

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 89 (1963)  
**Heft:** 11

**Artikel:** L'aménagement hydro-électrique de l'Hongrin  
**Autor:** Lambert, R.-H.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-66338>

### **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:** 24.02.2026

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

# BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

paraissant tous les 15 jours

## ORGANE OFFICIEL

de la Société suisse des ingénieurs et des architectes  
de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes (S.V.I.A.)  
de la Section genevoise de la S.I.A.  
de l'Association des anciens élèves de l'EPUL (Ecole polytechnique  
de l'Université de Lausanne)  
et des Groupes romands des anciens élèves de l'E.P.F. (Ecole  
polytechnique fédérale de Zurich)

## COMITÉ DE PATRONAGE

Président: † J. Calame, ing. à Genève  
Vice-président: E. d'Okolski, arch. à Lausanne  
Secrétaire: S. Rieben, ing. à Genève

## Membres:

Fribourg: H. Gicot, ing.; M. Waeber, arch.  
Genève: G. Bovet, ing.; Cl. Grosgrin, arch.; E. Martin, arch.  
J.-C. Ott, ing.  
Neuchâtel: J. Béguin, arch.; R. Guye, ing.  
Valais: G. de Kalbermatten, ing.; D. Burgener, arch.  
Vaud: A. Chevalley, ing.; A. Gardel, ing.;  
M. Renaud, ing.; J.-P. Vouga, arch.

## CONSEIL D'ADMINISTRATION

de la Société anonyme du « Bulletin technique »

Président: D. Bonnard, ing.  
Membres: Ed. Bourquin, ing.; G. Bovet, ing.; M. Bridel; J. Favre,  
arch.; A. Robert, ing.; J.-P. Stucky, ing.  
Adresse: Avenue de la Gare 10, Lausanne

## RÉDACTION

D. Bonnard, E. Schnitzler, S. Rieben, ingénieurs; M. Bevilacqua,  
architecte  
Rédaction et Editions de la S.A. du « Bulletin technique »  
Tirés à part, renseignements  
Avenue de Cour 27, Lausanne

## ABONNEMENTS

1 an . . . . .	Suisse	Fr. 34.—	Etranger	Fr. 38.—
Sociétaires . . . . .	»	» 28.—	»	» 34.—
Prix du numéro . . . . .	»	» 1.80		

Chèques postaux: « Bulletin technique de la Suisse romande »,  
N° II 57 75, Lausanne

Adresser toutes communications concernant abonnement, vente au  
numéro, changements d'adresse, expédition, etc., à: Imprimerie  
La Concorde, Terreaux 29, Lausanne

## ANNONCES

Tarif des annonces:

1/1 page . . . . .	Fr. 350.—
1/2 » . . . . .	» 180.—
1/4 » . . . . .	» 93.—
1/8 » . . . . .	» 46.—

Adresse: Annonces Suisses S.A.

Place Bel-Air 2. Tél. (021) 22 33 26. Lausanne et succursales



## SOMMAIRE

L'aménagement hydro-électrique de l'Hongrin, par R.-H. Lambert, ing. EPUL, Compagnie d'études de travaux publics.

Etude de la diffusion dans les corps solides, par J.-P. Borel, professeur à l'Ecole polytechnique de Lausanne.

Divers. — Les congrès. — Société suisse des ingénieurs et des architectes.

Carnet des concours. — Documentation générale. — Documentation du bâtiment. — Nouveautés, informations diverses.

## L'AMÉNAGEMENT HYDRO-ÉLECTRIQUE DE L'HONGRIN

par R.-H. LAMBERT, ing. EPUL, Compagnie d'études de travaux publics

En date du 22 mars 1963, les cantons de Vaud et de Fribourg ont enfin signé l'acte de concession autorisant l'utilisation de la force motrice créée par la dérivation vers le lac Léman des eaux des deux Hongrin et de huit autres cours d'eau des Préalpes vaudoises.

On sait que selon l'arrêté du Conseil d'Etat du 24 novembre 1961, la décision octroyant une concession pour l'utilisation des lacs et cours d'eau dépendant du domaine public vaudois est soumise au droit de référendum, le délai référendaire étant de trois mois dès la publication dans la *Feuille des Avis officiels*.

Il peut donc paraître opportun de donner maintenant les caractéristiques essentielles du projet telles qu'elles résultent de l'acte de concession et des accords passés ou à passer avec les communes intéressées d'une part, et d'autre part, telles qu'elles ont été définies par les diverses études faites à ce jour.

