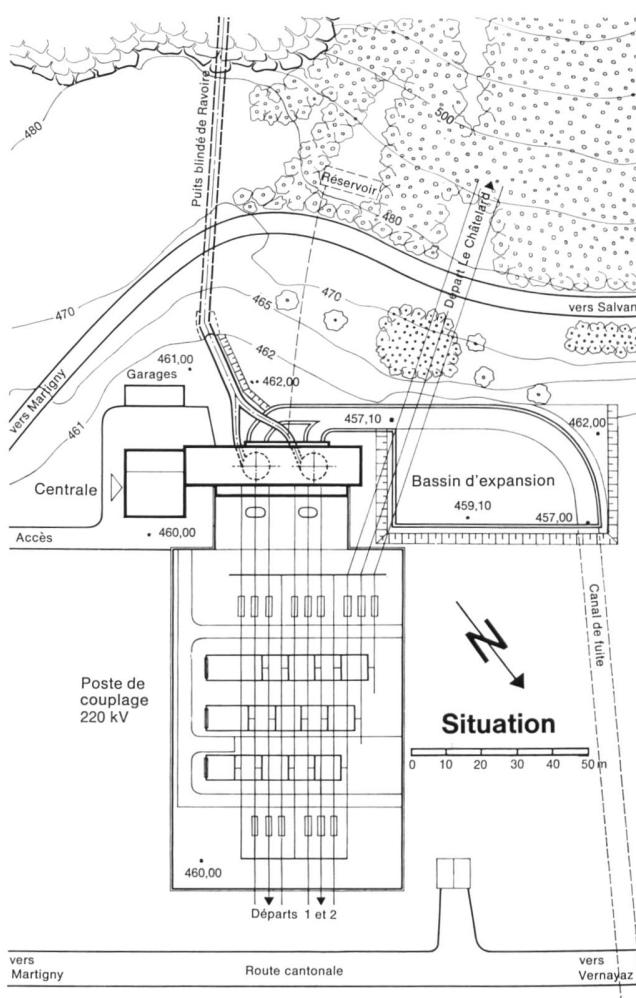
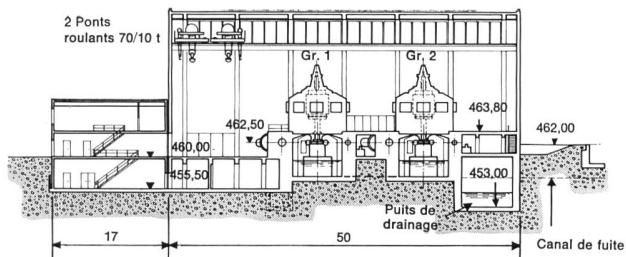
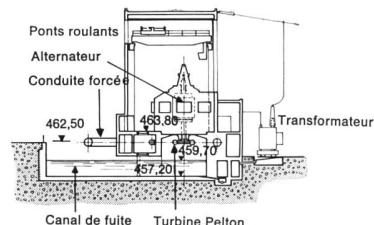


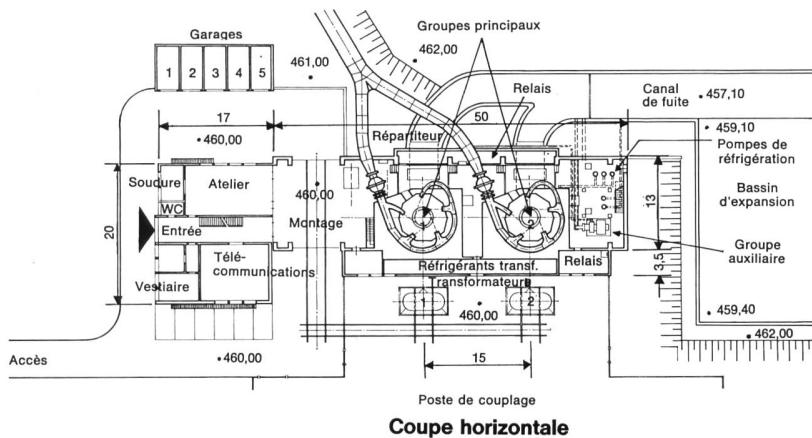
Fig. 16 Situation de la centrale de La Bâthiaz



