

Forces motrices du Nord-Est de la Suisse (NOK): aménagement hydroélectrique d'Ilanz I et II

Autor(en): **Quinche, Daniel**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Ingénieurs et architectes suisses**

Band (Jahr): **115 (1989)**

Heft 6

PDF erstellt am: **19.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-76891>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Forces motrices du Nord-Est de la Suisse (NOK) : aménagement hydroélectrique d'Ilanz I et II

Ilanz I : grand débit pour une chute faible

La zone exploitée par les usines d'Ilanz I et II se situe sur la partie médiane du Rhin antérieur, entre Tavanasa et Ilanz. Les deux aménagements, indépendants l'un de l'autre, n'ont en commun que la salle des machines qu'ils se partagent à Ilanz.

Ilanz I utilise l'énergie hydraulique provenant du Rhin antérieur sur une douzaine de kilomètres, entre la centrale de Tavanasa des Forces motrices du Rhin antérieur SA et la nouvelle centrale d'Ilanz, située en amont de la ville du même nom. L'eau motrice est également redéversée dans le Rhin en amont d'Ilanz.

Ilanz I constitue le dernier maillon de la chaîne de centrales qui s'égrènent sur le Rhin antérieur et bénéficie ainsi de l'important volume d'accumulation (de l'ordre de 150 millions de mètres cubes) des aménagements situés en amont. L'eau motrice de la centrale de Tavanasa est amenée par un siphon passant sous le Rhin dans un bassin de compensation d'un volume utile de 150 000 m³. Ce bassin sert à compenser les fortes variations de production de la centrale de Tavanasa utilisée par les Forces motrices du Nord-Est de la Suisse (NOK) pour régulariser le réseau. L'eau des bassins versants

Une histoire qui n'en finit pas

Il faut remonter aux années cinquante pour trouver les premières études concernant l'usine hydroélectrique d'Ilanz. Néanmoins, il fallut attendre 1964 pour que les autorités de la dernière des communes concernées et la

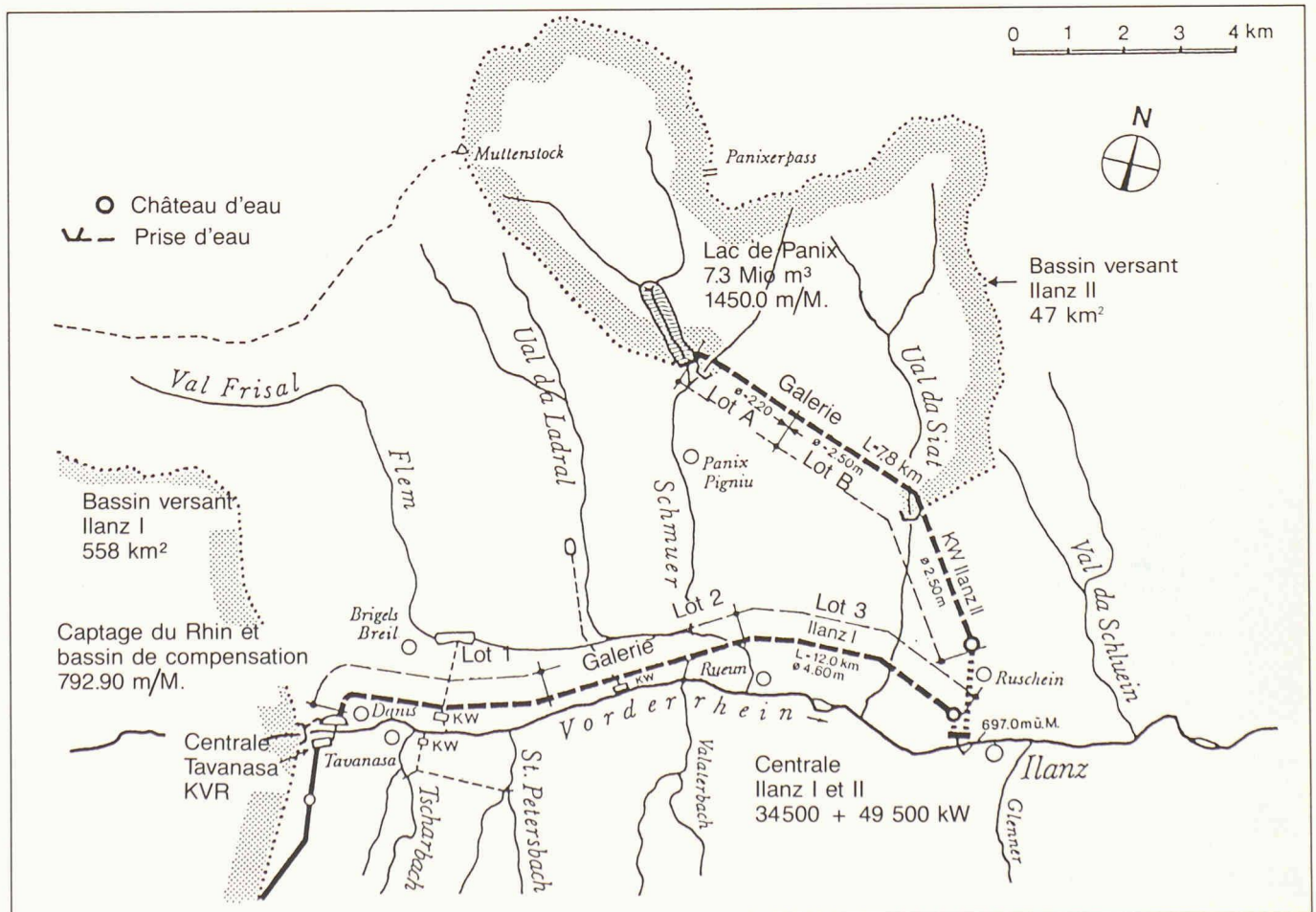
PAR DANIEL QUINCHE,
ÉCHANDENS

petite Chambre du canton des Grisons octroient les concessions, sous certaines conditions toutefois. De ce fait, la mise en concession définitive ne put être prononcée qu'en 1968. La date de lancement des travaux ayant été reportée de dix ans, l'aménagement ne fut commencé qu'en 1979. En effet, dès la fin des années soixante, la percée du nucléaire, bon marché et plébiscité par tous - y compris les défenseurs de l'environnement -, remettait sérieusement en question, sur la base d'arguments économiques déraisonnables,

