

<b>Zeitschrift:</b>	Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
<b>Band:</b>	74 (1982)
<b>Heft:</b>	3
<b>Artikel:</b>	Programmes de remise en eau et d'auscultation = Programs for refilling and monitoring
<b>Autor:</b>	Biedermann, Rudolf
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-954763">https://doi.org/10.5169/seals-954763</a>

### **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:** 04.02.2026

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

## VII. Programmes de remise en eau et d'auscultation

Rudolf Biedermann

La première mise en eau d'une retenue est une opération qui doit être menée avec soin et méthode. Elle est d'autant plus délicate lorsque l'ouvrage de retenue est un barrage qui a subi d'importantes déformations et qui de surcroît à dû être réparé. C'est pour cette raison que les programmes de remise en eau et d'auscultation ont été minutieusement préparés par un groupe de travail dirigé par l'Autorité de haute surveillance. Les trois experts de la Confédération, l'expert du propriétaire de l'ouvrage, ainsi que deux représentants de l'Etat du Valais ont participé à ces travaux qui ont débuté en octobre 1980. Un rapport dans lequel sont consignées toutes les directives a été publié en août 1981. Ce document fera par ailleurs intégralement partie de l'autorisation pour les travaux de réfection du barrage accordée par l'Autorité de haute surveillance.

### 1. Programme de remplissage

Afin de charger progressivement le barrage et les rives de la retenue, l'opération de réaccumulation qui débute à la cote 1680 m s. m. comprendra 4 étapes annuelles dont les niveaux successifs ont été fixés aux cotes 1720, 1750, 1765 et 1777 m s. m., cette dernière valeur correspond au niveau normal d'exploitation (figure 1). La première étape de remise en eau pourra débuter pour autant que les travaux de réparation du barrage aient atteint la cote 1740 m s. m., soit 20 m au-dessus du niveau de remplissage prévu pour cette étape. Lors des étapes suivantes, jusqu'à ce que les travaux soient totalement achevés, une différence de 20 m devra être maintenue entre le plan d'eau de la retenue et le niveau d'avancement des travaux de réparation. En cas de crue, des mesures spéciales seront prises. La mise en fonction de la vidange de fond avec ouverture partielle de la vanne permettra de limiter la montée du plan d'eau tout en respectant la capacité d'écoulement de la rivière. Toutefois, en cas d'apports exceptionnels, on a envisagé la possibilité d'augmenter les débits évacués même si cette manœuvre devait entraîner des inondations à l'aval. Lorsque les conditions d'apports seront redevenues normales, le niveau de la retenue sera rapidement abaissé à la cote qui prévalait avant l'arrivée de la crue.

A partir de la 2<sup>e</sup> étape, la vitesse de montée du plan d'eau sera limitée aux valeurs suivantes:

Niveaux 1720–1750 :  $H = 10.50 \text{ m/semaine}$

Niveaux 1750–1765 :  $H = 5.25 \text{ m/semaine}$

Niveaux 1765–1777 :  $H = 3.50 \text{ m/semaine}$

Dès la 2<sup>e</sup> année du programme de remise en eau, le plan d'eau sera stabilisé pendant 2 à 3 semaines à tous les niveaux maxima des étapes précédentes. Cet arrêt momentané doit permettre d'effectuer des mesures géodésiques des déformations et sur la base de leurs résultats de décider la poursuite des opérations selon le programme prévu.

### 2. Système d'auscultation

Le système d'auscultation pour la surveillance et le contrôle du barrage et de ses environs comprend les instruments suivants:

- 1 indicateur de niveau (avec enregistrement continu)
- 25 thermomètres électriques noyés dans la console médiane
- 64 thermomètres à mercure placés dans des tubes Eternit côtés amont et aval au niveau des galeries I à VIII
- 1 thermographe pour la température de l'air

## VII. Programs for Refilling and Monitoring

Rudolf Biedermann

The first filling of a reservoir has to be carried out carefully. This is valid even more for a refilling operation if the dam is a strongly deformed and repaired one. For this reason, refilling and monitoring programs were elaborated meticulously by a working group under the direction of the Federal Dam Supervision Authority. The Federal Board of Experts, the expert of the owner and two representatives of the canton Valais collaborated in this team. Its studies started in October 1980. A report, including all important guidelines was submitted in August 1981. This document will be added to the official authorisation for the repair work, delivered by the Federal Dam Supervision Authority.