Coupe longitudinale



Coupe transversale



Centrale de la Bâtiaz

0 5 10 15 20 25 m

Fig. 17
Coupes de la centrale
de la Bâtiaz

Chaque alternateur est accouplé à un transformateur triphasé de 90 000 kVA situé à l'extérieur de la centrale. Le transformateur à refroidissement forcée élève la tension à 220 kV.

Le poste de 220 kV placé au nord-est de la centrale se compose de deux travées «Groupes», d'une travée «Couplage» et des travées des «Lignes» d'arrivées de la centrale de Châtelard-Vallorcine et d'évacuation de l'énergie en 220 kV.

Les auxiliaires de la centrale sont alimentés:

- soit par la ligne 16 kV qui alimente le réseau de la ville de Martigny depuis la centrale de Vernayaz,
- soit par groupe auxiliaire Diesel d'environ 600 kW.

Des pompes prélevent dans le canal de fuite et élèvent dans un réservoir en dessus de la centrale l'eau de refroidissement nécessaire au fonctionnement des groupes.

Des ponts-roulants pouvant chacun manutentionner une charge de 70 tonnes desservent la salle des machines.

Comme à la centrale de Châtelard-Vallorcine, les transformateurs peuvent être découverts dans la salle des machines.

Le bâtiment de commande est situé à l'extrême sud-est de la salle des machines et comporte en particulier les salles suivantes:

- la salle de commande
- la salle des relais et des communications
- la salle des auxiliaires courant continu et courant alternatif
- la salle des accumulateurs
- les locaux annexes: bureaux, atelier, magasins, etc.

Profil-type

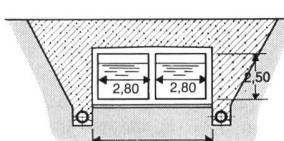
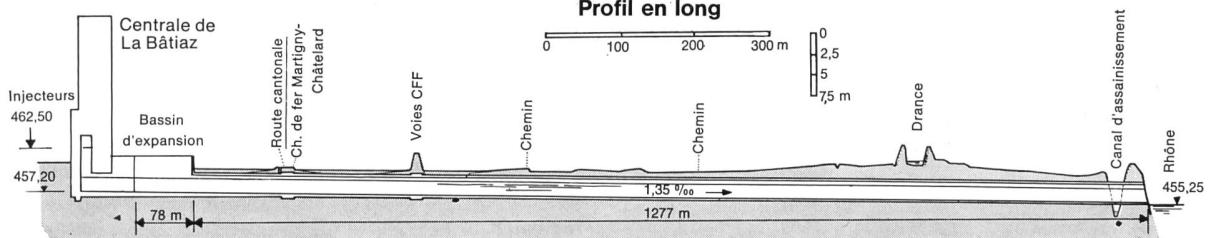


Fig. 18 Profil en long et profil-type du canal de fuite de l'usine de la Bâtiaz

Canal de fuite de l'usine de La Bâtiaz Profil en long



Des garages et un magasin sont situés dans un bâtiment annexe.

Les groupes de la centrale de Châtelard-Vallorcine et de la centrale de La Bâtiaz sont télécommandés à partir de la salle de commande de La Bâtiaz.