Depuis le temps qu'on construit des aménagements hydro-électriques, il est difficile et souvent vain aujourd'hui de faire œuvre originale pour de tels projets. Celui de l'Hongrin n'échappe pas à cette règle: nous ne décrirons donc pas dans le détail les ouvrages bien connus des spécialistes, nous limitant aux données

essentielles. Il peut cependant paraître intéressant de mettre en évidence quelques aspects particuliers du projet de l'Hongrin, particularités qui lui ont en partie valu de se perdre pendant presque vingt ans dans le maquis de la procédure administrative. Les voici:

- des eaux sont détournées de leur bassin naturel. En effet, certaines eaux du bassin du Rhin (Sarine) sont dérivées dans le bassin du Rhône (Léman) pour être utilisées comme force motrice. Notons que l'accumulation de l'Hongrin étant en partie constituée par des eaux provenant du bassin du Rhône (et par pompage du Léman), celles-ci seront à leur tour détournées vers le bassin du Rhin en cas de fonctionnement de l'évacuateur de crues des barrages;
- la configuration particulière du verrou de l'Hongrin rend nécessaire la construction de deux barrages-voûtes à cheval sur la colline de la Jointe au confluent de l'Hongrin et du Petit Hongrin;
- la construction de barrages relativement minces n'est autorisée par la Confédération que si une possibilité de vidange rapide de l'accumulation existe. Le vallon de l'Hongrin puis la Sarine ne

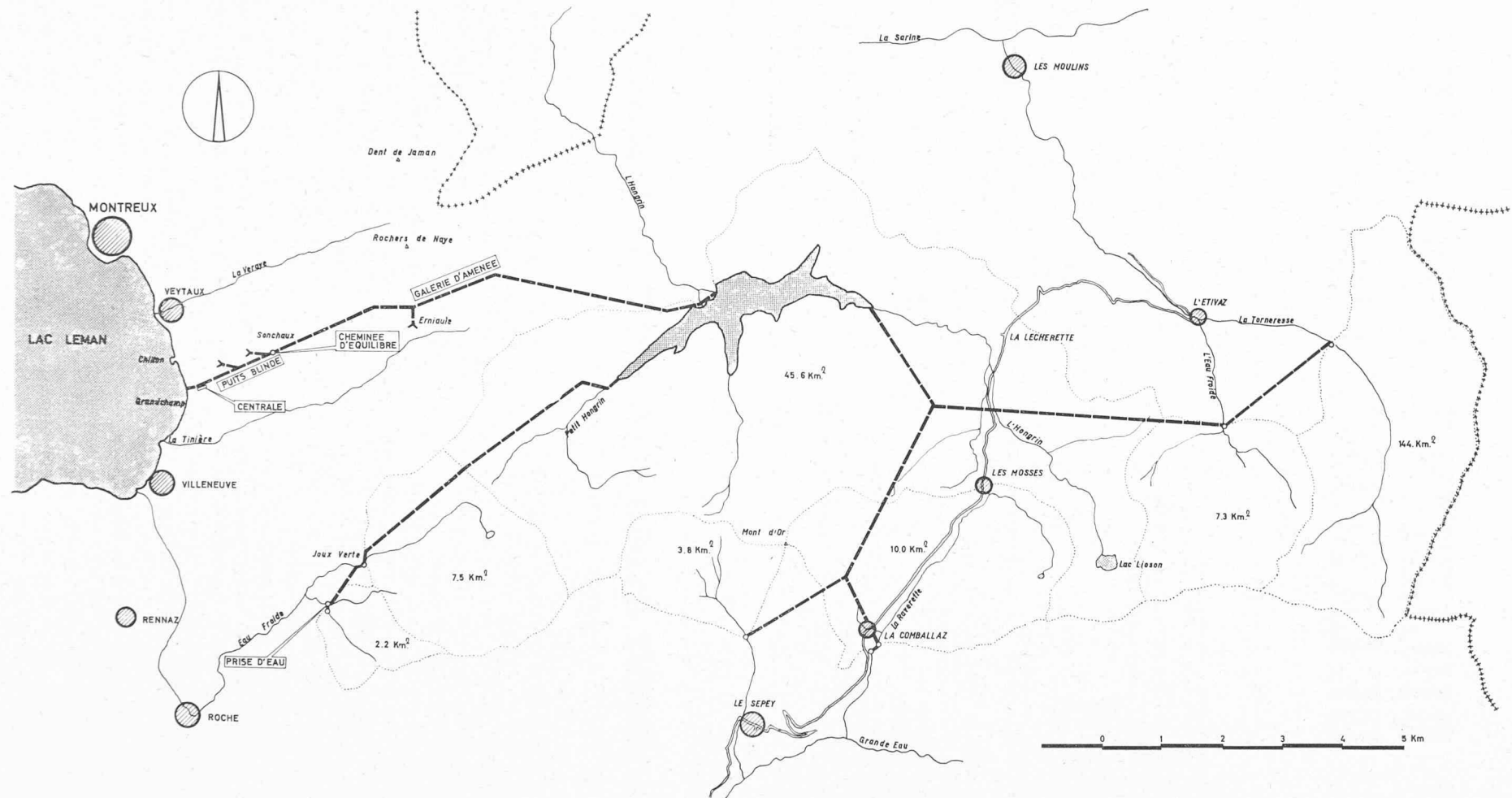


Fig. 1. — Plan d'ensemble de l'aménagement de l'Hongrin.

pouvant absorber de grands débits, un complément de vidange a dû être trouvé du côté du Léman, ce qui a nécessité l'augmentation du diamètre de la galerie d'amenée et la prolongation de la conduite forcée jusqu'au lac Léman où une vanne-pointeau inclinée à 30° pourra débiter jusqu'à 45 m<sup>3</sup>/sec dans le lac par un jet d'environ 250 m de portée ;

