

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Band: 89 (1997)
Heft: 3-4

Artikel: Dam Safety = Sécurité des barrages
Autor: Lafitte, Raymond / Biedermann, Rudolf / Bäumlér, Esther
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-940174>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 15.10.2024

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



Dam Safety
Sécurité des Barrages

Rudolf Biedermann

wasser
energie
eau
énergie air **luft**

Preface

The construction of dams in Switzerland began at the end of the 19th century, and by 1950, 60 had already been completed. Then, between 1950 and 1970, an intense period of construction took place, and during this time 100 large dams were built.

Today Switzerland has 203 dams, which have been placed under high surveillance by the Government. Of these, 95 % are for the production of electrical energy. 25 dams are more than 100 m high and 4 are higher than 200 m. Grande Dixence, at 285 m, is the highest gravity dam in the world, and Mauvoisin, at 250 m, is the third highest arch dam.

Swiss dams can be considered as mature: 175 of them are more than 20 years old, 150 are older than 30, 95 are more than 40, and 60 are more than 50 years old.

In view of this ageing dam population, and also the fact that 90 % of Switzerland's hydroelectric resources have been developed, engineers are now mainly turning their attention to the monitoring and maintenance: the "geriatrics" of dams. They are working on the rehabilitation of the oldest schemes in the country, or else advising on the construction of large dams in other parts of the world.

In 1980, Dr. *Rudolf Biedermann* was entrusted with the task of ensuring the safety of the dams by the Federal Office of Water Economy. Being well aware of the responsibility of the State in this domain, within a few years he had put in place his concept for the safety of these dams, and then, step by step, with thoughtfulness and imagination, he evolved his triptych:

"Structural safety – Monitoring – Emergency concept".

In addition to this, in other appropriate fields, such as the dynamic analysis of dams, concrete and floods, he has stimulated and supported research at the Federal Institutes of Technology.

Now, as Dr. Biedermann leaves his post, he has decided to present the quintessence of his ideas on the safety of dams in our country, and to commemorate the Florence Congress in May 1997, he dedicates this publication to the engineers of the International Commission on Large Dams. We hereby express our deep gratitude to him.

The Swiss National Committee on Large Dams

Prof. *Raymond Lafitte*, Chairman

Bild auf der vorangehenden Seite: Die 141 m hohe Bogenstaumauer Valle di Lei der Kraftwerke Hinterrhein AG, Thusis/Schweiz.

Illustration of the front page: The arch dam Valle di Lei is 141 m high. Kraftwerke Hinterrhein AG, Thusis/Switzerland.

Illustration de la page précédente: Le barrage voûte Valle di Lei est 141 m haut. Kraftwerke Hinterrhein AG, Thusis/Suisse.

Préface

La construction des barrages a commencé en Suisse à la fin du 19^e siècle et l'on comptait déjà, en 1950, 60 ouvrages; puis, une période intense de construction est survenue entre 1950 et 1970, durant laquelle 100 grands barrages ont été réalisés.

Aujourd'hui, la Suisse possède 203 barrages placés sous la haute surveillance de la Confédération, 95 % étant destinés à la production d'énergie électrique. 25 ouvrages ont plus de 100 m de hauteur et 4 dépassent 200 m; Grande Dixence (285 m) est le plus haut barrage poids du monde et Mauvoisin (250 m) le troisième barrage voûte.

Si l'on se penche sur l'âge des barrages, on constate que 175 d'entre eux ont plus de 20 ans, 150 plus de 30 ans, 95 plus de 40 ans et 60 dépassent 50 ans.

La mise en valeur des ressources hydroélectriques du pays est achevée à 90 %; les ingénieurs se consacrent principalement au contrôle et à l'entretien des barrages: la «gériatrie» dirions-nous. Ils travaillent aussi à la rénovation des aménagements les plus anciens et, par ailleurs, apportent leurs conseils à la réalisation de grands barrages hors de Suisse.

En 1980, le Dr *Rudolf Biedermann* s'est vu confier, à l'Office fédéral de l'économie des eaux, la charge de la sécurité des barrages. Ayant une forte conscience de la responsabilité de l'Etat dans ce domaine, il a en peu d'années posé le concept de la sécurité de ces ouvrages, puis développé pas à pas, avec réflexion et imagination, les volets de son triptyque:

«Sécurité structurale – Surveillance – Concept d'urgence».

En outre, dans des domaines judicieusement choisis, tels que le calcul dynamique des barrages, le béton et les crues, il a suscité et appuyé des recherches dans les instituts des Ecoles polytechniques fédérales.

Au moment où le Dr Biedermann quitte sa charge, il a tenu à exposer la quintessence de ses idées sur la sécurité des barrages dans notre pays et, à l'occasion du Congrès de Florence en mai 1997, il dédie cette publication aux ingénieurs de la Commission internationale des grands barrages. Nous lui exprimons ici notre vive gratitude.

Le Comité national suisse des grands barrages

Prof. *Raymond Lafitte*, président

Sonderdruck zum internationalen Talsperren-Kongress 1997 in Florenz aus der Fachzeitschrift «wasser, energie, luft – eau, énergie, air» (89) 1997, Ausgabe 3/4, S. 53–72.

© Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband, Rütistrasse 3A, CH-5401 Baden.

Special issue to the International Congress on Large Dams 1997 in Florence of the periodical "wasser, energie, luft – eau, énergie, air" (89) 1997, Nr. 3/4 p. 53–72.

© Swiss Association for Water Economy; Rütistrasse 3A, CH-5401 Baden.

Tiré à part à l'occasion du Congrès international des grands barrages 1997 à Florence du mensuel «wasser, energie, luft – eau, énergie, air» (89) 1997, no. 3/4, p. 53–72.

© Association suisse pour l'aménagement des eaux, Rütistrasse 3A, CH-5401 Baden.

Safety concept for dams: Development of the Swiss concept since 1980

Rudolf Biedermann

1. Introduction

Everything changes with time. This is also true for the safety concepts of large technical systems such as dams. New experiences are made regularly and the lessons must be learnt if the goal is to always provide the best possible protection to the population that would be affected in case of failure. 1980 is selected as reference year, as the supervision of dam safety passed from the Federal Department of Home Affairs to the Federal Department of Transport, Communications and Energy just before then. As a consequence, the group entrusted with the enforcement of the executive decree on dam regulation¹ could be decisively reinforced. It was then possible to address conceptual aspects and the enforcement of the regulations more thoroughly. It was also clear at that time that the era of dam construction was essentially over in Switzerland and that it would be necessary to cope mostly with existing dams and their safety in the future.

2. Basic principles

Before addressing the main topic, it is recalled that – only those dams which endanger lives² in case of failure are subjected to the relevant regulations³, as will continue to be the case in the future, and that, consequently, – the same safety requirements apply to all jurisdictional dams, i.e. no classes of risk are considered and this based on the reflection that all people are entitled to the same level of protection against a potential hazard and to the same level of emergency preparedness, independently of the size of the reservoir⁴.

It is further noted that safety requirements are not set based on statistical risk analyses, but on factual considerations complemented – as long as responsible – by cost-benefit assessments. It is not appropriate to require expensive measures when no substantial gain in safety is expected to result.

¹Executive decree to Art. 3^{bis} of the federal law on water police of July 9, 1957 (revised last in 1985).

²Whereby only the critical flooding (water depth, flow velocity) of residential and business areas, permanent camping grounds and roads used regularly are considered.

³Will be reassessed for the small dams after the changes in the executive decree presently under revision become effective.

⁴Is only partially carried out for what the evacuation preparedness is concerned (see section 6.3).

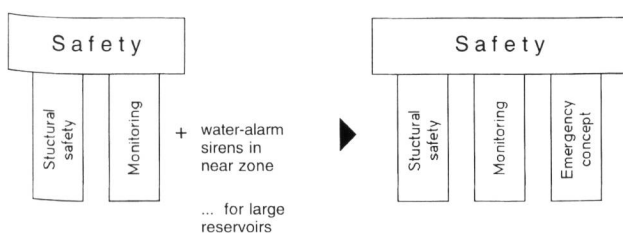


Figure 1. Swiss safety concept. Left: until 1985, right: since 1985.

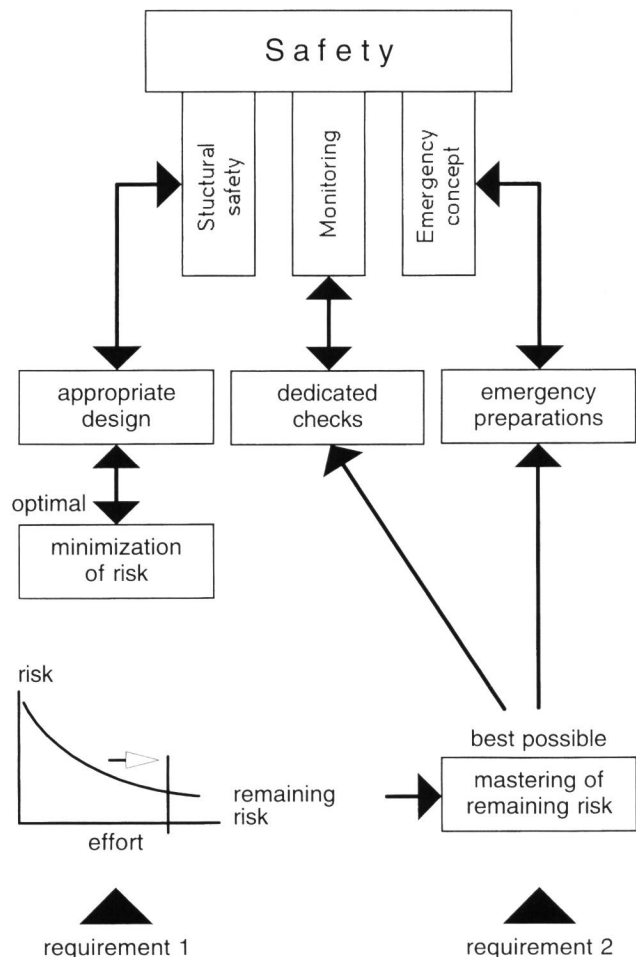


Figure 2. Current Swiss safety concept.

3. Safety concept

Before 1980 – legally until 1985 – dam safety was based on the two tenets

- structural safety and
- monitoring

(figure 1, left). The revision of the executive decree in 1985 brought a 3rd tenet (figure 1, right), the – emergency concept.

This came from the reflection that, aside from the optimal minimisation of the risk (requirement 1), the best possible mastering of the remaining risk must also be considered (requirement 2 in figure 2). This implies that the assessment of the condition of the dam and in particular of its behaviour must be made systematically, aimed even more than before at an early detection of a threat to safety. In addition, those emergency preparation measures must be taken that are necessary to act in the best possible way, i.e. appropriately and promptly when a threat is recognised.