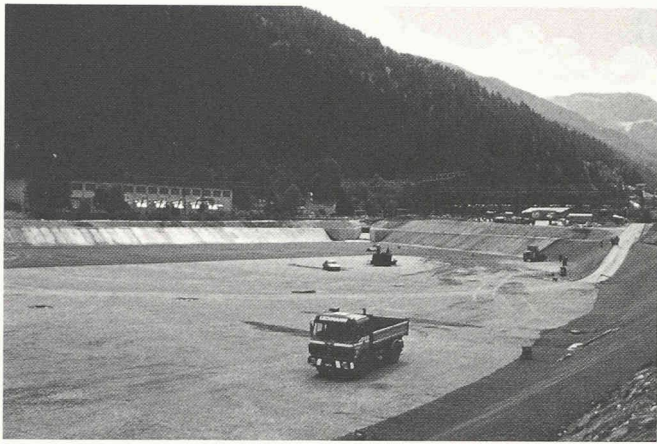
la construction de l'usine électrique d'Ilanz.

Quelques années plus tard, le choc pétrolier, l'apparition de groupes anti-nucléaires, le marasme économique et des conditions plus favorables sur le marché des capitaux jouèrent en faveur des forces motrices d'Ilanz et, en 1978, le projet de construction fut définitivement adopté. Un an plus tard, les travaux commençaient.

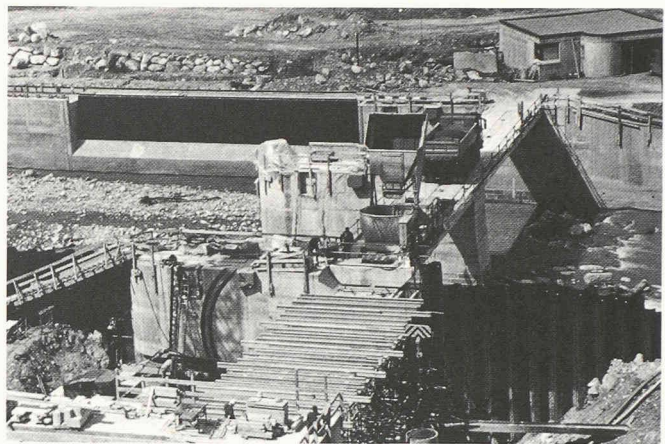
Les procédures relatives au permis de construire et les travaux de défrichage, de même que des différends avec les milieux écologistes d'une part, et des particuliers d'autre part, retardèrent l'ouverture du chantier de cinq nouvelles années pendant lesquelles le Tribunal fédéral eut à juger 13 litiges. La clôture des procédures judiciaires et l'adjudication des travaux firent taire les porte-parole des opposants - la plupart n'étaient d'ailleurs guère concernés par le problème. Après une guerre vaine et dispendieuse, les efforts purent enfin être concentrés sur la réalisation de l'ouvrage d'Ilanz.



Centrales Ilanz I et II : situation.



Ilanz I. Bassin de compensation de Tavanasa – 150 000 m³, cote de retenue 793 m – en cours de revêtement bitumineux. Au milieu, à gauche, on reconnaît l'usine des Forces motrices du Rhin antérieur SA, dont l'eau motrice est reprise par Ilanz I.



Ouvrage de prise sur le Rhin à Tavanasa, constitué d'un barrage mobile à deux pertuis, d'une prise d'eau latérale avec grille et d'un bâtiment de service de commande.

intermédiaires, d'une superficie de 230 km², est elle aussi déversée dans le bassin de compensation. Les eaux du Rhin sont retenues par le barrage mobile de Tavanasa à vanne levante à double corps. Le débit est limité à 12 m³/s, l'eau captée passe dans un desableur à chambre jumelée. La prise d'eau est reliée au bassin de compensation par une conduite souterraine en matériau synthétique d'un diamètre de 180 cm et d'une longueur de 530 m. L'eau motrice utilisée par la centrale est ensuite amenée jusqu'au château d'eau en amont d'Ilanz par une galerie en charge d'une longueur de 12 km et d'un diamètre intérieur d'environ 4,7 m. Un puits blindé d'un diamètre de 3,5 m et long de 370 m fait suite à cette galerie. Le débit est de 50 m³/s, la hauteur de la chute brute de 96 m ; les deux turbines Francis fournissent ensemble 35 MW.

Ilanz II: accumulation limitée pour une grande chute

L'usine d'Ilanz II utilise les eaux des affluents de la rive gauche du Rhin, le Schmuerbach et le Siaterbach. Le lac

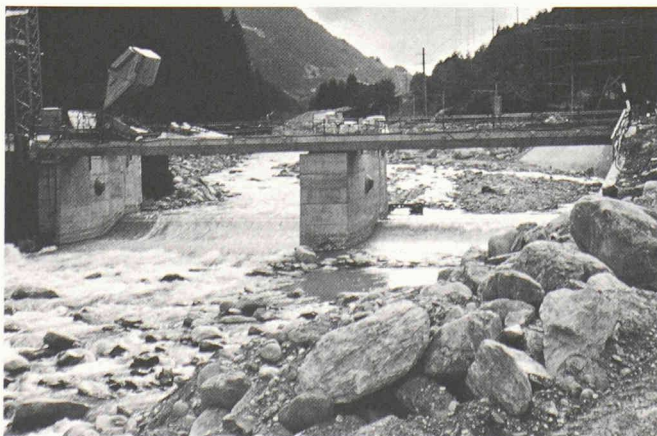
artificiel en construction à Panix dispose d'un volume utile de l'ordre de 7 millions de mètres cubes. Une galerie en charge longue de 7,8 km mène à la chambre d'équilibre en amont de Ruschein, en passant sous le vallon de la Siat. Par un puits incliné, cette galerie reçoit également l'eau captée dans le ruisseau du même nom, à raison de 5 m³/s au maximum. A la chambre d'équilibre est ensuite raccordé un puits blindé suivi d'une conduite forcée enterrée d'une longueur totale de 2150 m. Leur diamètre varie entre 1,65 et 1,50 m.