- l'usine souterraine est située à Grandchamp, à proximité du château de Chillon. Le caractère touristique de cette région rend impossible certaines constructions industrielles : le poste de couplage à 130 kV est donc aussi entièrement souterrain, placé dans une caverne près de l'usine elle-même et exactement à l'aplomb des différentes lignes à haute tension amenant l'énergie du Valais. La jonction entre le poste et ces lignes sera très aisément faite par une galerie inclinée ou un puits relativement court ;
- le pompage d'accumulation n'est pas une chose nouvelle. Ce qui fait l'intérêt du projet de l'Hongrin est que la réserve de pompage, à disposition toute l'année et en quantité pratiquement illimitée, permettra d'utiliser n'importe quand de l'énergie de déchet provenant notamment des futures usines hydro-électriques du Rhône entre Lavey et le lac Léman, usines que la Compagnie d'études de travaux publics est en train d'étudier en collaboration avec un Groupement valaisan d'études, et dont on peut prévoir la mise en exploitation peu de temps après celle de l'Hongrin.

## Renseignements généraux

### a) Hydrologie

Les quantités d'eau disponibles ont été calculées sur la base des enregistrements de trois stations limnigraphiques installées par CETP en 1945 et 1946. Il s'agit des stations suivantes :

- sur l'Hongrin : cote de la station 1126,60, bassin versant 46,0 km<sup>2</sup>, altitude moyenne 1567 ;
- sur la Torneresse : cote de la station 1164,50, bassin versant 18,7 km<sup>2</sup>, altitude moyenne 1730 ;
- sur l'Eau Froide de l'Etivaz : cote de la station 1195, bassin versant 8,9 km<sup>2</sup>.

Les observations conduites pendant dix ans ont permis de déterminer les débits spécifiques suivants en litres/secondes/kilomètres carrés :

	Hongrin	Torneresse	Eau Froide
Moyenne été . . . . .	43,74	64,57	43,61
Moyenne hiver . . . . .	27,84	27,72	13,84
Moyenne annuelle . . . . .	35,79	46,15	28,73

La Commission technique intercantonale Vaud-Fribourg avait admis en 1953, pour les débits de l'Hongrin et de ses affluents, les débits spécifiques de la Sarine à Broc multipliés par les facteurs correctifs suivants :

Hongrin . . . . .	0,96
Torneresse . . . . .	0,92
Eau Froide . . . . .	0,81

Le facteur de l'Eau Froide, particulièrement bas, tient compte des nombreuses sources d'eau potable dérivées par Lausanne.

Notons que les moyennes des résultats des enregistrements des trois stations CETP pendant les années 1946 à 1956 diffèrent de 2,1 % des chiffres admis par la Commission technique intercantonale.

Les stations limnigraphiques ont également permis d'enregistrer les crues, dont la plus grande pour le bassin de l'Hongrin (46,0 km<sup>2</sup>) est de 74 m<sup>3</sup>/sec et a été enregistrée le 17 novembre 1950. Pendant les dix autres années, le débit de crue instantané n'a jamais dépassé 28 m<sup>3</sup>/sec. Cette crue maximum résulte d'un redoux accompagné d'une forte chute de pluie ; elle a donc eu lieu à une période où l'accumulation a le plus de chances d'être à son niveau maximum.

Un ajustement de la courbe des débits classés par la méthode de Gibrat a permis d'extrapoler les valeurs des débits maxima. Les débits maxima instantanés ont été calculés par la formule de Fuller qui donne pour le cas de l'Hongrin :

$$Q_{\text{max.inst.}} = 1,75 Q_{\text{max.journ.}}$$

ce qui coïncide en général avec les valeurs observées.

A l'emplacement des barrages, à la Jointe, voici les débits de crues calculés :

Fréquence	Q <sub>moy. journ.</sub>	Q <sub>inst.</sub>
1 jour par an . . . . .	20 m <sup>3</sup> /s	35 m <sup>3</sup> /s
1 jour par 10 ans . . . . .	45	79
1 jour par 100 ans . . . . .	88	154
1 jour par 1000 ans . . . . .	160	280
1 jour par 10 000 ans . . . . .	276	480

L'ensemble des organes d'évacuation et de vidanges aux barrages permet d'évacuer 230 m<sup>3</sup>/sec.

Les quantités d'eau disponibles dans les bassins de la Grande Eau et de l'Eau Froide de Roche ont été déterminées par comparaison avec les enregistrements obtenus par CETP dans la région et ceux obtenus par le Service fédéral des eaux, à Aigle, pour la Grande Eau et aux Avants pour la Baye de Montreux.

La concession a finalement été accordée pour les quantités d'eau suivantes :

	Volume d'eau moyen annuel m <sup>3</sup>	Cote des prises d'eau m. s. m.
Les deux Hongrin . . . . .	53 840 000	1 255
La Torneresse . . . . .	15 500 000	1 280
L'Eau Froide de L'Etivaz . . . . .	7 270 000	1 274
L'Eau Froide de Roche et les ruisseaux de Tompey . . . . .	10 620 000	1 280
La Raverette et les ruisseaux de Champs et de la Pierre du Moëllé . . . . .	16 100 000	1 265
Total . . . . .	103 330 000	

De ce volume d'eau annuel moyen, il faut déduire l'eau nécessaire à l'existence du poisson, que le concessionnaire est tenu de laisser s'écouler constamment et automatiquement dans les cours d'eau concédés.