The step from the 2-tenet concept to the 3-tenet concept is much more important as may appear at first glance, and this will be further explained later. An advantageous foundation for the extension of the safety concept was the fact that water alarm sirens had been installed in the potentially submerged areas of the largest dams as a result of the bombing of German dams during World War II (figure 1, left). No particular effort was thus necessary to integrate the evacuation in the emergency concept as the last protection measure at disposal.

Threat \ Protection measures	Abnormal behaviour	Landslide, rock / ice fall	Flood	Earthquake	Sabotage	Act of war
Rehabilitation	●	(ev)				
Partial drawdown		●				○
Complete drawdown	(2)					
Precautionary evacuation	(3)	(2)	●			
Post-event evacuation		(2)		●	●	●

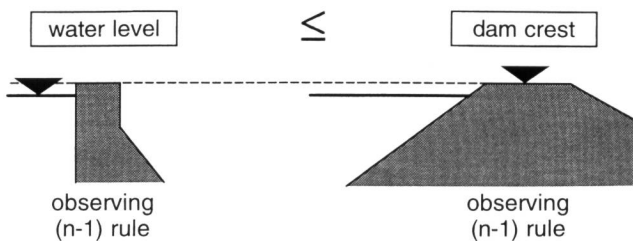


Figure 3. Threats and measures at disposal in case of emergency. Ranking of importance: ● 1, 2 and 3.

CRITERION 1

(lower level)

for HQ₁₀₀₀



CRITERION 2

(upper level)

for HQ_{max}

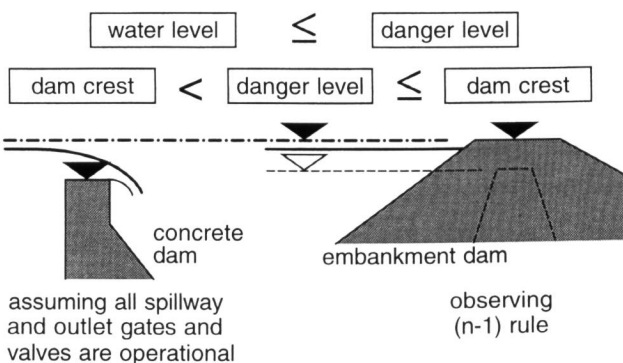


Figure 4. Design criteria for flood.

4. Structural safety (tenet 1)

The optimal minimisation of the risk (requirement 1) calls for an appropriate design of the dam, and this

- for all possible loading and operational conditions,
- according to the most recent state of knowledge (what may require rehabilitation measures), as well as
- considering the protection measures that can be mobilised in the case of an emergency.

The second and the third requirement are actually new only in their strict enforcement.

The (possible) threats and the protective measures that are at disposal in the case of an emergency are listed and related to one another in figure 3. One recognises that the case of an abnormal behaviour of the dam or of its foundation is easier to master than any other threat. Should the corrective measures taken not have the expected benefit early enough, then the reservoir can be drawn down, thereby eliminating the threat to the population downstream. Should there be insufficient time to do so, then a precautionary evacuation can be ordered.

One is in a much less comfortable situation for the threats of flood, earthquake, sabotage and act of war, because the only countermeasure available is the evacuation. It must be taken due account of this fact. Consequently, the design must be based on the largest possible events at the site when it comes to the natural hazards of flood and earthquake. Noncritical damages are thereby acceptable, i.e. damages that do not endanger the overall stability of the structure (even with full reservoir). A more stringent requirement would not be appropriate, as it is highly unlikely that a 1000-year event – or a rarer one – occurs during the lifetime of the structure and that reparation costs incur.

4.1 Safety against floods

Requiring that no critical damages occur in case of floods leads to the requirement that the water level does not rise above the danger water level for the largest possible flood (HQ_{max}), i.e. that it does not rise above the level at which scour holes or erosion jeopardising the overall stability can initiate. For concrete and gate-structure dams, this level is higher than the crest (or top of the parapet when one that can resist the water pressure is in place). For embankment dams, it is the crest level or some lower level if dangerous seepage flow can initiate in the crest area (figure 4, bottom).

The bottom outlets in the Swiss dams are, as a rule, designed for a very large discharge and the operating rules applying to flooding anticipate a progressive opening of the outlets. Therefore, the gate mechanisms, the emergency power unit and the water level gage must remain operational and accessible, and this also during large discharges. It is thus also required that the crest be not overtopped up to the 1000-year flood (HQ₁₀₀₀) (figure 4, top).

At the design stage, it is assumed that the reservoir is filled at its normal water level⁵. Wind-induced waves can be neglected because – as indicated – non critical damages are accepted. For embankment dams, it must finally be assumed that the most powerful outlet with gates or valves cannot be opened (“n-1 rule”). For concrete and gate-structure dams, this rule applies only to the 1000-year flood.

⁵The initial condition in reservoirs used for flood protection is the empty reservoir condition. It must however also be ensured that in case of a problem i.e. a filled up reservoir, at least the 1000-year flood does not exceed the danger level.

Previously, i.e. until the early eighties, an appropriate freeboard was required for the 1000-year flood (HQ_{1000}). At that time, the design was thus already based on an event larger than the 1000-year flood, although not explicitly.

Regarding the safety against floods, it must be considered that extreme floods can only occur when the soil is saturated at the beginning of the actual flood, i.e. the runoff coefficient is equal to one. Older design rules based on observed floods, i.e. floods with runoff coefficients less than one, underestimated the reservoir inflows to be considered in design (figure 5). On top of that, it seems that the floods on the southern side of the Alps are driven by a cyclic behaviour with relatively "low" floods between roughly 1920 and 1970.

4.2 Safety against earthquakes

Requiring that no critical damages occur during or after an earthquake leads to the requirement that the dam be designed such that it resists the largest possible earthquake – also with full reservoir – and that too much water does not escape, duly considering the specifics of the underground. This has to be proved numerically, what is difficult.

The necessity for a second criterion – like for floods – is still open for the moment, because it is presently not possible to reliably predict if, for example, the bottom outlet can still be operated after a 1000-year earthquake, condition that should be satisfied.

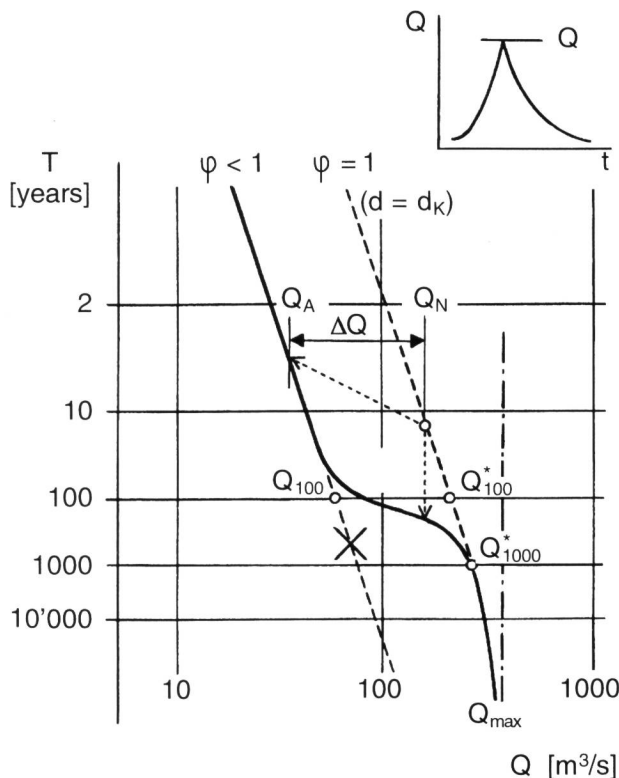


Figure 5. Cumulative probability of peak discharges at a specific location along a river.

ϕ = runoff coefficient
 d = duration of precipitation
 d_k = concentration time
 $\Delta Q = (1 - \phi) Q_N$ = infiltration in soil
 $Q_{100}^* = \alpha \sqrt{E}$
 where E = catchment area in km^2
 α = regional coefficient⁶
 $Q_{\text{max}} = 1.5 Q_{1000}^*$

⁶Ticino basin: $\alpha = 46$; Rhine basin (without Aar): $\alpha = 39$; Aar basin: $\alpha = 30$; Rhône basin: $\alpha = 24$; Inn basin: $\alpha = 16$.

4.3 Research

The design criteria for the loading cases of flood and earthquake are more easily formulated than applied. With regard to safety against floods, the difficulty lies in estimating the relevant inflow hydrographs (HQ_{max} und HQ_{1000}). The actual design is, in comparison, easy. With regard to the safety against earthquakes, the difficulty lies primarily in the design and, less flagrant, in estimating the parameters of the design earthquakes (E_{max} and possibly E_{1000}). The improvement of the state of knowledge is thus important and one must try to support relevant research even more than before. The dam owners and the leading engineering firms are asked to contribute to this endeavour.

Since 1982 research has been successively initiated and quite successfully undertaken in the following fields:

- earthquake safety of concrete dams,
- earthquake safety of embankment dams,
- estimate of the largest possible and of the 1000-year flood,
- properties and long-term behaviour of dam concrete, as well as
- behaviour of rock foundation under static and dynamic solicitations.

The research funds coming from the Federal Office for Water Management are unfortunately reduced by half starting 1997. As a consequence, research on earthquake safety is interrupted on January 1, 1997. This is for the moment less problematic for the earthquake safety of concrete dams than for the earthquake safety of embankment dams, as it must be recognised that, for concrete dams, decisive improvements in the understanding of the dynamic behaviour can be made only after fracture mechanics is better understood. The importance is greater for the earthquake safety of embankment dams as, based on the present stage of knowledge, one could have hoped to make significant progresses in approximately three years.

It is very rewarding that a strong-motion network could be built in the nineties thanks to a financial contribution of the Swiss dam owners. Both a free-field network aimed at obtaining the attenuation laws for earthquake propagation and a dam network⁷ aimed at gathering informations on the behaviour of selected dams during earthquakes have been installed. Further, the Federal Laboratory for Materials Testing and Research (EMPA) conducts ambient vibration tests at a dam under the initiative of the Swiss Division of Safety of Dams.

4.4 Know-how transfer

Aside from conducting research, it is also important to follow and assess the relevant researches and developments made in Switzerland and abroad and to disseminate the knowledge gained to those who are involved in dam safety. This is primarily the responsibility of the Federal Institutes of Technology. An important role is also played by the Swiss National Committee on Large Dams, which is active in this area with its working groups and its yearly convention.

5. Surveillance (tenet 2)

The goal of surveillance is to recognise as soon as possible a damage, a defect in structural safety, or an external threat to safety such that the measures that are necessary to master the danger which occurred can be taken. At this

⁷The gravity dam of Grande Dixence, the arch dams of Mauvoisin and Punt dal Gall as well as the embankment dam of Mattmark are instrumented.