### 1. Program for Refilling

The dam and the subsoil of the reservoir will be progressively loaded during the refilling tests. Starting at level 1680 m a.s.l., four annual stages have been foreseen. The successive maximum levels have been selected as follows: 1720, 1750, 1765 and 1777 m a.s.l.; the last value corresponds to the normal operating level (figure 1). The first stage cannot be started as long as the repair work has not reached level 1740 m a.s.l., i.e. 20 m above the maximum level admitted for the first step of refilling. During the following stages, a difference of 20 m has to be kept between the water surface and the level of the already executed repair work. In case of flood, special precautions will be taken. The rise of the reservoir water level will be limited by a partial opening of the bottom outlet, taking into account the discharge capacity of the river. However, if the volume of the flood gets too extreme, it will be possible to increase the discharge through the bottom outlet, even though causing inundations in the downstream part of the river. When the conditions become normal again, the water surface will be dropped to the level reached before the flood.

From the second stage onwards, the rate of rise of the water level will be limited as follows:

Level 1720–1750:  $H = 10.50 \text{ m/week}$

Level 1750–1765:  $H = 5.25 \text{ m/week}$

Level 1765–1777:  $H = 3.50 \text{ m/week}$

Moreover, beginning with the second year of the program, the water surface will be kept stable during two to three

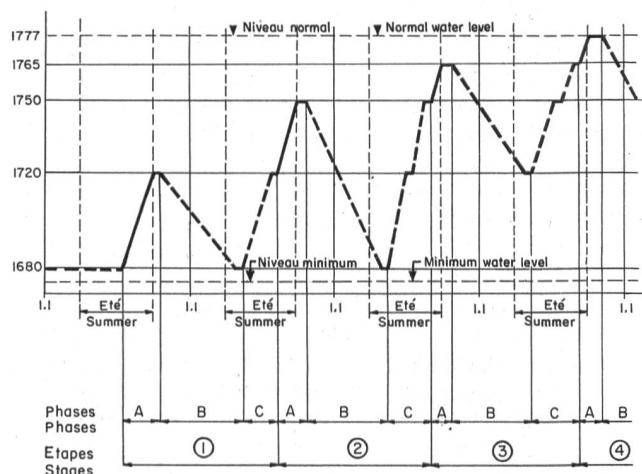


Figure 1. General program for refilling.

Figure 1. Programme général de remise en eau.

- 3 pendules avec au total 13 niveaux de lecture (dont dans la console médiane avec enregistrement continu)
- un réseau pour les mesures géodésiques de déformations (avec réseau de triangulation, nivellation au niveau du couronnement, polygonale et nivellation au niveau de 4 galeries, ainsi que la possibilité de relier les instruments situés à l'intérieur de l'ouvrage avec le réseau extérieur)
- 10 dilatomètres répartis au droit de joints et de fissures
- 9 rocmètres
- 7 inclinomètres (slope-indicator)
- 2 forages équipés de shear-strip
- 2 stations de jaugeage des venues d'eau
- 8 manomètres pour la mesure des sous-pressions
- 6 sismographes pour l'observation de la microsismicité avec enregistrement automatique
- 46 stations pour la mesure des débits des sources situées à l'aval de l'ouvrage
- 1 station pour la mesure du débit des eaux de drainage à la sortie de la galerie de sondage

Un grand nombre de ces instruments n'étaient précédemment pas à disposition et ont été installés en vue du contrôle pendant les opérations de remise en eau.

### 3. Programme des mesures

Lors d'une étape, le rythme des mesures est différent selon la phase en cours. Les phases sont au nombre de trois:

A nouvelle phase de remplissage

B phase d'abaissement (en hiver)

C phase de remplissage jusqu'au niveau maximum atteint lors de la phase A précédente

Pendant la phase A, particulièrement critique, les mesures des instruments les plus importants seront effectuées *in situ* 2 fois par semaine (lundi et vendredi), d'autres mesures 1 fois par semaine. Pendant la phase B, les mesures seront réalisées toutes les 2 semaines et pendant la phase C, 1 fois par semaine. Comme le niveau de la retenue, la température de l'air et les valeurs de 2 points de mesure du pendule de la console médiane seront enregistrés en continu, il sera également possible de suivre le comportement de l'ouvrage entre deux séries de mesures plus complètes. Des programmes spéciaux sont prévus pour les campagnes de mesures géodésiques des déformations et le relevé des débits des sources.

Des mesures géodésiques des déformations seront entreprises chaque fois que le niveau de la retenue aura été stabilisé à une cote donnée; il est prévu de procéder soit à des mesures complètes, soit à des mesures réduites (détermination d'un nombre restreint de grandeurs). Par ailleurs, lors de la phase B, un programme très réduit, appelé mini-mesures, est envisagé. Il s'agit de mesures qui permettent de connaître des valeurs particulièrement importantes et qui peuvent être déterminées même lorsque les conditions en hiver sont difficiles.