L'acte de concession fixe à 1 l/sec/km<sup>2</sup> environ cette quantité ; notons qu'elle est supérieure au plus bas étiage enregistré pendant dix ans. Pour l'Hongrin, par exemple, la quantité a été fixée à 50 l/sec à l'aval des barrages, l'étiage le plus bas enregistré dans une période de 11 ans étant de 40 l/sec (5 septembre 1945).

Pour l'ensemble de l'aménagement de l'Hongrin, la quantité d'eau totale réservée à la vie du poisson correspond à 3 millions de m<sup>3</sup> par année, soit environ 6 millions de kWh.

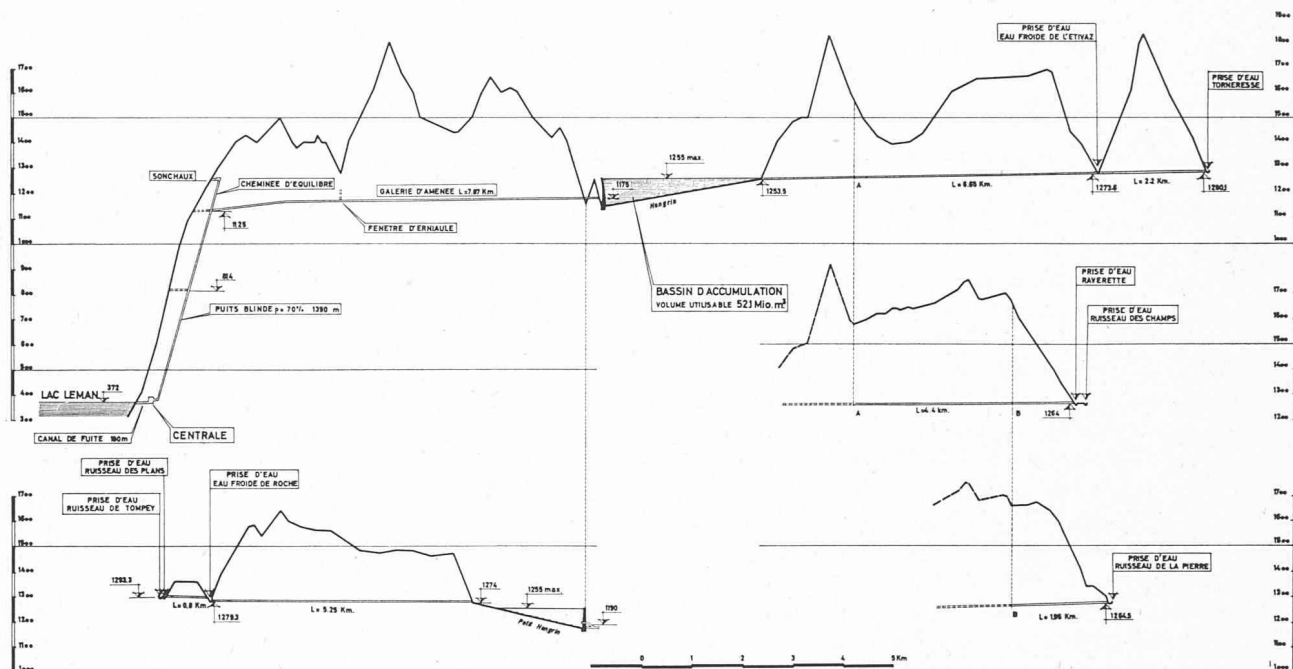


Fig. 2. — Profil en long de l'aménagement de l'Hongrin.

## b) Géologie

La retenue s'étend dans une zone de flysch formé de schistes argileux, de grès intercalés et parfois de conglomérats lenticulaires, le tout formant un ensemble d'une étanchéité absolue, selon le rapport du professeur Lugeon, confirmé par le professeur Lombard sur le vu de divers sondages et essais entrepris en 1945, en 1948 et en 1958-1959.

En 1945, les premiers forages montrent une absorption d'eau en dessous de 5 m de profondeur constamment inférieure à 0,5 l/m.min sous 10 atmosphères de pression, résultat que les 1500 m de sondages avec essais de pertes d'eau effectués en 1958-1959 confirment.

Le verrou fermant les deux vallées de l'Hongrin et où se trouvent implantés les barrages est déterminé par une barre calcaire formée de couches qui plongent vers l'amont et constituée de bas en haut et de l'aval vers l'amont par :

- une masse épaisse de malm, homogène vers le bas et plus stratifiée vers le haut ;
- une masse en bancs peu épais de calcaire gris contenant du silex, le néocomien ;
- une masse de calcaires plus argileux souvent colorés en rouge, le crétacé supérieur ou couches rouges.

Les deux barrages sont implantés dans les deux premières couches. L'examen attentif des lieux et les sondages n'ont décelé la présence d'aucune trace de faille ou de diaclase importantes. La perforation des galeries de dérivation et les premiers travaux d'excavation permettront de vérifier et de compléter ces renseignements.