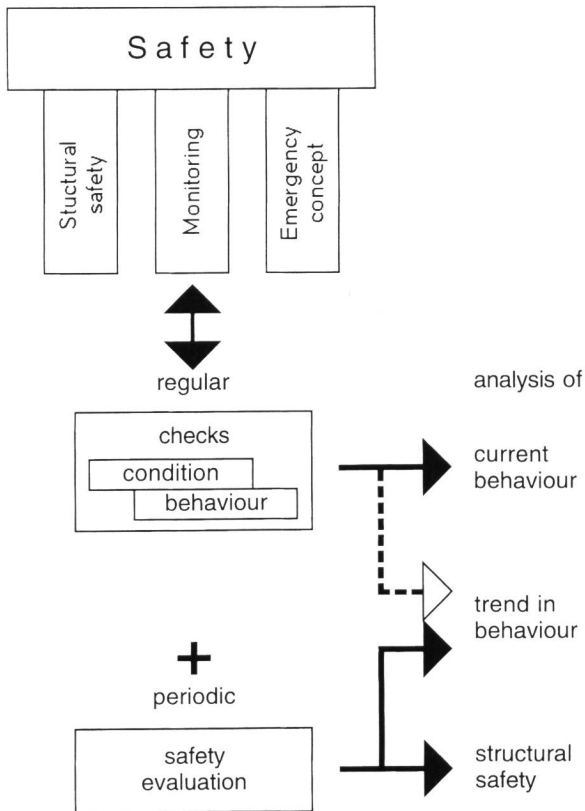


Figure 6. Elements of surveillance and objectives.

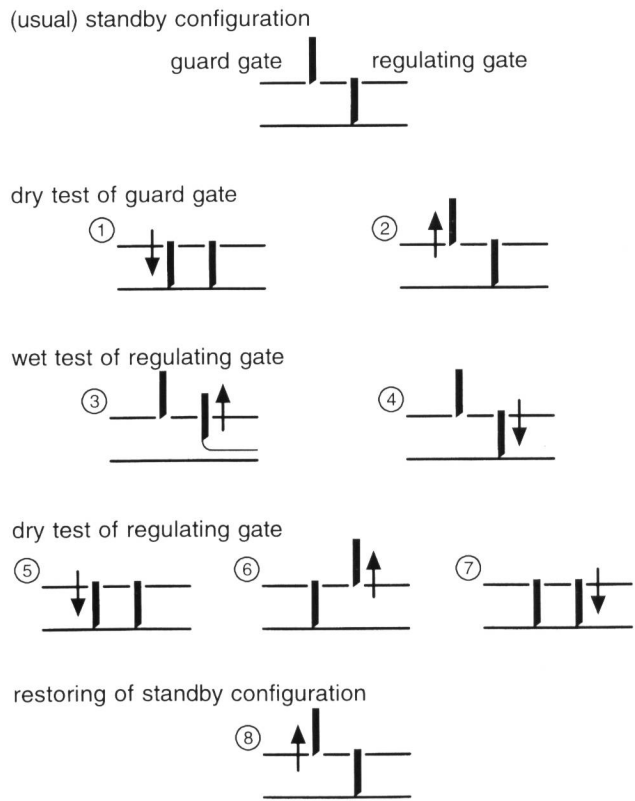


Figure 8. Operating test of a double gate.

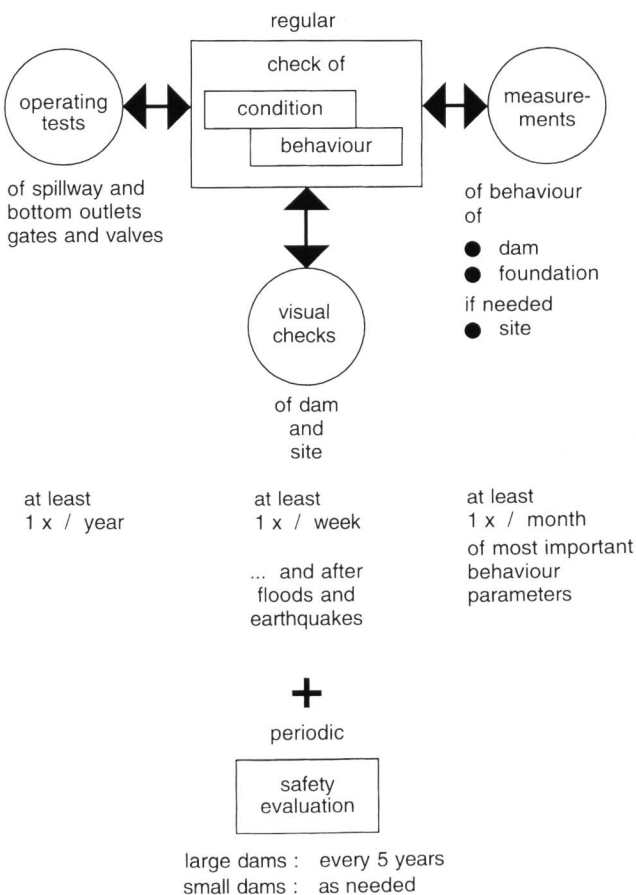


Figure 7. Elements of surveillance and minimum schedule of the individual checks.

end, regular checks of the condition and of the behaviour of the dam as well as periodical safety evaluations (figure 6) are needed. The regular checks serve in particular in following the current behaviour, and the periodical safety evaluations in following the long-term behaviour as well as in verifying the structural safety.

The following is needed to obtain a complete assessment of the condition and of the behaviour (figure 7)

- visual checks
- measurements and
- operating tests of gates and valves (as well as of emergency power unit).

Visual checks are needed because changes in condition and certain behaviours cannot be assessed by measurements or only with much delay. For example, the appearance of a wet spot or of a spring downstream of the dam can be an indication that seepage in the foundation has changed. Functional checks in which the moving parts of the gates are tested are needed from time to time to verify their readiness.

Surveillance always has been highly regarded in Switzerland.

- Recent improvements include
- a surveillance dedicated to recognising a threat as soon as in any way possible,
 - an increased importance given to visual checks, because experience shows that around 70% of all emergency situations can first be identified visually, as well as
 - the introduction of wet operating tests at fairly full reservoir to verify that the spillway and bottom outlet gates can also be opened under the most adverse operating conditions (figure 8).

The increased emphasis on the early detection of a threat does not require a very frequent surveillance nor the collection of many data. Of the outmost importance is rather that the measured data which give a representative information

of the behaviour of the dam and of its foundation (so-called main indicators) be read at reasonable time intervals and be looked at in depth⁸. The interval between two controls is adequate when it is less than the period during which significant changes in normal behaviour can occur. Those are time spans which lie between a week and a month, depending upon the measured data. Measured data are analysed with sufficient depth when this is done not only by the dam wardens, i. e. at the 1st surveillance level (figure 9), but – within a week – also at the 2nd surveillance level, i. e. by the experienced civil engineer and this with the help of appropriate assessment tools like envelope curves or a numerical model to determine the expected deformation. This implies that the data be sent to the experienced engineer immediately and that the latter be asked to perform the analysis as quickly as possible.

The efficiency of a numerical model as compared to an envelope curve approach when assessing the deformation and the significance of the integration of the 2nd level of surveillance into the current monitoring is illustrated impressively by the example of Zeuzier reservoir. In 1978, a bowl-like settlement of the ground led to a large, exceptional deformation of the arch dam of Zeuzier, beginning on September 28 as reconstructed later. As was customary at the time, the displacements of the plumb lines were compared to an envelope curve by the dam wardens, whereby assuming that a possible abnormal behaviour would be occurring only when the measured data lie outside the envelope curve. The monthly measurements at one of the three plumb lines (central one) are shown for the period from September 5, 1977 to December 6, 1978 in the figure 10 (top left). The data from early September to early December of the years 1977 and 1978 are identified, i. e. of two time periods which should show a similar deformational behaviour. Reality was however totally different, and an experienced engineer would have recognised this already on October 6, 1978, or at the latest on October 31, 1978, if he had been part of the permanent surveillance system. It so happened that the dam wardens – perfectly correctly – detected an abnormal behaviour only after the measurement of December 6, 1978. Using the computer models now available (figure 10, bottom), the anomaly would have been positively identified already after the first measurement following the inception of the exceptional behaviour.

Surveillance can still be improved and can go beyond the minimum that is required by automating data acquisition of the main indicators, by transferring in a remote fashion the corresponding data to a place that is more or less permanently staffed and by maybe comparing daily the data with computed values. One must fully realise that the use of programs of analysis is by far less reliable than an assessment made by an experienced person. Automation however offers the big advantage of confronting the dam owner with the safety of his dam.

Also, a further development occurred in the sense that – the supervising authority forms – up to a certain point – a fourth level of surveillance (figure 9), because it has, since 1980, sufficient staff to perform its own general evaluations of the condition and behaviour of the dams and is thus able to assume adequately the supervision⁹, – the presence of a surveyor is required – aside from that of the civil engineer and of the geologist – at the site visit which precedes the 5-year safety appraisal.

⁸See also section 6.2 in this respect.

⁹although with considerable time delay, because the assessment of the situation is only then possible when the measurement and other reports have arrived.

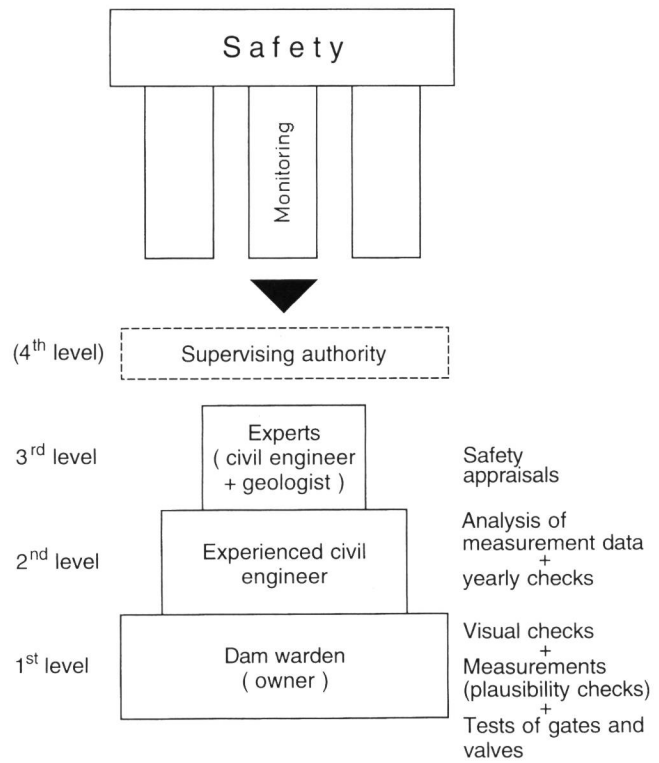


Figure 9. Organisation of surveillance.