Le débit de la turbine Pelton est de 8 m³/s en régime d'exploitation normal, la hauteur de chute d'environ 750 m et la puissance installée de l'ordre de 50 MW. Les groupes des deux usines sont télécommandés à partir de la centrale de Tavanasa.

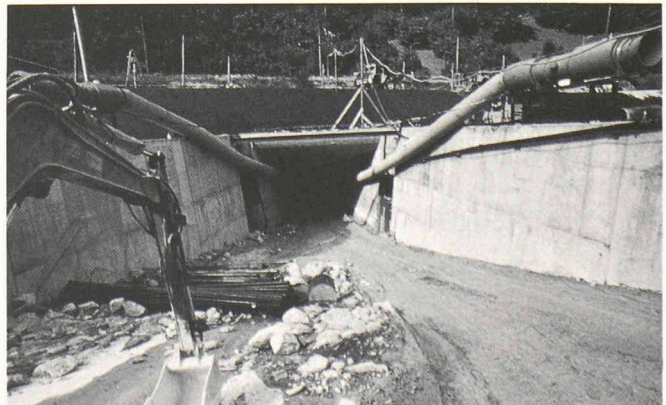
Les deux aménagements présentent des caractéristiques bien distinctes: Ilanz I dispose d'une grande capacité d'accumulation pour une hauteur de chute assez limitée, tandis qu'Ilanz II exploite un volume d'eau beaucoup plus faible pour une hauteur de chute importante.

Problèmes liés à la géologie

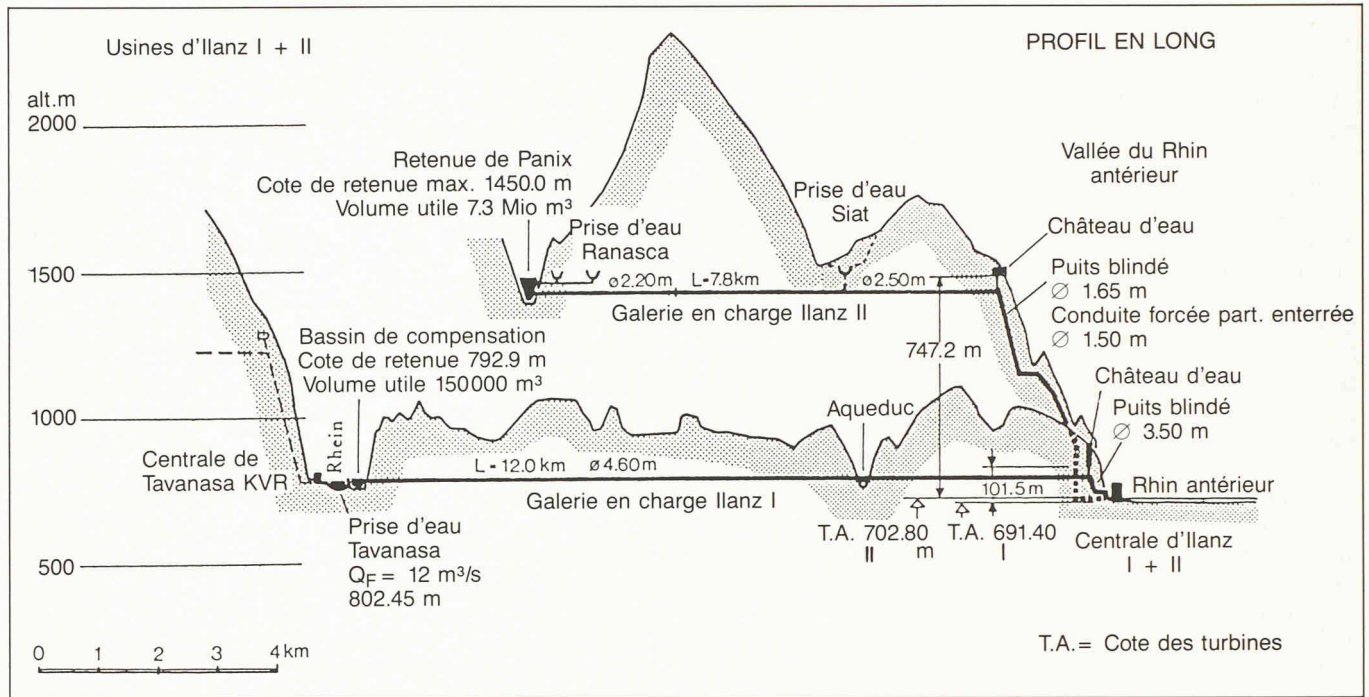
L'ensemble du projet, de son élaboration générale jusqu'aux moindres détails, ainsi que la direction des travaux relèvent directement des services techniques des NOK. Une équipe composée de spécialistes des différents domaines et dirigée par un chef de projet a été créée tout spécialement pour cette réalisation. Structure parallèle, elle est chargée de la coordination et de la surveillance des divers travaux, tandis que l'accomplissement des différentes tâches est placé sous la responsabilité des services techniques des NOK, qui s'intègrent dans la structure hiérarchique générale de l'entreprise. Actuellement, les travaux sont déjà bien avancés et les services techniques joignent leurs efforts à ceux de l'équipe du projet pour faire face aux problèmes qui surgissent. La réalisation des ouvrages du barrage de Panix, de la prise d'eau avec bassin de compensation à Tavanasa et de la centrale d'Ilanz, c'est-à-dire tous les travaux à ciel ouvert, se déroulent conformément aux prévisions. En revanche, le