La galerie d'amenée parcourt la région formée par l'anticlinal ou voûte de la Tinière qui culmine au col de Chaude. Sous ce col, le tracé de la galerie fait un coude en plan pour éviter, dans la mesure du possible, une région de cornieule ou de gypse (trias) qui est susceptible de s'étendre jusqu'au niveau de la galerie.

La cheminée d'équilibre à Sonchaud est située dans le calcaire néocomien à silex et la conduite forcée est implantée de bas en haut dans du dogger, du calcaire compact du Jurassique supérieur, enfin du néocomien.

L'usine est située dans les couches du dogger dont la nature et les caractéristiques ont fait l'objet de recherches minutieuses en 1948 et en 1958, cette dernière campagne étant surtout consacrée à déterminer les caractéristiques de la roche en vue de préciser l'épaisseur des blindages du puits incliné.

## Caractéristiques du projet et description des ouvrages

Le plan d'ensemble (fig. 1) et le profil en long général (fig. 2) fixent les caractéristiques essentielles. Nous complétons ces plans par les renseignements suivants :

### a) Le réseau routier

Mis au point par le Service des améliorations foncières du canton de Vaud, la Commission vaudoise de l'Hongrin pour l'examen des droits des tiers et CETP, tout un réseau de routes naîtra du fait de la construction de l'aménagement hydro-électrique de l'Hongrin (voir fig. 3). Les routes de ce réseau seront construites ou améliorées, soit entièrement aux frais de la *Société des forces motrices de l'Hongrin*, soit avec une participation des propriétaires intéressés.

Il s'agit en principe de routes de 3 m de largeur avec de nombreuses places d'évitement, revêtues de bitume pour les routes de chantier ou de béton pour les routes construites par les syndicats d'améliorations foncières.

Ce réseau routier créera deux nouvelles liaisons qui ont jadis fait couler beaucoup d'encre et ont déjà fait l'objet de nombreuses études :

- celle entre La Lécherette et Montbovon par le vallon de l'Hongrin ;

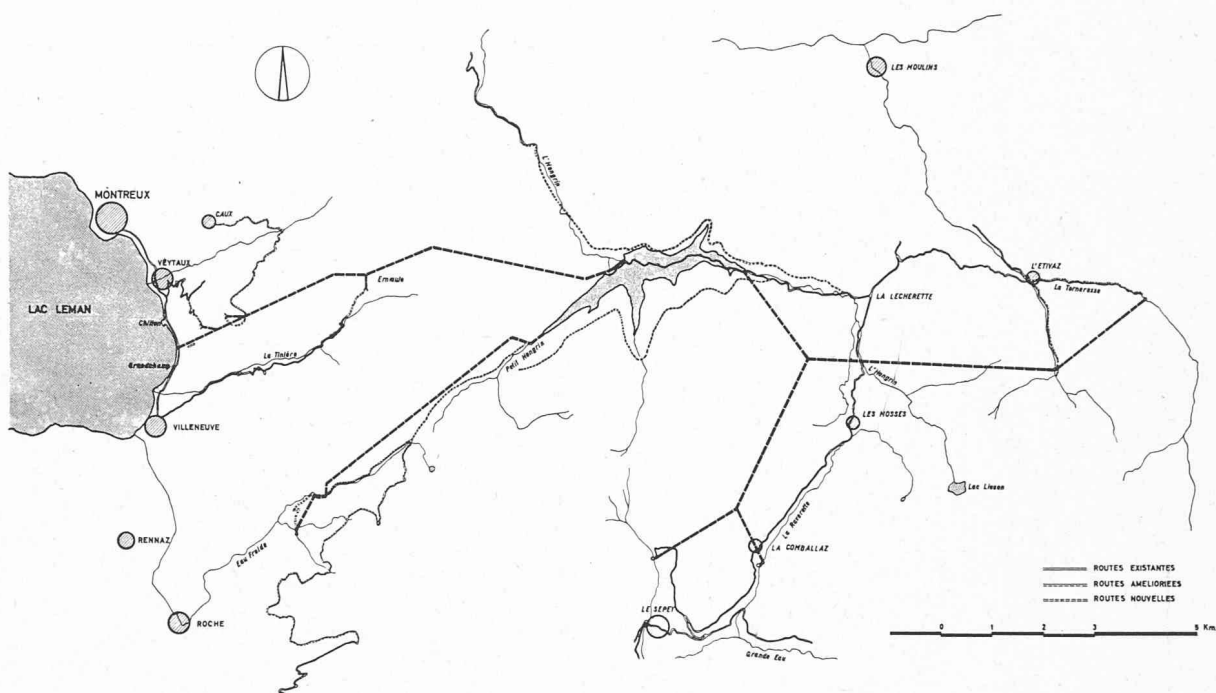


Fig. 3. — Routes construites ou améliorées.

— et celle entre La Lécherette et les Agites-Corbeyrier par la région d'Ayerne et les Joux Noires.

La route de la rive gauche du Petit Hongrin n'a pas été envisagée pour l'instant.