6. Emergency concept (tenet 3)

The emergency concept was introduced in 1985 in connection with the revision of the executive decree as the third tenet of the safety concept. Its purpose is to take all the preparatory measures that are needed to act as well as possible when a threat to safety is recognised. At the forefront lies the

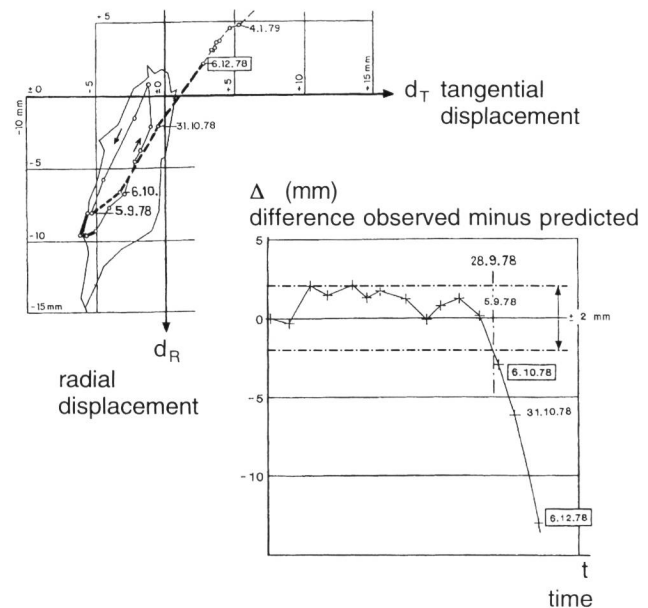


Figure 10. Abnormal ground settlement in the area of the reservoir of Zeuzier: displacement of the fixing point of the middle plumb line.

Check based on:

top left:	envelope curve	{ ——— 5.9.–6.12.1977 - - - - 5.9.–6.12.1978
bottom right:	computer model	

6.1 Emergency strategy

It defines three danger thresholds and specifies measures accordingly (figure 11):

- Danger threshold 1: It prevails when the dam specialist (either the expert or – when none is specified in the surveillance organisation of the dam – the experienced engineer) indicates that the event can be mastered without any doubt. To counter the occurring threat, either the appropriate remedial works are to be performed or the water level is to be partially lowered (when a rock mass might slide or fall into the reservoir).
- Danger threshold 2: It prevails when the dam specialist cannot certify that the situation will be mastered. In such a higher state of danger, the water level must be preventively lowered and the preparedness of the alarm system ordered. The aim when enforcing the former measure is to try to reduce the risk early enough and when enforcing the latter to make sure that the population can be evacuated on very short notice in case the drawdown of the reservoir does not proceed fast enough.
- Danger threshold 3: It prevails when, according to the dam specialist, rupture of the dam can probably not be avoided any more. In this extreme situation the alarm and consequently the evacuation of the population (in all the potentially submerged areas) is to be ordered. The objective is thus to evacuate people before the catastrophe occurs, so also giving the opportunity to people close to the dam to bring themselves to safety.

So as to be able to act in the spirit of this strategy, the dam specialist must know what are the causes of the threat and how it develops with time. This requires an increased quantity of data as well as more frequent measurements, i. e. an increased monitoring.

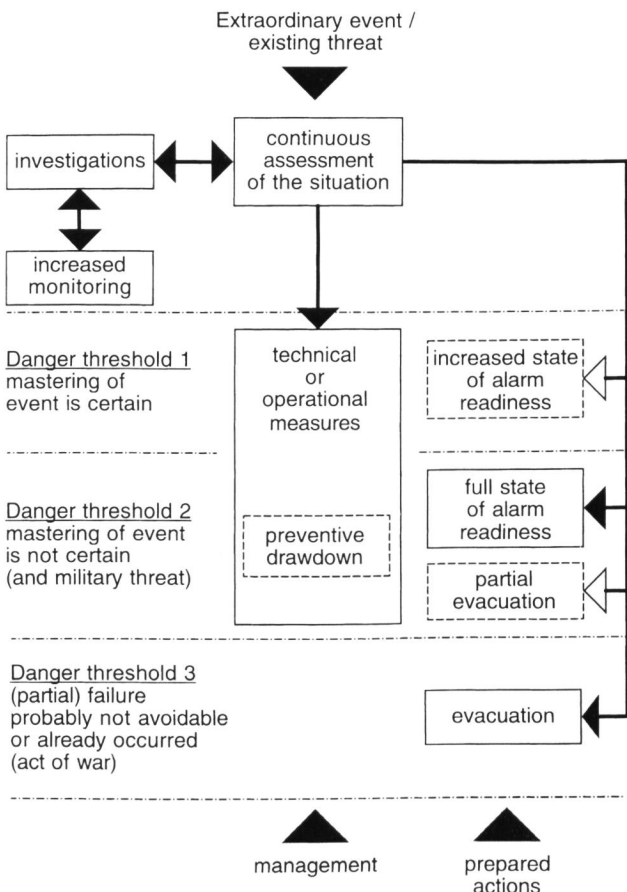


Figure 11. Emergency strategy for dams.

6.2 Measuring concept

When a threat is recognised (goal of the 2nd tenet), the regular surveillance must pass into a state of increased monitoring without delay (figure 12). This can only be done when the measuring concept is set up in such a way that it already satisfies most of the requirements applying to an exceptional situation, and this also in winter. Therefore, those are not the needs of the ordinary surveillance which determine the measuring system but those of the emergency situation.

This consideration, different from that of the past, is the reason why the measuring systems and the measuring intervals are different in Switzerland from those abroad, and this by an amount which is not insignificant. This applies primarily to the capturing of the deformational behaviour of the dam and of its foundation. To explain an abnormal behaviour and follow it with time, deformation and settlement lines that refer to fixed points in the terrain near the dam are needed. This can be achieved by a network of vertical and horizontal measurement lines placed in the plane of the dam (figure 13, right), this measuring network being further linked to a triangulation net which extends sufficiently far in the surrounding terrain¹⁰. Should the extent of the triangulation net be too restricted because of topographical or other reasons (forest, unstable ground), it can now be modified into a hybrid net thanks to satellite-based surveying (GPS) (figure 14). It must however be recognised that GPS measurements are much less precise than terrestrial ones. With the help of the triangulation net (and of the integrated

¹⁰At embankment or concrete dams without galleries or shafts, the measurement lines in the dam must be replaced by an orthogonal array of points on the downstream face.

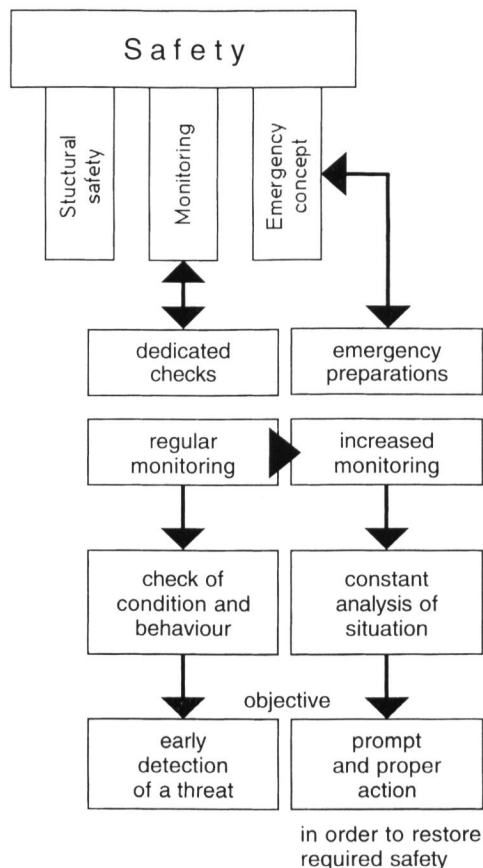


Figure 12. Relation between regular and increased surveillance.

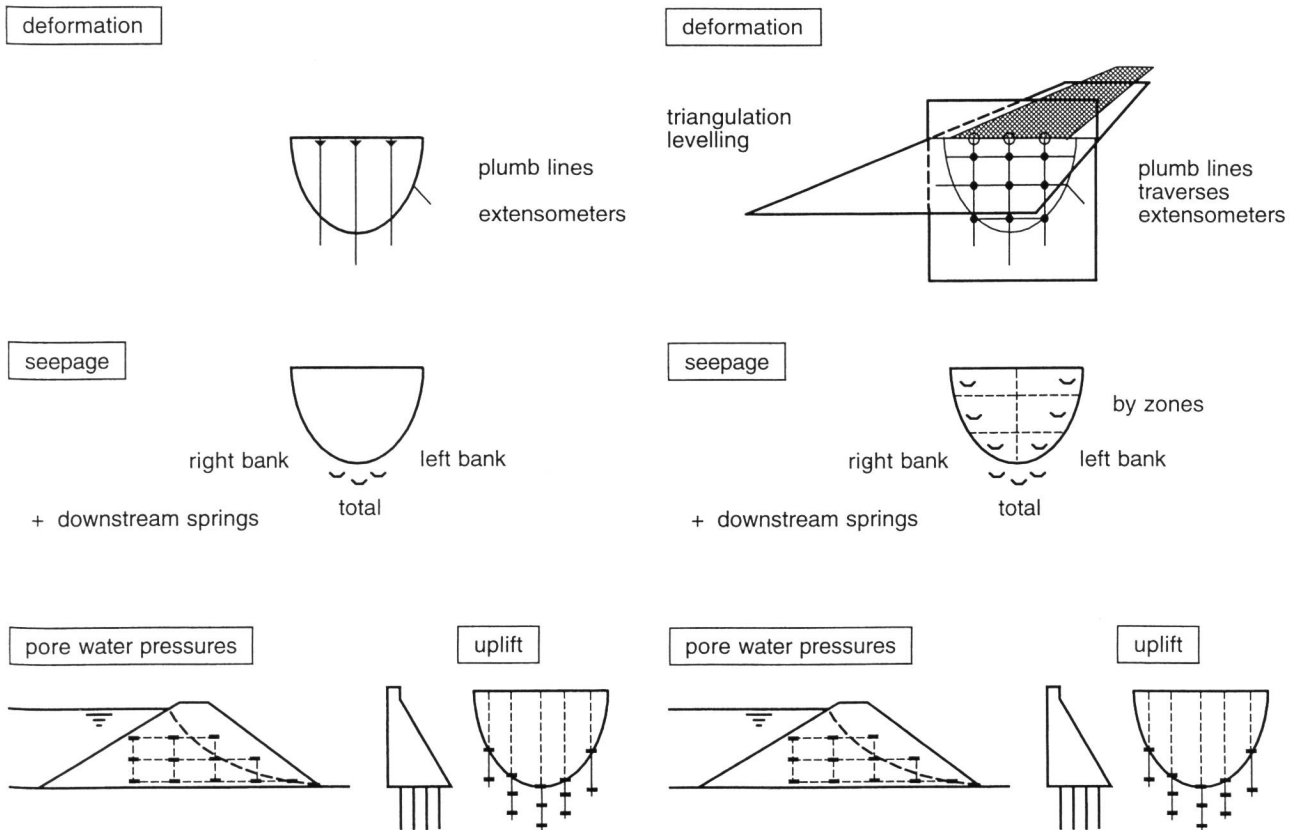


Figure 13. Measuring concept. Left: for the regular monitoring; right: or the increased monitoring.

levelling) the deformational behaviour of the terrain can be apprehended, and as many points as desired can be selected to this end. It is also possible to connect local networks which monitor critical zones of the terrain.