Le sous-sol à l'emplacement de la future centrale a été prospecté en 1960. 4 sondages de reconnaissance ont été forés dans les alluvions de la plaine du Rhône jusqu'à une profondeur de 60 m. Les analyses granulométriques ainsi que des essais de compactage exécutés en laboratoire ont montré que la résistance du sous-sol est suffisante pour l'érection d'une centrale. Il faut cependant s'attendre à certaines difficultés de construction du fait du niveau très élevé de la nappe phréatique.

e) Bassin d'expansion et canal de fuite

La restitution des eaux turbinées dans la centrale de La Bâtiaz a lieu par l'intermédiaire d'un canal de fuite enterré de 1277 m de longueur, débouchant dans le cou-

de du Rhône (voir fig. 18). Ce canal de fuite de forme rectangulaire en béton armé est constitué de 2 conduits de 2,80 x 2,50 m. Sur son parcours, le canal de fuite croise la route cantonale Martigny—Vernayaz, la ligne du chemin de fer Martigny—Châtelard, la double voie des CFF, la Drance ainsi que le canal d'assainissement de la plaine du Rhône. En 1960, de nombreux sondages de reconnaissance ont été exécutés sur deux tracés différents du canal de fuite. Ces forages sont équipés de tubes piézométriques. Les mesures effectuées régulièrement depuis 1960 montrent que la nappe phréatique de la vallée du Rhône est relativement élevée durant la période d'été, ce qui occasionnera certaines difficultés d'exécution du canal de fuite.

Pour certains niveaux du Rhône, le canal de fuite devra débiter en charge. Pour éviter, lors d'une mise en marche rapide de l'usine de la Bâtiaz, de noyer les roues des turbines Pelton, un bassin d'expansion d'environ 2000 m² de superficie, jouant le rôle de chambre d'équilibre, est prévu en aval de la centrale.

IV. Hydrologie et production d'énergie

1. GENERALITES

Les données hydrologiques prises en compte dans l'établissement du projet d'Emosson proviennent soit de documents officiels, en particulier de l'Annuaire Hydrologique de la Suisse publié par le Service Fédéral des Eaux, soit de mesures directes de débits au moyen de stations de jaugeages établies sur les principaux torrents de la région intéressée (Drance de Ferret, Arveyron d'Argentière et de la Mer de Glace, Trient, etc ...) ou par des jaugeages fréquents sur les plus petits torrents.

En complément, ESA a chargé la section d'hydrologie du «Laboratoire de recherches hydrauliques et de mécanique des terres» de l'EPF à Zurich, d'une étude visant à déterminer la contribution de la très forte ablation glaciaire constatée depuis le début du siècle. Il convenait en effet, dans l'établissement du projet de ne prendre en compte que les débits correspondant à une situation d'équilibre. A noter que les bassins versants glaciaires représentent 60,00 km² sur les 175,85 km² intéressés, soit 34,2 % de l'ensemble.

2. APPORTS DERIVES

Les apports dérivés ont été déterminés en appliquant des coefficients de captage d'environ 0,8 pour l'été et de 0,9 pour l'hiver. Dans certains cas, lorsque pour des raisons constructives (section minimum), les galeries d'admission ont une capacité de transport superflue, il a été admis des coefficients de captage plus grands, le montant des investissements à faire en plus sur les ouvrages de prises d'eau étant négligeables.

Les apports dérivés dans l'aménagement d'Emosson s'établissent comme suit:

TABLEAU 3

Bassins	Apports dérivés en millions m ³		
	Eté	Hiver	Année
Collecteur Est	121,21	17,50	138,71
Collecteur Sud	62,75	6,86	69,61
Collecteur Ouest	20,54	1,90	22,44
Collecteur Nord	5,38	0,60	5,98
Bassins CFF	50,08	16,74	66,82
Bassin résiduel d'Emosson	5,20	0,84	6,04
Apports dérivés totaux	265,16	44,44	309,60

Il y aurait lieu de soustraire des chiffres ci-dessus, un volume de 86,84 millions m³ à titre de restitutions aux usines CFF de Trient, Barberine et Vernayaz ainsi que les pertes par évaporation, infiltrations, etc. estimées au total à 4,4 millions m³ d'eau.