La liaison Montbovon-Lécherette permettra d'amener le ciment par camion depuis la gare du MOB des Allières, ce qui soulagera la route des Mosses déjà surchargée.

#### b) Les adductions

La Torneresse et l'Eau Froide de l'Etivaz sont dérivés par deux petits barrages au fil de l'eau complétés par des prises d'eau classiques.

La galerie dérivant ces eaux vers l'Hongrin sera dimensionnée de façon à pouvoir absorber des dérivations supplémentaires et prendre au passage l'eau provenant de la Raverette et des ruisseaux de Champs et de la Pierre du Moëllé.

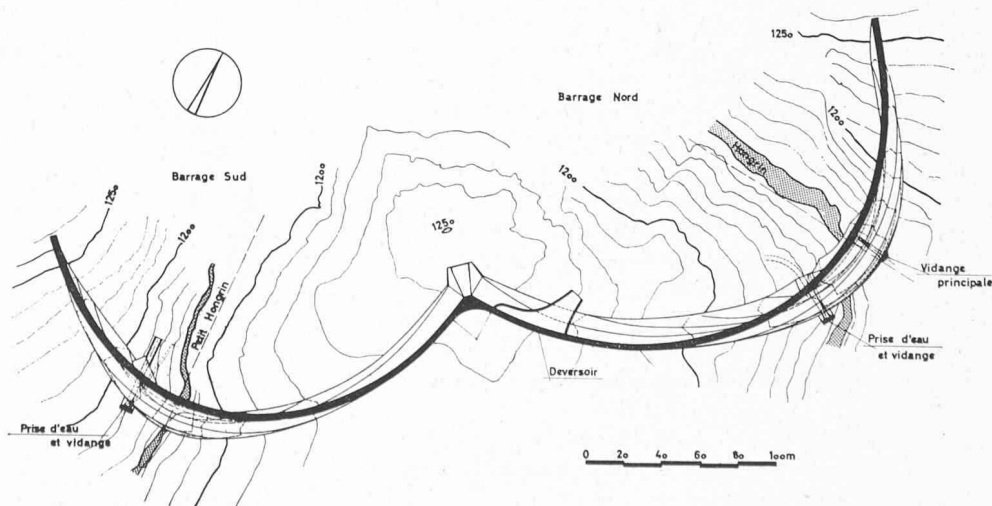
La prise d'eau de la Raverette est semblable à celles mentionnées plus haut, quant aux ruisseaux de Champs et de la Pierre du Moëllé ils seront dérivés par des prises en dessous.

L'Eau Froide de Roche et les ruisseaux de Tompey sont dérivés par une prise classique pour l'Eau Froide de Roche et des prises en dessous pour les ruisseaux de Tompey.

L'ensemble des adductions prévues dans la concession nécessite le percement de 21,25 km de galeries.

Des dérivations complémentaires de cours d'eau ont été étudiées et devront être soumises à l'approbation des autorités compétentes. Certaines de ces dérivations conduiraient à renoncer à l'aménagement hydro-électrique de la Sarine entre Gstaad et La Tine, projet qui a soulevé de fortes oppositions, et permettraient dans une certaine mesure de mieux mettre en valeur l'aménagement du Sanetsch.

Fig. 4.  
Plan des barrages nord (Hongrin) et sud (Petit Hongrin).





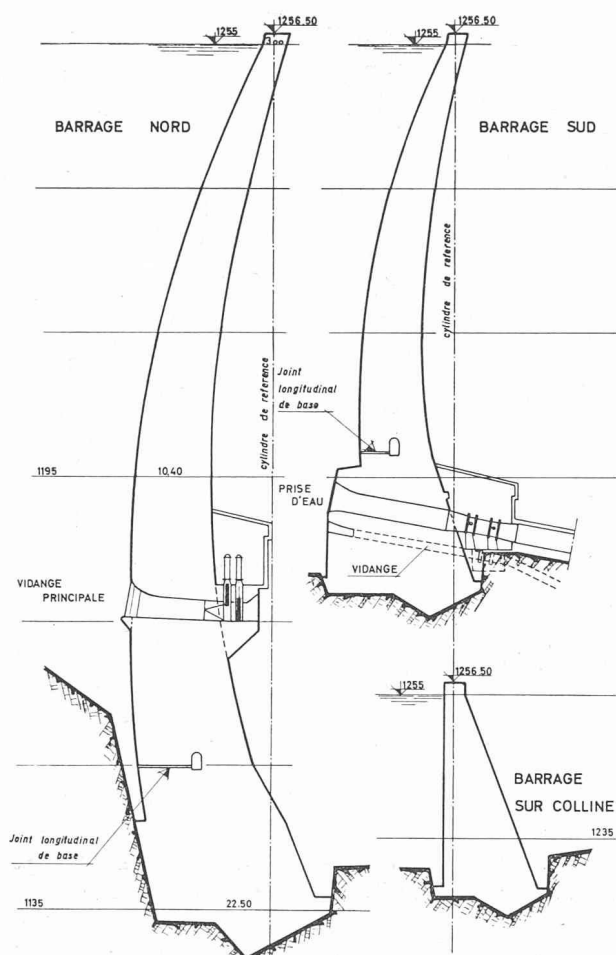


Fig. 5. — Coupes en travers des barrages.