For this three-dimensional measuring system to be also used efficiently when needed, the zero measurements at empty and at full reservoir must be available. They must be periodically updated because the measuring instruments and the data interpretation methodologies change with time. Intervals of 5 years between measurements at (roughly) full reservoir and of 10 ... 15 years at (roughly) empty reservoir seem appropriate. The 5-year interval offers the advantage that a new, complete set of data is available for the periodical safety evaluation (5-year safety appraisal).

Because of the influence of the yearly changes in temperature, which affect not only the behaviour of the dam but also that of the terrain, it is more important to perform the periodic geodetical deformation measurements at the same period of the year (\pm approximately 2 weeks) rather than at the same water level.

For what the ordinary monitoring of the deformation of concrete dams and gate-structure dams is concerned (tenet 2), it is sufficient to follow the behaviour of the measuring points of the plumb lines and of the extensometers when available (figure 13, left)¹¹. At embankment dams, the settlements and the horizontal displacements of a few points at the crest must be followed with the help of simple geodetical measurement methods such as levelling, alignment or simple angular measurements. Should the selected values show a normal trend, then the behaviour of the dam and of its foundation is considered to be normal.

¹¹ If the dam is not equipped with plumb lines, it is required to use alignments or simple angle measurements (and possibly also accurate clinometers) to monitor its deformational behaviour.

The same applies to seepage. In the case of an abnormal trend in seepage, it is important also to collect the seepage water by zones (figure 13, right) and to have zero measurements at disposal for comparison purposes. It is however sufficient for the regular surveillance to follow the development of the total seepage water (possibly also that of the parts coming from the left and right banks) as well as the discharge of the downstream springs (figure 13, left). Finally, for what the pore water pressure and the uplift are concerned (figure 13), no difference is made between the regular and the increased monitoring because only local, randomly selected values can be taken.

6.3 Alarm system

When reaching the danger threshold 3 (respectively in case of failure), the emergency strategy specifies that the evacuation of the people in the potentially submerged area¹² must be ordered. This is done

- with sirens within the localities,
- with mobile alarming teams (from the municipalities) outside of the localities,
- with traffic regulations for the traffic on road (by the personal of the state police in cooperation with the municipalities),
- directly by the transport companies and by own means for what public transportation is concerned.

¹² Because the extend of the breach is not known in advance, one assumes the most adverse condition, i. e. the condition of a sudden, total collapse or – at long embankment dams – of the largest probable breach.

¹³ Howling of the Civil Protection sirens that indicates that one has to listen to radio and broadcasting of behaviour instructions over radio ... in this specific case the instruction to leave the submerged area immediately.

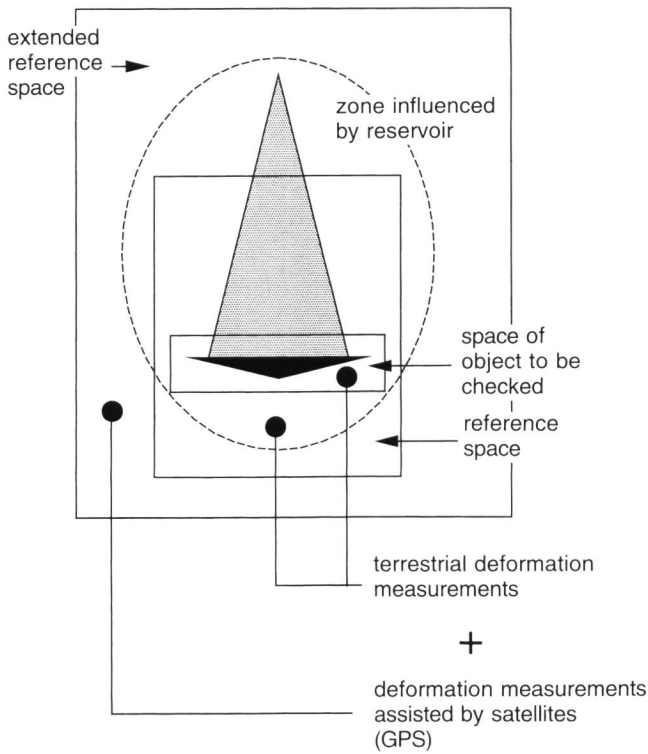


Figure 14. Hybrid triangulation net.

As a rule, the general alarm is used¹³ as alarming signal in the localities, and this in the whole submerged area (alarm system of type B according to figure 15). Is the submerged area small and composed of at most three localities, then the alarming sirens can be replaced by mobile alarming teams (alarm system of type A). On the other hand, the act of war must also be considered as a threat (figure 3) whenever a large submerged area is involved, i.e. at reservoirs with a content of more than 2 million m³. A second type of siren must therefore be installed as a complement in the near zone: water alarm sirens that are activated from the dam (alarm system of type C) and that directly give the order to immediately leave the submerged area. The near zone encompasses that area which, after a total failure of the dam, is submerged within two hours at most.

For the time being, only the alarm system of type C is implemented. Instrumentation of all the other dams with alarm systems is however planned in order to be prepared for a possible evacuation everywhere.

Changes in degree of alarm readiness and activation of the alarm occur with standard messages protected against foul play. Relevant orders initiate usually from the owner of the dam as he is responsible for the safety of the dam and for the continuous assessment of the situation. An exception is the military threat during times of active duty of the army. Then, the army is responsible for ordering changes in readiness level and for activating the alarm. The army makes sure by own means that the activation of the alarm is always possible.

The message flow from the owner, or from the army, to the places which must act or be informed, goes through the dispatching centre of the police of the state in which the dam is located (figure 16). When the order of alarm preparedness (readiness level 4) is received, it not only has to forward the message to the various destinations but also to inform the population. This is to fulfil the legitimate need of information of the population and – what is particularly important – to prepare the population for a possible alarm.

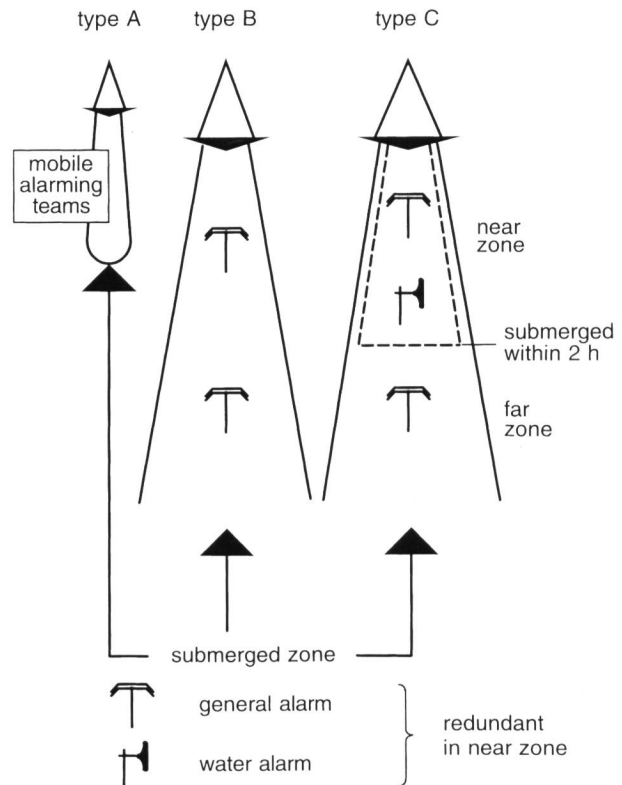


Figure 15. Alarm in municipalities.

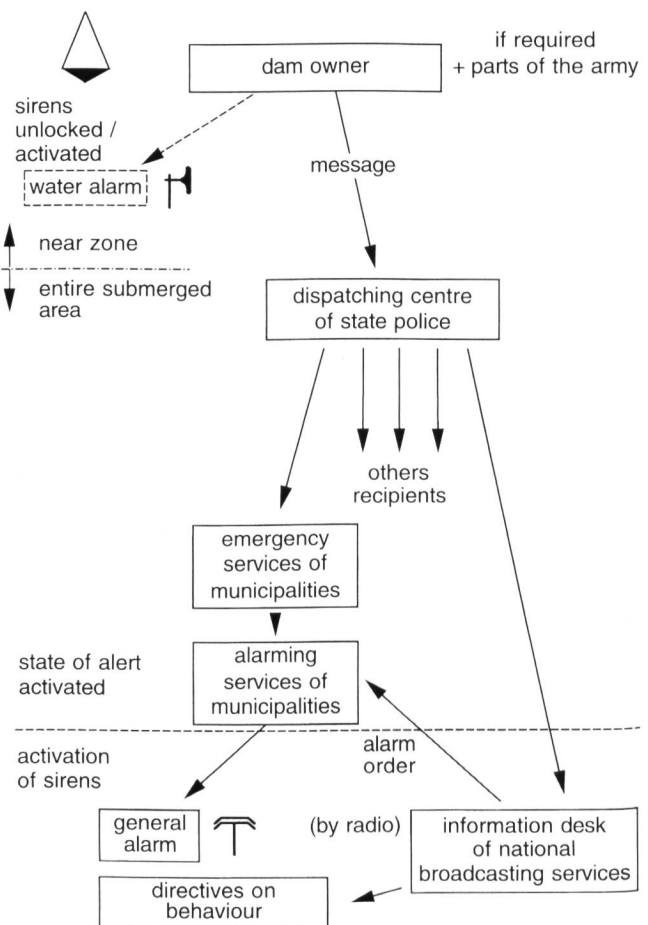


Figure 16. Organisation of alarm and flow of messages.

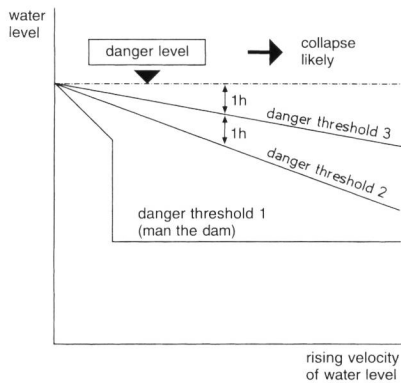


Figure 17. Emergency strategy for flood.

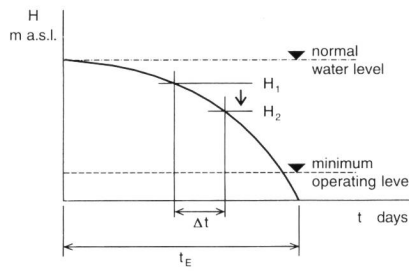


Figure 18. Time required to partially or totally draw down a reservoir (with bottom outlets fully open).