Les débits de nombreuses sources seront mesurées toutes les 2 semaines en été, 1 fois par mois en hiver. Au total, quelques 46 sources seront suivies. La mesure des eaux drainées par la galerie de sondage sera effectuée 1 fois par semaine pendant les phases de remplissage et toutes les 2 semaines pendant les phases d'abaissement.

### 4. Organisation du contrôle

En raison de l'importance de l'opération et du grand nombre de résultats de mesures, qui particulièrement pendant les phases de remplissage doivent être traités de façon continue et sans délai, il devient nécessaire de mettre sur pied une organisation qui

- prévoit une répartition judicieuse des tâches pour la mise en valeur et l'analyse des résultats,

weeks at each maximum level reached during the previous stage. This momentary stop is foreseen to carry out geodesic deformation measurements; depending on these results it will be decided if the filling operation can be continued according to the program.

### 2. Monitoring System

The monitoring system to control the behaviour of the dam and its vicinity includes the following instrumentation:

- 1 water level indicator (continuously recording)
- 25 electric thermometers implanted in the central section
- 64 mercury thermometers slid into tubes placed alternatively next to the upstream and downstream face of the dam on the levels of galleries I to VIII
- 1 thermograph for air temperature
- 3 pendulums with a total of 13 levels of measurement (2 of them in the central section will be recorded continuously)
- a network for geodesic measurements (triangulation network, levelling of the dam crown, polygons and levelling in 4 galleries, as well as special equipment which allows to connect the instruments located inside the dam to the exterior network)
- 10 extensometers for joints and cracks
- 9 rockmeters
- 7 slope-indicators
- 2 shear-strips
- 2 measurement stations for percolation water inflow into the dam
- 8 manometers for uplift measurements
- 6 seismographs for the observation of the microseismicity with automatic recording
- 45 gauging stations to observe the springs located downstream of the dam
- 1 gauging station at the exit of the exploratory adit

Most of this equipment was not available before and has been installed in view of the control during the refilling.

### 3. Program for Measurements

According to the development of each filling stage, the measuring frequency is different. The filling cycles are subdivided into three phases:

A new phase of filling

B draw down phase (in winter)

C phase of filling up to the maximum level reached during the previous phase A

During the particularly critical phase A, the main measurements will be realised twice a week (Mondays and Fridays), others once a week. During phase B, the measurements will be executed every two weeks, and during phase C once a week. Between two series of measurements, it is also possible to follow the behaviour of the dam because the water level, the air temperature and the movements of two points of the central pendulum are continuously recorded. Special programs are foreseen for the geodesic measurements and the measurements of the discharges of the springs.

Geodesic measurements will be carried out whenever the water will be kept on a chosen level. It is foreseen to execute either a complete or a reduced set of measurements. In the latter case, only a few characteristic values will be determined. Moreover, a very reduced program of so-called mini-measurements will be executed during phase B. These measurements, giving particularly important values, can be taken even when conditions are difficult in winter.

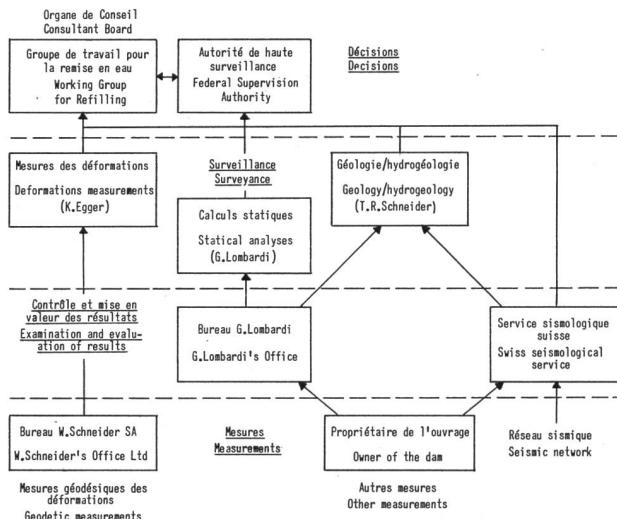


Figure 2. Organisation du contrôle et acheminement de l'information.

Figure 2. Control organisation and information chart.

The discharge of a certain number of springs will be measured every two weeks in summer and once a month in winter. During summer, all 46 springs will be measured twice. The water inflows into the exploratory adit will be measured once a week during the filling phases and every two weeks during the lowering phases.