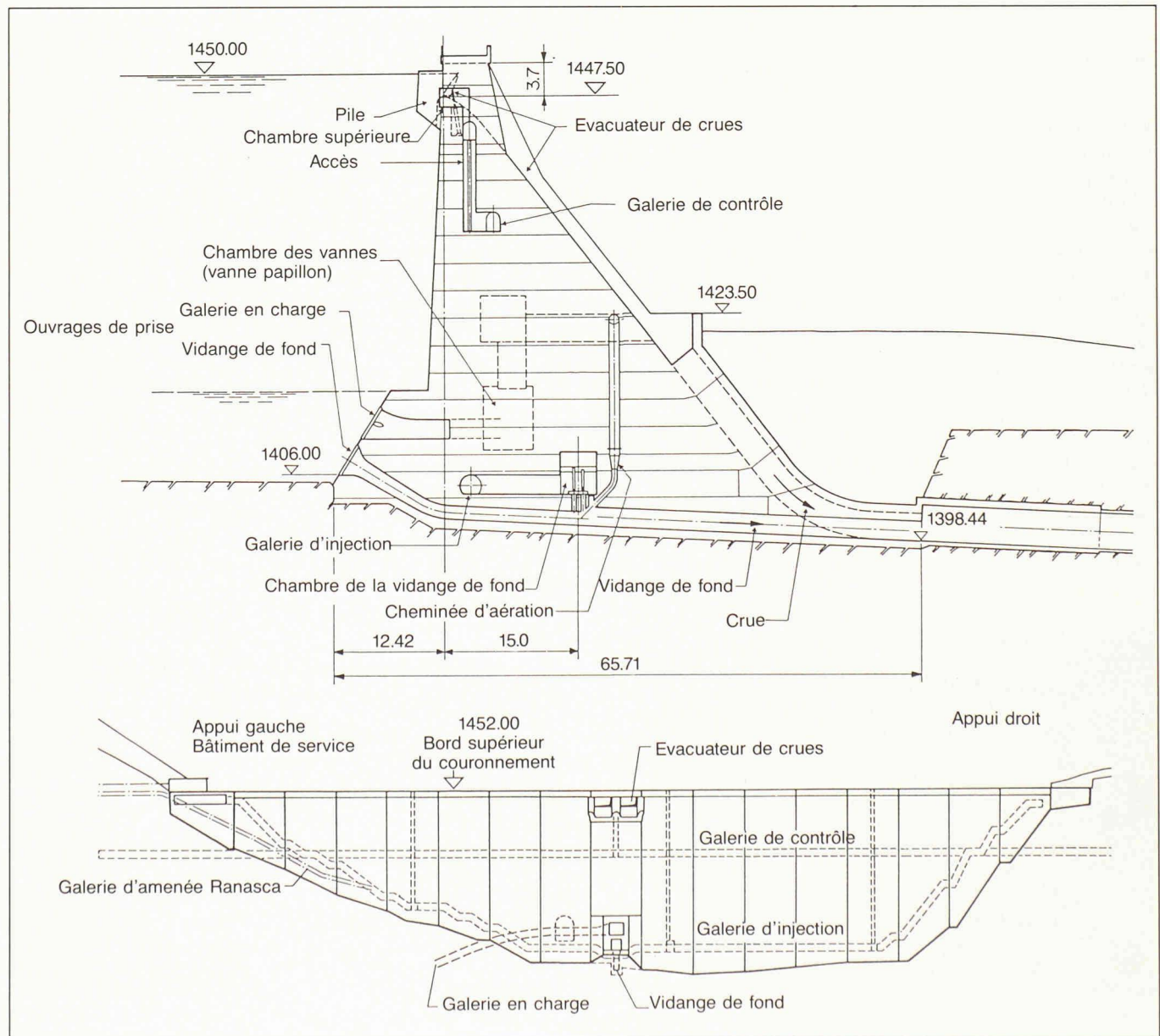
Ouvrage de prise sur le Rhin avec pile centrale – sans les deux volets.



Ouvrage de prise d'eau en amont de la galerie en charge Tavanasa-Ilanz, situé sur le flanc gauche du bassin de compensation de Tavanasa.



Usines d'Ilanz I et II: profil en long.



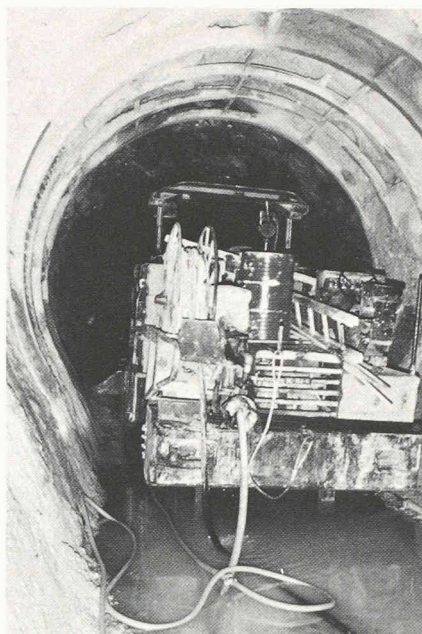
Barrage de Panix: coupes transversale et longitudinale.

creusement des galeries s'est révélé, à maints endroits, plus laborieux que prévu. Compte tenu du terrain géologiquement perturbé, il a fallu renoncer impérativement au forage mécanique. Dans les galeries principales, le creusement par tunnelier employé initialement a donc été remplacé par la méthode traditionnelle d'avancement à l'explosif, ce qui démontre bien les limites d'engagement des tunneliers pleine section. Malgré tous les efforts des équipes de mineurs et l'expérience des entreprises chargées des travaux, un retard sur le calendrier établi semble inévitable.

Des mesures extraordinaires ont été prises pour limiter ce retard qui se traduira non seulement par une mise en service reportée de l'aménagement, mais surtout par des intérêts accrus, une augmentation des frais généraux et des frais d'équipement. Les coûts globaux se monteront à plus de 500 millions de francs suisses, portant ainsi le prix de revient de l'énergie produite à environ 14 centimes pour 1 kWh.