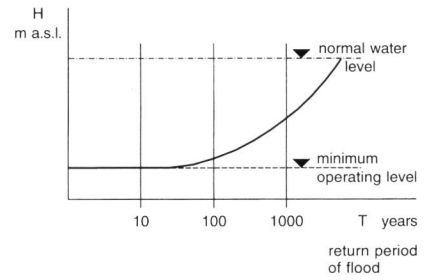


Figure 19. Filling of an empty reservoir in case of flood (with bottom outlets fully open).

As is visible from figure 16, evacuation stands and falls with the links: no evacuation without links. It must thus be ensured in the best possible way that those places which have to undertake actions do receive the informations and that the activating impulses do reach the alarming sirens. This requires at least two, better three independent links for the flow of information and for signal transmission.

Since it is mandatory to achieve preparedness of the alarm system within one hour in order to also master the threat proceeding from a flood, the only organisations that can be relied on are the state police at state level and the fire brigades at municipality level.

6.4 Further emergency preparations

If the threat to safety occurs rapidly (flood) or suddenly (earthquake), then the dam specialist cannot personally assess the situation because he cannot reach the dam in due time. His action must therefore be taken over by the dam

personal acting on his behalf on the basis of simple instructions. The emergency strategies for flood (figure 17) have been prepared, the relevant instructions for earthquake are being prepared.

In order for the dam specialist to fulfil his duties in the best possible way in the event of an emergency, he must also know

- how long it will take to lower the water level in the reservoir from a level H_1 to a lower level H_2 and
- up to which level a reservoir that has been preventively emptied will fill up again because of the incoming flood.

Plots similar to those of figures 18 and 19 thus also belong to the emergency preparedness.

Une version française de la conférence suivra plus bas.

Der deutsche Text ist beim Verfasser verfügbar.

La traduzione italiana si può ordinare all'autore.

Address of the author: *Rudolf Biedermann*, Ph. D., Bernstrasse 24, CH-3303 Jegenstorf, Switzerland.

Original written version, translated from German, of the lecture given on January 21, 1997 in Berne by the author on the occasion of his retirement. Dr. Biedermann was Commissioner for Dam Safety for the Swiss dams and Head of Section at the Federal Office for Water Management.

Concept de sécurité pour les ouvrages d'accumulation: évolution du concept suisse depuis 1980

Rudolf Biedermann

1. Introduction

Tout évolue au fil du temps. Ceci est également vrai pour les concepts de sécurité se rapportant aux aménagements techniques majeurs, tels les barrages. A intervalles réguliers, de nouvelles expériences sont faites, et il importe d'en tenir compte si l'on veut garantir en tout temps la meilleure sécurité possible à la population qui serait touchée en cas d'incident majeur. Nous considérerons l'année 1980 comme la date de référence, car elle fait immédiatement suite au transfert de la haute surveillance des barrages du Département de l'intérieur au Département fédéral des

transports, des communications et de l'énergie, qui est allé de pair avec le renforcement de l'effectif du service chargé de l'exécution du règlement concernant les barrages¹. Il devint ainsi possible de consacrer des efforts plus importants à l'élaboration des principes généraux et à leur mise en œuvre pratique. A cette époque, il était clair que l'ère de la construction des barrages était pratiquement révolue en Suisse et qu'il s'agirait dorénavant de se vouer avant tout aux aménagements existants et à leur sécurité.

¹ Règlement d'exécution de l'article 3^{bis} de la loi concernant la police des eaux du 9 juillet 1957 (dernière révision en 1985).

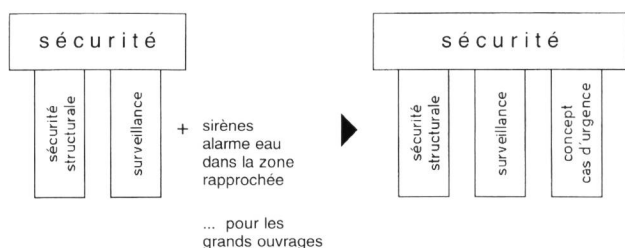


Figure 1. Concept de sécurité suisse. A gauche: jusqu'en 1985, à droite: à partir de 1985.

2. Principes de base

Avant d'entrer dans le vif du sujet, il convient de préciser que

- seuls les ouvrages d'accumulation susceptibles, en cas de rupture, de mettre en péril des vies humaines² sont soumis et devront continuer à être soumis aux dispositions légales y relatives³, et que par conséquent
- les exigences en matière de sécurité sont les mêmes pour tous les ouvrages soumis, c'est-à-dire qu'on ne distingue pas de classes de risque.

Ceci découle de la réflexion que toutes les personnes doivent bénéficier du même degré de protection et des mêmes préparatifs en cas d'urgence, quelle que soit l'importance de l'ouvrage les mettant potentiellement en péril⁴.

Il faut en outre préciser que les exigences en matière de protection ne sont pas définies sur la base d'analyses de risque statistiques, mais fondées sur des considérations objectives et – dans la mesure où cela peut se justifier – en tenant compte du rapport coûts/bénéfices. Lorsque des mesures onéreuses n'apportent qu'une amélioration marginale de la sécurité, leur mise en œuvre ne se justifie guère.

3. Concept de sécurité

Jusqu'en 1980 – et, du point de vue juridique, même jusqu'en 1985 –, la sécurité des barrages reposait sur les deux piliers

- sécurité structurale et
- surveillance

(figure 1, à gauche). La révision du règlement concernant les barrages entrée en vigueur en 1985 y a ajouté un pilier supplémentaire, le

- concept en cas d'urgence

(figure 1, à droite). Ce troisième pilier résulte de la réflexion qu'en plus de l'exigence de la minimisation optimale du risque (exigence 1) il faut considérer une deuxième exigence, qui consiste à maîtriser au mieux le risque résiduel subsistant dans chaque cas (exigence 2; figure. 2). Il en découle que le contrôle de l'état et tout particulièrement du comportement d'un ouvrage doit se concentrer de manière encore plus ciblée qu'autrefois sur la détection rapide de toute mise en péril de la sécurité, et qu'il faut, de plus, préparer les mesures à mettre en œuvre dans les différents cas d'urgence pour pouvoir réagir de manière optimale le cas échéant, à savoir rapidement et correctement.

Le passage du concept à deux piliers au concept à trois piliers constitue un pas bien plus important qu'il ne semble à première vue, comme nous allons le montrer ci-dessous. L'élargissement du nouveau concept a été facilité par l'existence, dans la zone rapprochée du domaine de submersion potentiel des grands ouvrages d'accumulation, de sirènes alarme-eau, installées suite au bombardement des barrages allemands lors de la Seconde Guerre mondiale (figure 1, à gauche). Ainsi, il n'a pas fallu déployer d'efforts

² en ne tenant compte que de la submersion critique (tirant d'eau, vitesse d'écoulement) de lieux d'habitation et de travail, de terrains de camping permanents et de voies de communications régulièrement utilisées.

³ Après l'entrée en vigueur du règlement concernant les barrages révisé, dont les travaux d'élaboration sont actuellement en cours, il faudra revoir ce point pour les ouvrages de dimensions réduites.

⁴ N'est que partiellement réalisé à ce jour en ce qui concerne les plans d'évacuations (voir paragraphe 6.3).

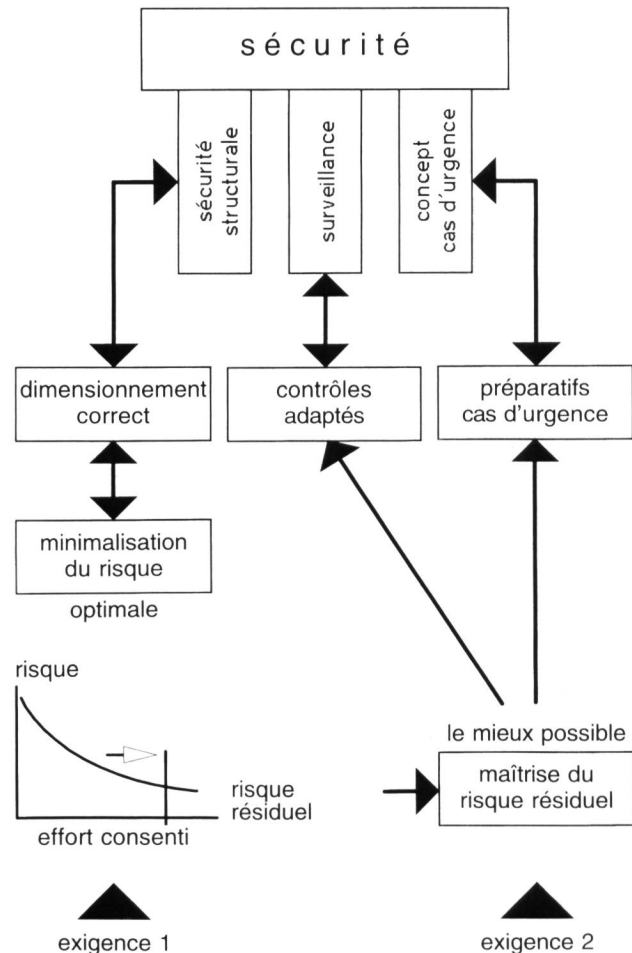


Figure 2. Concept de sécurité suisse actuel.

particuliers pour intégrer l'évacuation de la population, ultime mesure de protection, dans le concept en cas d'urgence.

4. Sécurité structurale (pilier 1)

La minimisation optimale du risque résiduel requise (exigence 1) implique que le barrage soit correctement dimensionné, et ceci

- pour tous les cas de charge et d'exploitation possibles,
- en tenant compte de l'état actuel des connaissances (ce qui peut occasionner des travaux de transformation) et
- en tenant compte des mesures de protection disponibles en cas d'urgence.

La deuxième et la troisième exigence ne sont pas nouvelles en soit, sauf en ce qui concerne leur stricte application.

Les menaces possibles et les mesures de protection correspondantes sont énumérées dans la figure 3. On remarque que la situation se présente favorablement dans le cas du comportement anormal d'un ouvrage. Dans l'éventualité où des travaux de confortement ou de remise en état ne permettraient pas d'y remédier à temps, il serait encore possible d'abaisser la retenue et de supprimer ainsi tout danger pour la population vivant en aval. Si le temps disponible devait se révéler insuffisant, on pourrait, en dernier ressort, recourir à l'évacuation préventive.

Les choses se présentent beaucoup plus mal en cas de crue, de tremblement de terre, de sabotage ou de faits de guerre, car l'évacuation constitue alors la seule mesure de protection disponible. Il convient d'apporter toute l'attention nécessaire à cette situation de fait.