#### c) L'accumulation

L'accumulation est constituée par un lac dont la forme rappelle celle d'une demi-étoile de mer, la branche de l'Hongrin ayant 2,6 km de longueur; celle du Leyzay 1,4 km et celle du Petit Hongrin 1,8 km.

La cote maximum de la retenue est à 1255 m et sa capacité est de 53,2 millions de m<sup>3</sup>, dont 52,1 représentent l'accumulation utile.

Les deux barrages dont les figures 4 et 5 montrent les dispositions en plan et les coupes, sont arasés à la cote 1256,5. Ce sont deux barrages-voûtes de forme classique s'appuyant au centre sur la colline de la Jointe. Cette colline a été systématiquement prospectée et sondée et son équilibre a fait l'objet d'études approfondies de la part de M. Gicot, ingénieur-conseil pour les barrages.

Comme partout ailleurs, diverses variantes de retenues ont été examinées, notamment celle consistant à barrer la vallée par un barrage-poids, solution qui rendrait prohibitif l'aménagement de l'Hongrin.

Un déversoir de crues capable d'évacuer 100 m<sup>3</sup>/sec et des vannes de vidange et de fond d'un débit total de 130 m<sup>3</sup>/sec complètent les installations des deux barrages.

L'eau est amenée depuis la région du Tabouset jusqu'à Sonchaud par une galerie d'une longueur totale de 7,87 km et d'un diamètre de 2,80 m.

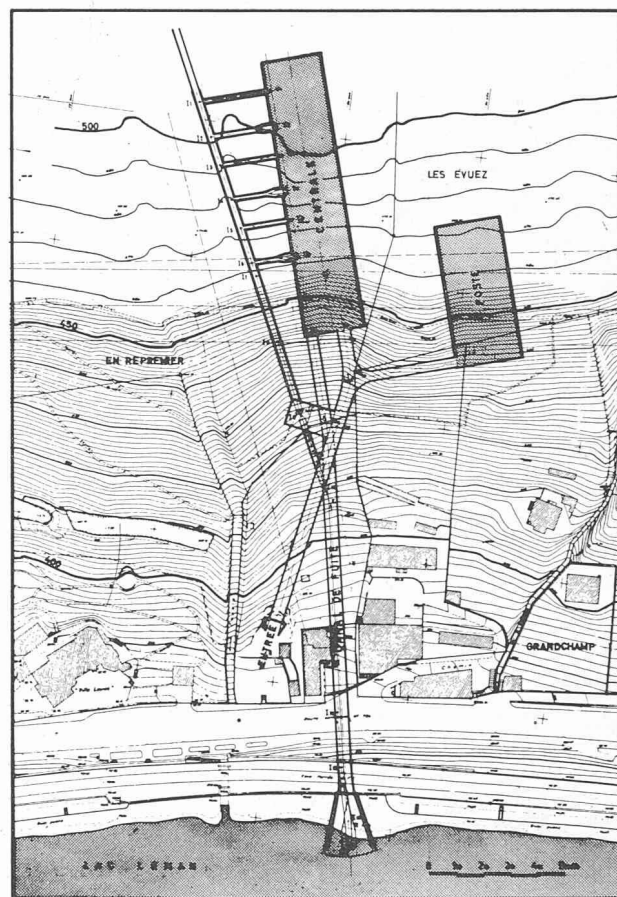


Fig. 6. — Plan de l'usine et du poste de couplage de Grandchamp.

#### d) Les installations de chute

La cheminée d'équilibre est située à Sonchaud. Elle est du type à chambre inférieure et supérieure, le puits de jonction se trouvant dans la prolongation de l'axe du puits blindé pour faciliter la pose des blindages.

Le puits blindé a un diamètre constant de 1,80 m et il comprend un premier tronçon incliné à 70° d'une longueur de 1390 m et un deuxième tronçon pratiquement horizontal de 180 m de longueur environ. L'axe du collecteur est situé à la cote 376,5.

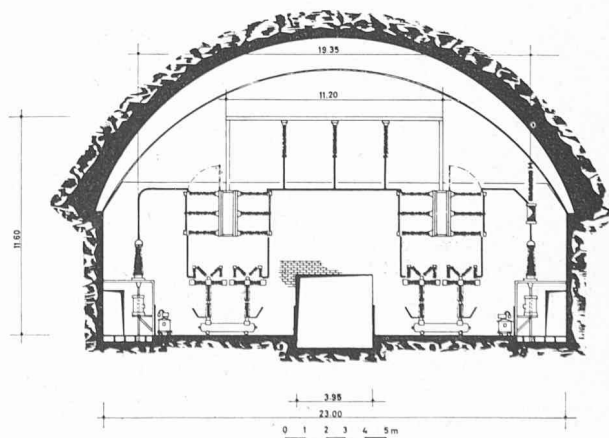


Fig. 7. — Coupe en travers du poste de couplage.

Une fenêtre intermédiaire facilitera l'attaque du puits blindé et permettra de prendre les mesures nécessaires au cas où des accidents surviendraient lors de la traversée de la zone des sources de Repremier et du Confin aux Renards, sources qui alimentent la région de Vevey-Montreux.