Des 121,21 millions m³ d'apports d'été du collecteur Est, 91,01 millions m³ sont refoulés dans la retenue d'Emosson, tandis que le reste soit 30,2 millions m³ turbiné directement sur les chutes Les Esserts-Le Châtelard et Le Châtelard-La Bâtiaz.

3. APPORTS UTILISES

Les apports bruts utilisés en année moyenne sur les 3 chutes de l'aménagement d'Emosson, sans prise en considération des restitutions aux usines existantes, à l'exception des CFF, font l'objet du tableau 4.

TABLEAU 4

	Apports utilisés	
	Eté	Hiver
	mio m ³	mio m ³
A. Chute Emosson-Le Châtelard	—	171,56
B. Chute Les Esserts-Le Châtelard		
Apports dérivés	121,21	17,50
Apports refoulés dans la retenue d'Emosson	-91,01	—
Apports utilisés	30,20	17,50
C. Chute Le Châtelard-La Bâtiaz		
Apports d'Emosson	—	171,56
Apports des Esserts	30,20	17,50
Apports utilisés	30,20	189,06

4. PRODUCTION D'ENERGIE

La production de l'aménagement d'Emosson, compte tenu des apports dérivés précédents, est contenue dans le tableau 5.

TABLEAU 5

	Production		
	Eté GWh	Hiver GWh	Année GWh
Chute Emosson-Le Châtelard	—	284,0	284,0
Chute Les Esserts-Le Châtelard	25,2	14,8	40,0
Chute Le Châtelard-La Bâthiaz	43,5	266,6	310,1
Production totale	68,7	565,4	634,1
Restitutions	-26,3	-23,7	-50,0
Pompage	123,7	—	123,7

V. Programme des travaux

Le programme des travaux prévoit une période de construction d'environ six ans, non compris les travaux d'aménagement de la route d'accès au barrage d'Emosson. Cette route a été commencée en octobre 1965 et sera achevée en 1968. Les travaux débuteront par la mise en chantier des collecteurs Est, Sud et Ouest et des puits blindés de Corbes et de Belle-Place ainsi que par les commandes pour le matériel électro-mécanique des centrales. Le béton du barrage sera mis en place en

trois campagnes de bétonnage. Les travaux de construction des collecteurs Sud et Ouest, du puits blindé de Belle-Place, du palier supérieur Emosson—Le Châtelard ainsi que du barrage lui-même devront être suffisamment avancés à la fin de la 5ème année pour permettre une accumulation partielle de 73 millions m³ d'apports français au cours de la 6ème année.

VI. Conclusions

L'aménagement franco-suisse d'Emosson est l'un des derniers grands aménagements hydro-électriques réalisable en Suisse. Par la mise en valeur rationnelle dans une installation commune des apports français et suisses de la partie est du massif du Mont-Blanc, l'aménagement d'Emosson fournira presque uniquement de l'énergie de pointe d'hiver de très haute qualité. L'utilisation en été d'énergie de nuit et de fin de semaine pour le refoulement dans la retenue d'Emosson des eaux suisses du collecteur Est, permettra d'absorber l'énergie excédentaire des usines nucléaires et de ce fait de la transformer en précieuse énergie de pointe d'hiver. L'aménagement d'Emosson apportera ainsi une contribution importante à la régularisation de la production d'énergie électrique.

M I T T E I L U N G E N V E R S C H I E D E N E R A R T

WASSERKRAFTNUTZUNG, ENERGIEWIRTSCHAFT

Baubeschluss für das Speicherwerk Emosson

Der Verwaltungsrat der Kraftwerksgesellschaft Emosson, mit Sitz in Martigny (Wallis), hat den Beschluss gefasst, das Speicherwerk Emosson im schweizerisch-französischen Grenzgebiet östlich des Montblancs zu erstellen. Nach Ratifikation der entsprechenden schweizerisch-französischen Abkommen in den Parlamenten beider Länder im Jahre 1964 waren die staatsrechtlichen Voraussetzungen für die Verwirklichung dieses bedeutenden Grenzkraftwerkes und für die Erteilung der schweizerischen und der französischen Konzessionen geschaffen; diese traten am 1. Februar 1967 in Kraft.