Le barrage de Panix

Avec son plan d'eau à la cote maximale de 1450 m d'altitude et sa cote de retenue minimale de 1415 m, le réservoir de Panix possède un volume utile de 7,2 millions de mètres cubes, ce qui ne représente même pas un dixième des apports moyens escomptés à l'alimentation de la centrale d'Ilanz II. Le lac artificiel de Panix ne fait donc pas office de réservoir saisonnier, mais l'énergie accumulée est essentiellement turbinée pendant les jours ouvrables et à certaines heures de la journée. Le lac collecte par gravité les eaux de son bassin versant naturel de 20,7 km², ainsi que les eaux charriées par le ruisseau Ranasca qui draine un bassin versant d'environ 7 km² et est directement relié à la retenue par une galerie à écoulement libre. Les apports de la val-



La galerie en charge Tavanasa-Ilanz est subdivisée en trois lots. Si les lots 2 et 3 ont pu être excavés entièrement au tunnelier pleine section, pour le lot 1, en revanche, on a dû abandonner le forage mécanique et même procéder à une contre-attaque à partir de Tavanasa. Notre photo: Jumbo à deux bras, sur pneus, à environ 550 m de la prise d'eau de Tavanasa.

lée Siat (bassin versant de 18,9 km²) sont dirigés directement dans la galerie en charge Panix-Ruschein. La superficie totale ainsi drainée est de quelque 46,5 km².

Le barrage de Panix est situé à environ 1800 m en amont du village du même nom, juste à la jonction entre la cuvette de l'Alpe Panix et la gorge profonde qui suit et dans laquelle s'écoule le Schmuerebach. Les conditions topographiques et géologiques à cet emplacement relativement large de la vallée favorisaient nettement un barrage-poids.

Avec une longueur au couronnement de 270 m, sa hauteur maximale sur fon-

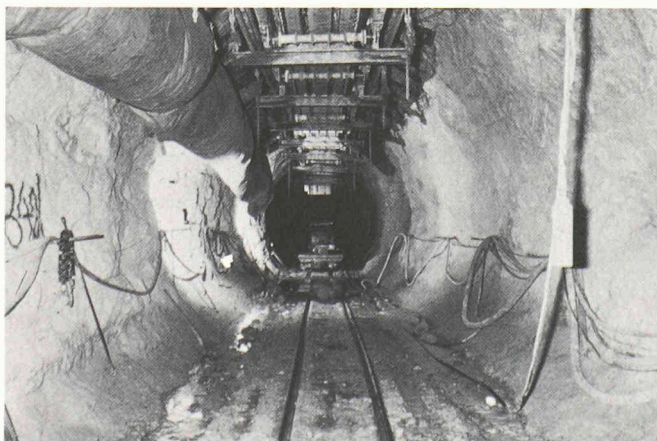
datations de 53 m et son volume total de béton de quelque 160 000 m³, le barrage de Panix est loin d'être le plus grand barrage de notre pays. Les évacuateurs de crues, les organes de vidange de fond et la prise d'eau sont regroupés en un bloc au milieu du barrage.

Au plus profond, on a d'abord l'ouvrage de vidange de fond blindé, obturé par deux vannes disposées l'une derrière l'autre, d'une hauteur de respectivement 1,45 et 1,50 m. La largeur des vannes est de 1,10 m. Celles-ci peuvent être commandées par voie oléohydraulique à partir de la chambre des vannes. Le débit sortant aboutit dans une galerie longue de 210 m et 14 m² de section.

Immédiatement au-dessus de l'ouvrage de vidange se trouve la prise d'eau à l'extrémité de la galerie en charge puis, aménagé dans le couronnement du barrage, l'évacuateur de crues constitué d'un déversoir à deux pertuis obturés par des volets d'une largeur hors tout de 5,25 m et d'une hauteur de 2,66 m et pouvant être manœuvrés individuellement. Ces volets sont télécommandés par voie oléohydraulique.

Enfin, à la sortie du déversoir, on a aménagé un coursier long de 35 m qui rejoint, à la hauteur des matériaux provenant des fouilles, une structure rectangulaire fermée, qui est reliée à la galerie de vidange de fond à section circulaire. Conformément aux mesures de sécurité prescrites par l'organe de surveillance, l'évacuateur de crues et l'ouvrage de vidange de fond peuvent être ouverts en même temps pour le cas où l'un des volets du déversoir viendrait à se bloquer.

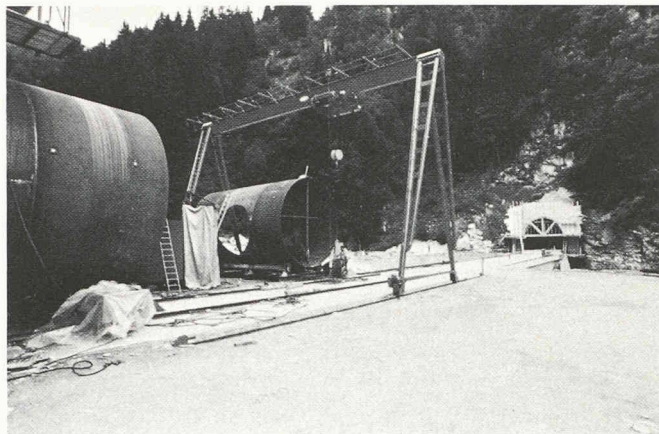
En accord avec les organismes responsables, le débit de la vidange de fond, pour un bassin rempli à son maximum, a été fixé à 42 m³/s et celui du déversoir à 100 m³/s lors d'une faible surélévation du plan d'eau. La coupe transversale du barrage permet de distinguer