#### e) La centrale

L'usine et le poste de couplage sont souterrains et la figure 6 montre les dispositions générales prévues actuellement.

Une galerie inclinée à 6,5 % part de la route cantonale et conduit à l'usine où trois groupes d'une puissance totale de 165 000 CV sont installés. Chaque groupe sera complété par une pompe débitant 3 m<sup>3</sup>/sec sous une puissance de 45 000 CV. En première étape, une seule pompe est prévue.

Le poste de couplage est constitué par une caverne dont les dimensions actuelles sont de 30 m sur 23 m et de 14 m de hauteur à la clé.

La figure 7 montre la coupe en travers de la dernière variante étudiée pour ce poste.

#### f) Canal de fuite

Le canal de fuite, d'une longueur de 200 m environ, passe sous la route cantonale, sous la voie CFF et débouche dans le lac à proximité immédiate du châtelet de Repremier.

#### g) Production d'énergie et programme des travaux

La chute brute maximum de l'installation est de 882 m. Le débit maximum dérivé a été fixé par l'acte de concession à 16,7 m<sup>3</sup>/sec. La production annuelle moyenne théorique, calculée sur les années 1935 à 1958, sans les pompages, est de 196,5 millions de kWh, dont 185,6 millions en hiver, l'hiver étant calculé à 7 mois.

L'ensemble des travaux de l'aménagement peut être réalisé en quatre ans, ce qui porterait en 1967-68 le début de l'exploitation de l'aménagement hydro-électrique de l'Hongrin.

## ETUDE DE LA DIFFUSION DANS LES CORPS SOLIDES<sup>1</sup>

par J.-P. BOREL, professeur à l'Ecole polytechnique de Lausanne<sup>2</sup>

### Introduction

On convient d'appeler « imperfection » tout ce qui distingue les cristaux réels de la description idéale que fournit la cristallographie.

Cette définition semble procéder d'une position qui donne tort à priori à la nature. Cependant, beaucoup de phénomènes physiques importants sont liés à l'existence des imperfections. On peut citer par exemple la plasticité des métaux, certaines propriétés des semi-conducteurs, la croissance des cristaux et la diffusion. L'étude de la diffusion présente un intérêt théorique et pratique considérable. D'une part, elle permet de mieux connaître la structure des corps solides et les énergies qui lient une particule au réseau, d'autre part, elle est nécessaire à une bonne compréhension des effets de recristallisation et de frittage qui jouent un grand rôle en métallurgie.

Nous allons donner un exposé thermodynamique de la diffusion dans lequel il n'est pas nécessaire de préciser au début le mécanisme exact du phénomène décrit. Cela fournit un formalisme général que nous appliquerons ensuite à des cas particuliers.

### Dynamique de la diffusion dans les solides

La diffusion est un transport de substance ou de tout autre élément de structure à l'intérieur d'un cristal. Lorsqu'elle se produit naturellement, elle tend à faire évoluer le système vers un état stable ou métastable. C'est donc un phénomène irréversible au sens de la thermodynamique.

Lorsque la concentration atomique ou encore la concentration des défauts varie à l'intérieur d'un cristal, celui-ci ne peut plus être considéré comme une phase

homogène. On le traite comme un continu en introduisant des grandeurs intensives définies en chaque endroit.

Isolons par la pensée un petit volume  $\omega$  du solide limité par une surface *invariable*  $\Sigma$  (fig. 1). Appelons  $\vec{J}_u$  le vecteur densité de courant d'énergie (énergie traversant une unité de surface pendant une unité de temps) et  $u$  la densité d'énergie (par unité de volume).

La continuité s'écrit 
$$\iint_{\Sigma} \vec{J}_u \cdot d\vec{S} = - \frac{\partial}{\partial t} \iiint_{\omega} u d\omega$$

$$(1) \quad \text{ou encore : } \operatorname{div} \vec{J}_u + \frac{\partial u}{\partial t} = 0$$

qui est l'expression du premier principe de la thermodynamique sous forme locale.

Si nous excluons les réactions chimiques, on a une relation semblable pour la masse de chacun des constituants du cristal.

$$(2) \quad \operatorname{div} \vec{J}_k + \frac{\partial c_k}{\partial t} = 0$$

où  $\vec{J}_k$  représente le vecteur densité de courant de masse du constituant  $k$  et  $c_k$  la concentration de ce constituant (par unité de volume). Si la vitesse des particules  $k$  est  $\vec{V}_k$ , on sait que  $\vec{J}_k = c_k \vec{V}_k$ .

Le second principe de la thermodynamique postule que l'augmentation d'entropie dans un volume est supérieure ou égale au flux d'entropie au travers de la surface  $\Sigma$  qui le limite.

<sup>1</sup> Dans le cadre de la recherche A 180.

<sup>2</sup> Cette étude est tirée du Recueil de travaux offert au professeur A. Stucky, en hommage de reconnaissance, sur l'initiative de l'Association amicale des anciens élèves de l'Ecole polytechnique de Lausanne, le 27 octobre 1962, l'année de son 70<sup>e</sup> anniversaire.