La maîtrise des deux dangers naturels que constituent les crues et les tremblements de terre implique, en toute logique, que l'ouvrage soit dimensionné pour les événements les plus violents possibles au site, des dégâts non critiques (c'est-à-dire des dégâts ne mettant pas en péril la stabilité de l'ouvrage, même à retenue pleine) étant tolérables. Toute exigence supplémentaire serait exagérée, étant donné qu'il est extrêmement improbable qu'un événement millennal ou encore plus rare se produise pendant la durée de vie de l'ouvrage et entraîne des frais de remise en état.

4.1 Sécurité en cas de crues

La condition de ne pas subir de dégâts critiques en cas de crue implique qu'en cas d'occurrence de la plus forte crue possible (HQ_{max}), le plan d'eau ne doit pas dépasser la cote dite «de danger», c'est-à-dire la cote dont le dépassement aurait pour conséquence des affouillements ou des érosions susceptibles de mettre en danger la stabilité de l'ouvrage. Dans le cas des barrages en béton et des barrages mobiles, cette cote se situe au-dessus du niveau du couronnement (ou du parapet lorsqu'il en existe un et que celui-ci est capable de résister à la poussée des eaux). Pour les barrages en remblai, cette cote se situe au niveau du couronnement, voire au-dessous de ce dernier si des percolations se produisant dans la zone du couronnement sont susceptibles d'avoir des conséquences dangereuses (figure 4, en bas). Etant donné que les vidanges de fond des barrages suisses sont en règle générale dimensionnées pour des débits très importants et que la consigne de manœuvre des vannes prévoit de les ouvrir progressivement en cas de crue, il faut en plus garantir que le dispositif d'actionnement des vannes, le groupe électrogène de secours et le dispositif de mesure de la cote du plan d'eau restent opérationnels et accessibles jusqu'à des débits importants. C'est la raison pour laquelle on exige de surcroît que le couronnement ne soit pas submergé jusqu'à la crue millennale (HQ_{1000} , figure 4, en haut).

Pour le dimensionnement, on part de l'hypothèse d'une retenue pleine⁵. Il n'est pas nécessaire de tenir compte des vagues produites par le vent, ni, dans le cas des barrages en remblai, de leur déferlement sur le talus amont, car comme on l'a dit ci-dessus, des dégâts non critiques sont tolérés. Enfin, dans le cas des barrages en remblai, on admettra pour les organes d'évacuation équipés de vannes, que celui dont la capacité est la plus élevée est hors d'usage (règle «n-1»). Pour les barrages en béton et les barrages mobiles, cette dernière hypothèse ne sera considérée que pour HQ_{1000} .

Autrefois, c'est-à-dire jusqu'au début des années 80, on considérait la crue millennale comme déterminante et on exigeait pour ce cas une revanche résiduelle suffisante. Le dimensionnement tenait donc déjà compte d'une crue de période de retour supérieure à 1000 ans, sans toutefois être précis à ce sujet.

En rapport avec la sécurité en cas de crues, il faut être bien conscient du fait qu'une crue extrême ne peut se produire que si le sol est saturé au début de la crue proprement dite, c'est-à-dire uniquement si le coefficient de ruissellement est égal à un. Autrefois, on définissait la crue de projet sur la base de crues observées, c'est-à-dire d'événements dont le coefficient de ruissellement est nettement

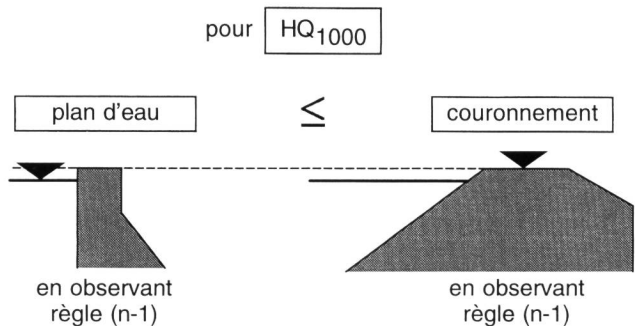
⁵ Pour les bassins de rétention des crues, on part de l'hypothèse que la retenue est vide en début de crue. De plus, il faut garantir qu'en cas de panne, c'est-à-dire si la retenue est pleine à l'arrivée de la crue, le plan d'eau ne dépassera pas la cote de danger jusqu'à la crue millennale au moins.

menace \ mesure de protection	comportement anormal	glissement éboulement	crue	tremblement de terre	sabotage	fait de guerre
travaux d'assainissement	●	○(ev)				
abaissement partiel		●				○
abaissement total	○(2)					
évacuation préventive	○(3)	○(2)	●			
évacuation après l'événement		○(2)		●	●	●



Figure 3. Menaces et mesures de protection disponibles dans le cas d'urgence. Classement par ordre de l'importance: ● 1, 2 et 3.

CRITÈRE 1 (niveau inférieur)



CRITÈRE 2 (niveau supérieur)

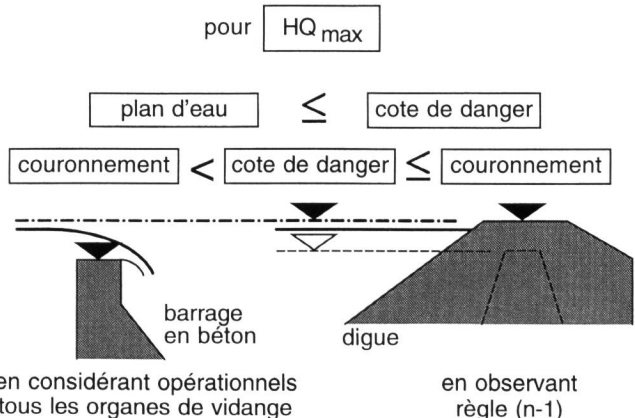


Figure 4. Critères de dimensionnement pour le cas «crue».

inférieur à un, et l'on sous-estimait ainsi les apports de crue déterminants pour le dimensionnement (figure 5). Par ailleurs, au sud des Alpes, les crues paraissent connaître un régime cyclique, avec des crues relativement «faibles» durant la période comprise entre 1920 et 1970.

4.2 Sécurité en cas de tremblements de terre

La condition de ne pas subir de dégâts critiques en cas de tremblement de terre implique que, compte tenu des éventuelles sensibilités du sous-sol, le barrage soit conçu et dimensionné de manière à rester stable et à ne pas perdre trop d'eau en cas d'occurrence du plus violent tremblement de terre possible, même si la retenue est pleine. Il faut le prouver par le calcul, et ce n'est pas facile.

Pour l'instant, la question de savoir s'il faut – comme pour les crues – introduire un deuxième critère de dimensionnement reste en suspens, car il n'est actuellement pas possible de déterminer de manière fiable si la vidange de fond resterait opérationnelle après avoir subi un séisme millennial ou quelque autre séisme déterminant.

4.3 Recherche

Il est plus facile de formuler les critères de dimensionnement pour les cas de charge «crue» et «tremblement de terre» que de les mettre en œuvre. Dans le cas de la sécurité en cas de crues, la difficulté réside dans la définition

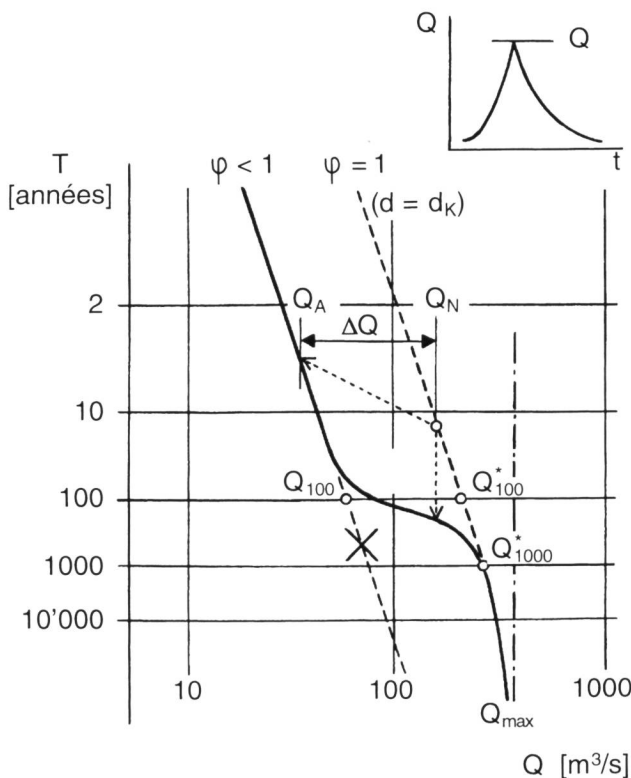


Figure 5. Loi de probabilité des débits de pointe dans une section donnée d'un cours d'eau.

φ = coefficient de ruissellement
 d = durée de la précipitation
 d_K = temps de concentration
 $\Delta Q = (1 - \varphi) Q_N$ = infiltration dans le sous-sol
 $Q_{100}^* = \alpha \sqrt{E}$
 où E = bassin versant en km^2
 α = coefficient régional⁶
 $Q_{max} = 1,5 Q_{1000}^*$

⁶ Bassin du Tessin: $\alpha = 46$; bassin du Rhin (sans l'Aar): $\alpha = 39$, bassin de l'Aar: $\alpha = 30$, bassin du Rhône: $\alpha = 24$; bassin de l'Inn: $\alpha = 16$.

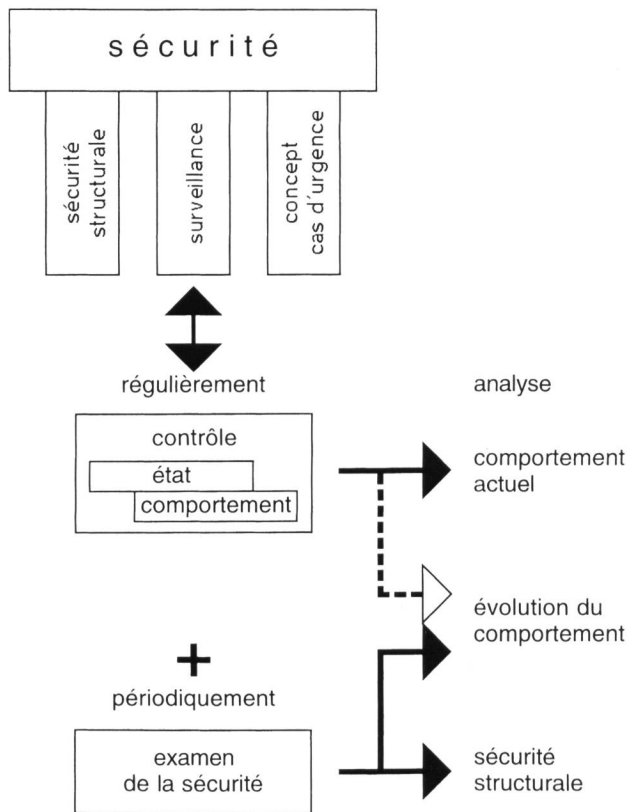


Figure 6. Eléments de la surveillance et objectifs.

des hydrogrammes déterminants (HQ_{max} et HQ_{1000}). En revanche, le dimensionnement en lui-même ne présente pas de difficultés. En ce qui concerne la sécurité en cas de tremblements de terre, la difficulté réside avant tout dans le dimensionnement, et moins dans l'estimation des paramètres des tremblements de terre déterminants (E_{max} et éventuellement E_{1000}). Par conséquent, l'élargissement des connaissances joue un rôle primordial et il faut s'efforcer de promouvoir encore davantage les recherches entreprises dans ce domaine. Cette nécessité se heurte à la situation financière précaire de la Confédération. C'est pourquoi nous lançons un appel aux exploitants des aménagements ainsi qu'aux bureaux d'ingénieurs impliqués dans le domaine des barrages pour qu'ils contribuent à encourager la recherche.