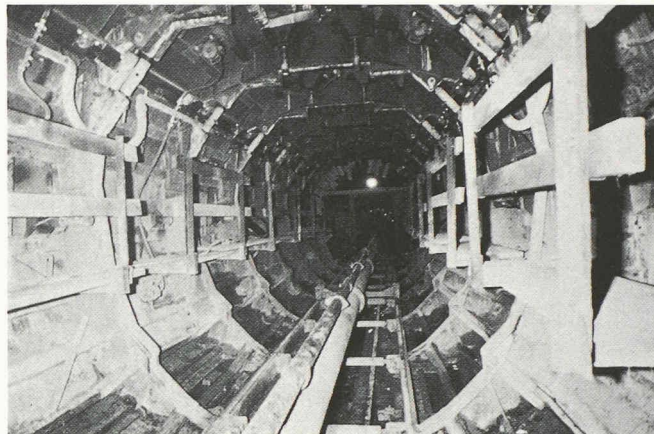
Lot 1. Galerie excavée à l'explosif; méthode plus lente, nécessitant davantage de moyens (hommes et matériel).



Lot 2. Galerie terminée, munie de son revêtement définitif. Ce lot, long de 4,4 km, a été entièrement excavé au tunnelier (Wirth, type TBS III 520 E, ϕ de forage 5,20 m).



Entre les lots 2 et 3, la liaison se fait à l'aide d'un aqueduc long de 70 m, dont 45 reposent sur le tablier d'un pont en béton armé. La conduite en acier spécial a un diamètre de 4,6 m. Les viroles, achevées en pièces détachées, sont ensuite ajustées et soudées sur place.



Lot 3 de la galerie en charge Tavanasa-Ilanz. Entièrement foré au tunnelier, ce tronçon est actuellement en cours de bétonnage. Le coffrage télescopique mis en place permet des étapes de 20 à 25 m par jour. La longueur totale de ce lot, qui comprend également la cheminée d'équilibre d'Ilanz I, est de 4000 m.

Caractéristiques du barrage de Panix

Type de barrage :	barrage-poids
Hauteur maximale sur fondations :	50 m
Longueur développée au couronnement :	270 m
Largeur du couronnement :	5 m
Largeur maximale à la base :	40 m
Niveau du couronnement :	1452 m
Volume total de béton :	160 000 m ³
Cote de retenue maximale :	1450 m
Cote de retenue minimale :	1415 m
Volume utile :	7,2 × 10 ⁶ m ³
Débit maximal de l'évacuateur de crues :	100 m ³ /s
Type :	à vanne segment
Excavation en rocher :	~47 000 m ³
Excavation en terrain meuble :	~60 000 m ³

la disposition des différents équipements.

Le barrage est également doté des installations annexes suivantes :

- un grand nombre d'instruments de mesure sont installés dans les galeries de contrôle et les puits pour assurer la surveillance permanente de l'ouvrage ; en outre, un réseau de visées géodésiques destiné à la mesure directe des déformations éventuelles du barrage est prévu ;
- un système d'alarme d'eau, une installation d'alimentation en électricité ;
- un bâtiment de service avec possibilité de logement, un groupe électrogène de secours, etc. ;
- un système de transmission des mesures de contrôle des déformations du barrage, ainsi qu'une télécommande pour le déversoir de surface et les vannes papillons de la galerie en charge.

De plus, pour empêcher les pertes d'eau, un voile d'injections très étendu

sert à l'étanchéité de la zone sous le barrage, dont la profondeur et l'importance seront déterminées par des forages de reconnaissance pendant les travaux de fouille.

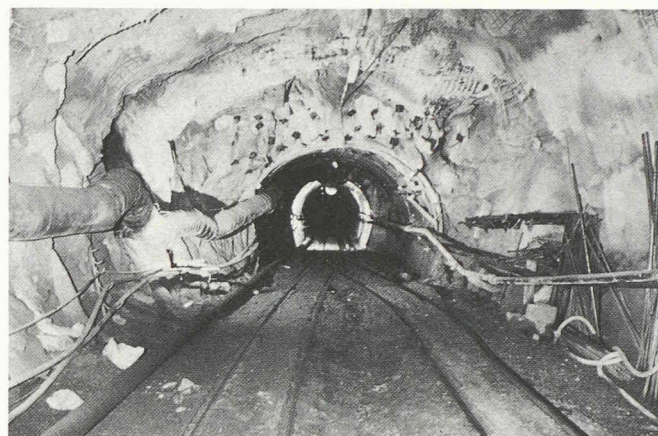
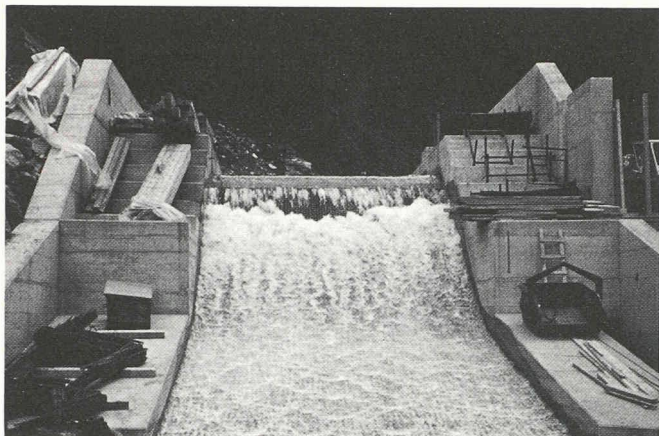
Appels d'offres, adjudication et exécution

Les appels d'offres lancés d'octobre 1985 à fin janvier 1986 pour l'ouvrage proprement dit, les installations annexes et la prise d'eau Ranasca-Nord ont rencontré le plus vif intérêt. Sept associations d'entrepreneurs réunissant 38 entreprises individuelles ont déposé leur soumission. La date de l'adjudication, initialement prévue pour mars, a cependant été remise à mai 1986, les administrations tardant à donner le feu vert pour les travaux de défrichage. Le début des travaux a donc été reporté de trois mois, c'est-à-dire à août 1986.