#### 4. Control Organisation

Regarding the importance of the operation and the necessity of analysing without delay the numerous data expected during the filling phases, an organisation has to be established which

- rationally distributes the tasks of evaluation and examination of the results,
- allows the use of computers to accelerate the controlling and analysing procedures,
- guarantees at all times an efficient assistance to the Federal Dam Supervision Authority.

To reach these goals in the most rational way, i.e. by profiting of the existing experience and infrastructure, it was decided that (figure 2)

- the working group which established the program for the refilling and monitoring will continue with its activity as consultant to the Federal Dam Supervision Authority,
- the control and the examination of the results will be given over to the Swiss Seismological Service (seismological data) and the office of Dr. G. Lombardi (all other data); they both have their own computers and programs,
- the permanent supervision of dam behaviour will be assured by the federal experts *G. Lombardi, T. R. Schneider, K. Egger*.

The operating personnel of the owner will carry out all the measurements with the exception of the geodesic measurements which will be carried out as in the past by the office of W. Schneider (*K. Egger*). During the filling phases, immediately at the end of each measuring operation, all results will be transmitted by telephone to the office of Dr. Lombardi, where they will be verified as to their plausibility. In this way, it will be possible to repeat, on the same day, all faulty and uncertain measurements under identical loading conditions. Moreover, each group evaluating data has to communicate within four days all results to the Federal Dam Supervision Authority and to all the members of the working group.

With this organisation, the short time limits for the transmission of the information and the general reservations of the Federal Dam Supervision Authority, who can at any time

- modify the program for refilling,
- interrupt the refilling operation and, in case of need,
- order the lowering of the reservoir,

all the conditions should be fulfilled to guarantee an early detection of any abnormal behaviour of the dam. Consequently it should be possible to take all necessary steps promptly. Thus the refilling operation of the reservoir will be undertaken with all precautions guaranteeing the security of the population downstream of the dam.

- permet d'accélérer leur contrôle et leur analyse, par le traitement des résultats par ordinateur,
- assure en tout temps une assistance efficace à l'Autorité de haute surveillance.

Pour atteindre ces buts de manière rationnelle, c'est-à-dire en tirant parti des expériences acquises et de l'infrastructure existante, il a été décidé que (figure 2)

- le groupe de travail qui a établi les programmes de remise en eau et d'auscultation, poursuivra son activité en tant qu'organe de conseil auprès de l'Autorité de haute surveillance,
- le contrôle et la mise en valeur des résultats seront pris en charge d'une part par le Service sismologique suisse (données sismiques) et d'autre part par la bureau d'études Lombardi (autres données); ils disposent tous deux de leurs propres moyens de traitement des données,
- la surveillance permanente sera assurée par les experts de la Confédération (*Lombardi, Schneider et Egger*).

A l'exception des mesures géodésiques, qui, comme dans le passé seront effectuées par le bureau W. Schneider (*K. Egger*), toutes les autres mesures seront exécutées par le personnel du propriétaire de l'ouvrage. Pendant les phases de remplissage, dès la fin des mesures, les résultats seront transmis par téléphone au bureau Lombardi qui vérifiera immédiatement leur fiabilité. De cette manière, toute mesure erronée ou douteuse pourra être répétée le même jour sous des conditions de charges identiques. Par ailleurs, il est demandé aux différents mandataires de communiquer les résultats dans les 4 jours après l'exécution des mesures à l'Autorité de haute surveillance et aux membres du groupe de travail pour la remise en eau.

Compte tenu de cette organisation, des délais particulièrement courts prévus pour la transmission des informations et la réserve générale formulée par l'Autorité de haute surveillance qui lui permet en tout temps

- de modifier le programme de remise en eau,
- d'interrompre la remise en eau, et en cas de nécessité,
- d'ordonner l'abaissement de la retenue,

toutes les conditions sont réunies pour pouvoir déceler rapidement tout comportement anormal et par conséquent pour prendre à temps toutes les mesures qui s'imposeraient. L'opération de remise en eau sera donc menée avec toutes les précautions voulues en garantissant en tout temps la sécurité de la population à l'aval du barrage.

Adresse de l'auteur: Dr Rudolf Biedermann, ing. civil EPFZ, chargé de la sécurité des barrages, Office fédéral de l'économie des eaux, case postale 2743, CH-3001 Berne.

Address of the author: Dr. Rudolf Biedermann, civil eng. ETHZ, head of the Federal Dam Supervision Authority, Swiss Federal Office for Water Economy, P.O. Box 2743, CH-3001 Berne.