Die aus einem Akkumulierbecken von 225 Millionen Kubikmeter Nutzhalt (wovon etwa 55 Millionen Kubikmeter für die SBB) und zwei Kraftwerkstufen bestehende Werkgruppe hat eine totale installierte Turbinenleistung von 400 000 Kilowatt und wird im Durchschnittsjahr 634 Millionen Kilowattstunden erzeugen, wovon 565 Millionen Kilowattstunden als regulierbare, konsumangepasste Speicherenergie fast ausschliesslich für den Winter. Das Kraftwerk Emosson, welches durch eine zusätzliche Pumpspeicherung die Verwertung billiger Nachtenergie aus Atomkraftwerken und deren Umwandlung in Tagesenergie ermöglicht, wird dank seiner Produktion von reiner, regulierbarer Spitzenenergie eine wertvolle Ergänzung der Kernkraftwerke bilden.

Emosson ist eine Partnergesellschaft schweizerischen Rechts, an welcher die Motor-Columbus AG für elektrische Unternehmungen, Baden, und die Aare-Tessin AG für Elektrizität, Olten, mit je 25 Prozent sowie die Electricité de France, Paris, mit 50 Prozent beteiligt sind. Projektierung und Bauleitung des Projektes, welches eine der letzten grossen und wirtschaftlichen Speichermöglichkeiten der Schweiz nutzt, sind den Ingenieurunternehmungen der Motor-Columbus und der Electricité de France anvertraut. Die Bauzeit wird sechs Jahre betragen; die Anlagekosten werden auf etwa 520 Millionen Franken geschätzt. (Siehe auch Projektbeschreibung auf S. 109/123.)

Pressekonferenz und Generalversammlung der Nordostschweizerischen Kraftwerke AG, Baden

In seiner aufschlussreichen Ansprache, die wir nachstehend auszugsweise wiedergeben, legte Ständerat Dr. E. Bachmann (Aarau), Präsident des Verwaltungsrates, anlässlich der 53. Generalversammlung vom 4. März 1967 die gegenwärtige und zukünftige Geschäftspolitik der Nordostschweizerischen Kraftwerke AG dar und stützte sich dabei auf fünf Tatsachen und Entschlüsse, die sich alle im abgelaufenen Geschäftsjahr 1965/66 ereignet haben.

Die einstweilige Baueinstellung beim Kraftwerk Koblenz-Kadelburg

Im Anschluss an meine letzjährigen Ausführungen darf ich mitteilen, dass gegenwärtig die Verhandlungen für eine Fristerstreckung um 12 Jahre, das heisst bis 1981 mit den deutschen und schweizerischen Behörden im Gange sind. Damit unterstreichen wir neuerdings, dass unsere Hefte über den Bau des Kraftwerkes Koblenz-Kadelburg noch nicht endgültig geschlossen sind, sofern uns von den zuständigen Behörden nicht allzu grosse Hindernisse in den Weg gelegt werden. Wie Sie wissen, sind aber die NOK nur mit 25% beteiligt. Wir haben Verständnis dafür, dass gegenwärtig und allenfalls in Zukunft Laufwerke noch gebaut werden können und müssen.

Die Einweihung der Staumauer Curnera

Der Weiterausbau der grossartigen Kraftwerke Vorderrhein, mit den drei Speicherbecken Nalps, Curnera und St. Maria mit einer Gesamtproduktion von 760 GWh beweist die feste Absicht der NOK, unsere Alpenwasserkräfte im Rahmen des Möglichen und Verantwortbaren weiter auszubauen. Zusammen mit den 350 GWh der Kraftwerke Linth-Limmern besitzen wir heute schon eine Werkkombination, die auch im Zeitalter der Atomenergie ihre volle Bedeutung beibehält.