Pour le début de l'hiver, les installations fixes de chantier étaient prêtes ; les groupes de concassage primaire et secondaire ainsi que l'aire de stockage des agrégats et la centrale à béton qui devaient être dressés sur le périmètre en amont du barrage ne l'étaient qu'en partie. En revanche, les excavations en terrain meuble sur la rive gauche étaient bien avancées.

Organisation du chantier

Maître de l'ouvrage :	KWI Forces motrices d'Ilanz SA, Ilanz
Projet :	NOK Forces motrices du Nord-Est de la Suisse SA, Baden
Direction des travaux :	KWI Forces motrices d'Ilanz SA, Ilanz
Géologie :	M. Kobel, géologue-conseil, Sargans/Coire
Géomètre :	NOK, Baden
Exécution des travaux :	Consortium Barrage de Panix : <ul style="list-style-type: none"> - Marti SA, Entreprise de construction, Zurich (entreprise pilote) - J. Wiederkehr, Zurich - Collenberg SA, Ilanz - Camenisch SA, Rueun - Haltiner Frères, Sagogn - Capaul, Ruis - M. Vinzens, Ilanz



Ilanz II, prise d'eau du Val Siat. Dimensionnée pour capter au maximum 5 m³/s, l'eau, après avoir passé par le dessableur, rejoint directement la galerie en charge du barrage de Panix-Ruschein à l'aide d'un puits incliné.

Ilanz II, galerie en charge Panix-Ruschein, lot A. A cet endroit également il a fallu retirer le tunnelier après 1765 m de forage mécanique. On en a profité pour créer un croisement pour les trains de galerie avant de poursuivre l'avancement à l'explosif en direction de Ruschein.



Usine d'Ilanz abritant les groupes des aménagements I + II:

Ilanz I

Deux groupes à axe vertical: turbines Francis – 34,5 MW, débit 50 m³, chute nominale 101,5 m – cote de l'axe des turbines 691,4 m.

Production moyenne escomptée: été 83,70 GWh, hiver 41,50 GWh, total 125,2 GWh par année.

Ilanz II

Un groupe à axe horizontal: turbine Pelton – 2 roues à 2 jets – 49,5 MW, débit 8 m³/s, chute nominale 747,2 m – cote de l'axe des turbines 702,8 m.

Production moyenne escomptée: été 108,70 GWh, hiver 26,00 GWh, total 134,70 GWh par année.

La puissance totale disponible s'élève donc à 84 MW et la production d'énergie totale à environ 260 GWh par année.

A l'origine, les agrégats nécessaires à la fabrication du béton devaient être extraits de la zone du futur bassin d'accumulation. Malheureusement, les essais effectués révélèrent l'inadaptation du matériau. Comme d'autre part, l'utilisation des éboulis de pente au pied des parois rocheuses était exclue pour diverses raisons, il fallut se mettre à la recherche d'une carrière. C'est ainsi que l'on opta pour un gîte de calcaire corallien situé sur la rive droite, au-dessus du futur niveau d'eau du bassin et surplombé par un éperon rocheux. Un plan d'aménagement de

la décharge des matériaux de fouille et de la carrière en fin d'exploitation répondant aux impératifs écologiques a dû être soumis aux autorités. Malgré les retards signalés plus haut, le défrichage du site de la carrière put être réalisé en automne; mais il n'était alors plus possible de mettre ce site en exploitation.

La quantité d'agrégats requise pour les essais préliminaires exigés par le consortium put néanmoins être extraite avant l'hiver dans une ancienne galerie de reconnaissance. L'entreprise Routes en béton SA de Wildegg a effectué

les essais dans une centrale à béton rigoureusement similaire à celle prévue pour le chantier du barrage.

L'hiver ayant été très long cette année-là, les travaux d'extraction dans la carrière, qui devaient reprendre dès le début du printemps, furent retardés en raison des risques d'avalanche persistants. En contrepartie, les travaux de fouilles et l'achèvement des installations de chantier avancèrent bon train. Malgré ces contretemps, les premiers essais de mise en place du béton ne subirent qu'un léger retard puisqu'ils eurent lieu en juin 1987. Les dégâts occasionnés par les hautes eaux des 18 et 19 juillet, conjugués à des difficultés survenues sur l'installation de dosage de la centrale à béton, retardèrent les travaux de bétonnage.

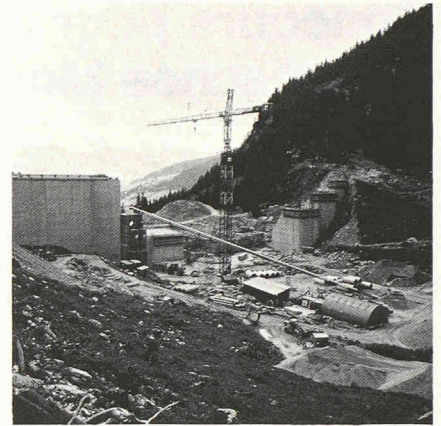
Le calendrier d'exécution a prévu trois campagnes de bétonnage:

- 1987: réalisation partielle de l'aile gauche du barrage et exécution totale des travaux de fouilles sur le versant droit
- 1988: bétonnage des blocs du versant droit et partiellement des blocs centraux
- 1989: à la mi-été, fin des travaux de bétonnage et début du démontage des installations.

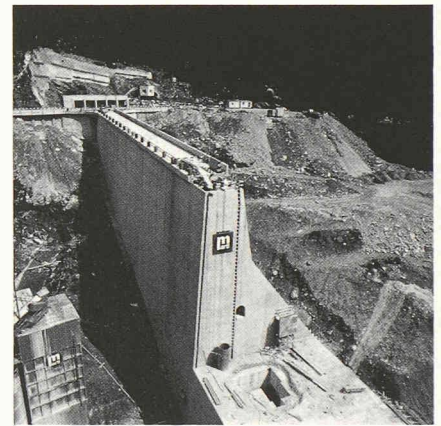
La mise en place du béton est effectuée par des grues à tour. La distance des joints entre les blocs, au nombre de 18, est de 15 m. Chaque nouvelle levée de béton est fixée à respectivement 3 et 2,5 m pour les quatre dernières étapes. Avant que le ciment ait terminé sa prise, la dernière surface est nettoyée et rendue rugueuse par un jet d'air comprimé additionné d'eau. Par la suite, une couche de plusieurs centimètres de mortier à dosage élevé de ciment est étendue sur toute la surface, immédiatement avant le bétonnage de la levée suivante, ce qui assure la liaison entre les blocs superposés. Le bétonnage est soumis à la réglementation générale en vigueur; les dimen-

Installations de chantier

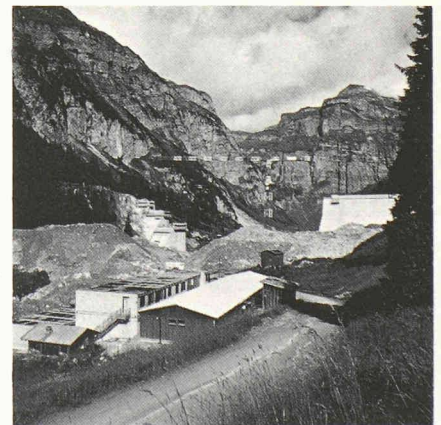
- Approvisionnement en énergie: 3 transformateurs d'une puissance totale de 3000 kVA alimentant les différentes cellules de chantier par réseau secondaire
- Logement/cantine/bureaux: - bureaux pour la direction des travaux et l'entreprise, pavillon pour les visiteurs abritant différents panneaux d'information
- cantine pouvant accueillir 100 personnes
- logements et installations sanitaires prévues pour 60 ouvriers - équipements dressés à l'entrée du chantier
- Installations pour la préparation du béton: 1 centrale à béton - débit 120 m³/h - équipée d'un malaxeur à deux arbres à mélange forcé de 3000 l
5 silos à agrégats, 2 silos à ciment (de 100 t chacun)
- Postes de concassage/lavage-triage, préparation des agrégats (capacité horaire: 250 t/h): 1 concasseur primaire (0-900)
1 dépôt intermédiaire (0-200)
1 poste de préconcassage-prétriage
1 installation de lavage-triage
1 poste de fabrication de sable
5 dépôts de stockage pour les composants: 0-4, 4-10, 10-35, 35-80, 80-120, matériaux acheminés ensuite à la tour à béton par bande transporteuse
- Mise en place du béton: en 18 blocs (blocs d'une longueur de 15 m), mise en place du béton par bennes d'une capacité de 6 m³ transportées par l'engin de levage principal qui assure 80% du volume du béton; les capacités horaires se situent au-delà des 100 m³/h
- Qualité des bétons: - béton de parement PC 250-0/80
- béton de masse PC 200-0/120
- Engins de levage (fixes): - 1 grue à tour Peiner MK 1250 - la plus importante d'Europe capacité max. 12 500 kNm portée max. 80,8 m - charge utile 132 kN portée min. 37,8 m - charge utile 320 kN
- 1 grue à tour Wolff, type WK 262 SL capacité max. 3192 kNm portée max. 55,0 m - charge utile 44 kN portée min. 23,1 m - charge utile 120 kN



Vue en amont du barrage avec, au centre, la tour à béton et la bande transporteuse à agrégats.



Vue depuis la tourelle de la grue centrale Peiner sur les blocs 1 à 7 terminés. Au début du couronnement, on reconnaît le bâtiment de service, solidaire du bloc 1 (appui gauche).



Vue depuis la route conduisant à l'appui gauche du barrage, avec le village ouvrier au premier plan.

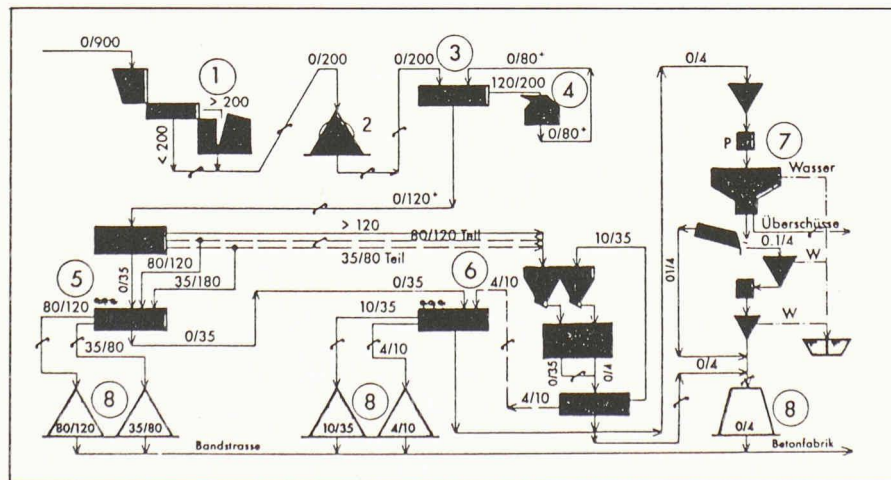


Schéma de la préparation des agrégats pour le barrage de Panix

- | | |
|--|-----------------------------|
| 1) concasseur primaire | Wasser = eau |
| 2) dépôt intermédiaire | Überschüsse = trop-plein |
| 3) prétriage | Betonfabrik = tour à béton |
| 4) concasseur secondaire | Bandstrasse = tapis roulant |
| 5) poste de lavage | |
| 6) poste de triage | |
| 7) poste de fabrication de sable | |
| 8) dépôts des agrégats 0-4, 4-10, 10-35, 35-80, 80-120 | |

sions de l'ouvrage ne requièrent pas de mesures spéciales pour le refroidissement artificiel du béton par circulation d'eau dans des serpents.

Photos: Daniel Quinche.

Adresse de l'auteur:
Daniel Quinche
Reporter-photographe
8, ch. du Muveran
1026 Echandens-Denges