Depuis 1982, des recherches ont successivement été entreprises dans les domaines

- de la sécurité des barrages en béton en cas de tremblements de terre
- de la sécurité des barrages en remblai en cas de tremblements de terre
- de l'estimation de la plus grande crue possible et de la crue millennale
- des propriétés et du comportement à long terme des bétons de barrage
- du comportement du sous-sol rocheux en cas de sollicitations statiques et dynamiques

et ont, dans l'ensemble, abouti à des résultats très satisfaisants. A partir de 1997, les fonds de recherche dont dispose l'Office fédéral de l'économie des eaux vont hélas diminuer de moitié, de sorte que l'on a été contraint de stopper les recherches dans le domaine de la sécurité en cas de tremblements de terre. Les conséquences de cet arrêt sont moins graves pour le domaine des barrages en béton que pour celui des barrages en remblai. En effet, on s'est rendu compte que pour les premiers il n'était plus

possible de progresser dans le domaine du comportement dynamique tant que la mécanique de la rupture des bétons de barrage ne serait pas suffisamment bien connue. Par contre, pour les barrages en remblai, les conséquences sont plus fâcheuses, car l'état des recherches permettait de prévoir une percée décisive d'ici trois ans environ.

Nous tenons tout particulièrement à mentionner ici les réseaux d'accélérographes, qui ont pu être établis grâce aux fonds mis à disposition par les exploitants des usines électriques suisses, et qui consistent d'une part en un réseau dit «de champ libre», dont le but est de déterminer les lois d'atténuation, et d'autre part en un réseau «barrages»⁷ qui permettra de connaître le comportement sismique de certains de ces ouvrages. Par ailleurs, le Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et de recherches (LFEM/EMPA) met actuellement des moyens à disposition pour mesurer les vibrations ambiantes de barrages.

4.4 Transmission des connaissances

Il ne s'agit pas seulement de promouvoir ses propres travaux de recherche, mais il est également primordial de suivre et d'analyser les autres travaux qui s'effectuent en Suisse et à l'étranger, et de transmettre les connaissances nouvelles aux personnes impliquées dans la sécurité des barrages. Cette tâche incombe principalement aux Ecoles polytechniques fédérales. Par ailleurs, le Comité national suisse des grands barrages, qui intervient par l'intermédiaire de ses groupes de travail et en organisant chaque année des journées d'études, est aussi amené à jouer un rôle important dans ce contexte.

⁷ Les barrages équipés sont le barrage-poids de la Grande Dixence, les barrages-voûtes de Mauvoisin et de Punt dal Gall ainsi que la digue de Mattmark.

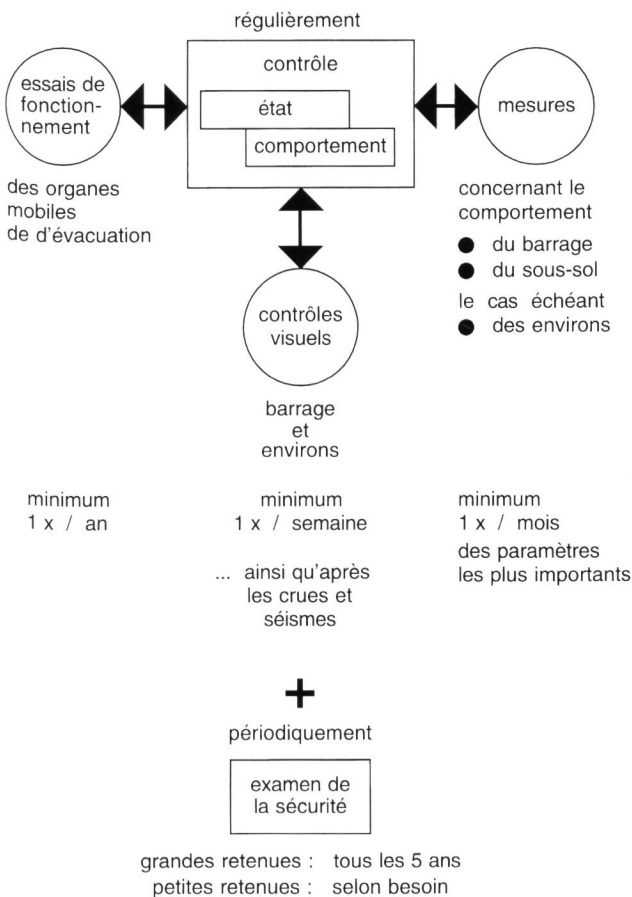
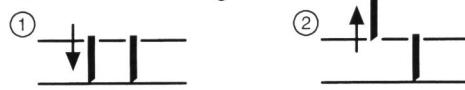


Figure 7. Eléments de la surveillance et cadence minimale des différents contrôles.

position de base (normale)



essai à sec de la vanne de garde



essai avec lâchure de la vanne de service



essai à sec de la vanne de service



remise en position de base



Figure 8. Essai d'un organe d'évacuation équipé de deux vannes.

5. Surveillance (pilier 2)

Le but de la surveillance est de détecter le plus rapidement possible tout dégât, toute déficience de la sécurité structurale et toute atteinte à la sécurité par des agents extérieurs, afin de pouvoir prendre à temps toutes les mesures requises pour parer au danger décelé. Ceci implique d'une part des contrôles réguliers de l'état et du comportement de l'ouvrage d'accumulation et, d'autre part, des examens périodiques de la sécurité de celui-ci (figure 6). Le but des contrôles réguliers est de suivre le comportement actuel de l'ouvrage, alors que les examens périodiques de la sécurité ont pour objet d'en contrôler le comportement à long terme ainsi que la sécurité structurale.

Pour contrôler de manière exhaustive l'état et le comportement de l'ouvrage (figure 7), il faut effectuer

- des contrôles visuels,
- des mesures et
- des essais des organes d'évacuation équipés de vannes (ainsi que du groupe électrogène de secours).

Il est nécessaire de procéder à des contrôles visuels, car les mesures ne permettent pas de déceler des changements d'état ainsi que certaines variations de comportement, ou alors, ne permettent de les déceler qu'avec un retard important. Ainsi, par exemple, l'apparition d'une zone humide ou d'une source à l'aval d'un barrage peut révéler une modification de l'écoulement souterrain. Des essais de vannes sont nécessaires pour actionner de temps en temps les parties mobiles et en vérifier le bon fonctionnement. En Suisse, la surveillance a de tout temps fait l'objet d'une attention particulière.

Les éléments suivants ont été introduits plus récemment:

- surveillance plus directement axée sur l'objectif de pouvoir déceler le plus rapidement possible toute mise en péril de la sécurité,
- pondération plus forte des contrôles visuels, l'expérience montrant qu'environ 70% des cas d'urgences sont d'abord décelés visuellement,

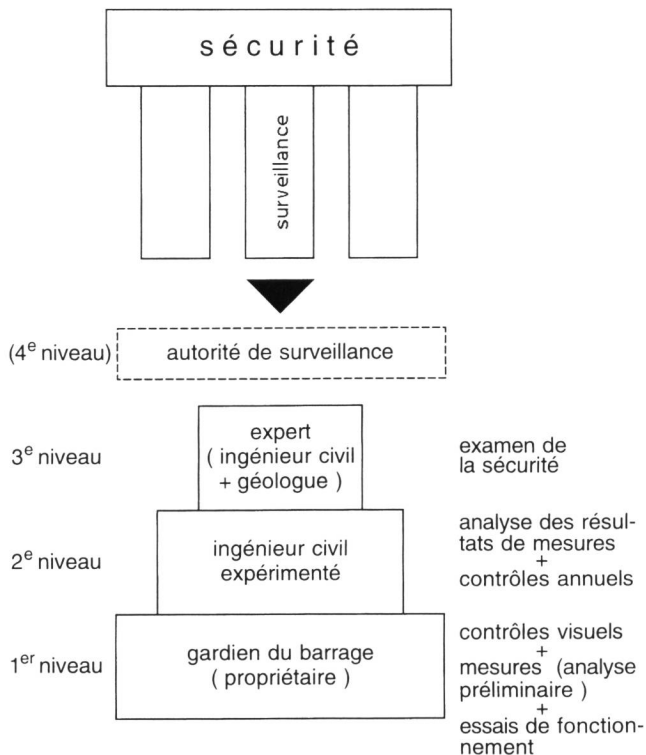


Figure 9. Organisation de la surveillance.

– essais de vannes avec lâchures, effectués à retenue presque pleine dans le but de vérifier que les vannes des organes d'évacuation fonctionnent même dans les conditions les plus critiques (figure 8).

Le fait de mettre l'accent sur la détection dans les délais les plus brefs possibles de toute mise en péril n'implique pas pour autant que l'on doive effectuer la surveillance à une cadence particulièrement élevée ou recueillir une grande masse de données. Il est en revanche essentiel de procéder à intervalles appropriés à la mesure des grandeurs (appelées indicateurs principaux) reflétant de manière représentative le comportement de l'ouvrage et de son sous-sol, et d'analyser les résultats de ces mesures de manière suffisamment approfondie⁸. Par «intervalle approprié», on entend un laps de temps entre deux contrôles successifs qui soit légèrement inférieur au temps nécessaire au développement de déviations significatives par rapport au comportement normal. Ces intervalles sont compris entre une semaine et un mois, suivant la grandeur considérée. La condition d'«analyse suffisamment approfondie» est remplie lorsque les résultats de mesure sont examinés non seulement par le gardien du barrage, c'est-à-dire par le 1^{er} niveau de surveillance (figure 9), mais également, dans un délai ne dépassant pas une semaine, par le 2^e niveau de surveillance, à savoir l'ingénieur civil expérimenté, qui aura recours à des moyens d'appréciation appropriés, tels que des courbes-enveloppes ou un modèle de calcul permettant de déterminer les déformations théoriques. Pour tenir ce délai, il est indispensable que les résultats parviennent à l'ingénieur expérimenté sitôt les mesures faites et que ce dernier ait pour instruction de procéder de suite à leur analyse.

L'exemple de l'incident survenu en 1978 au barrage de Zeuzier, où un tassement en forme de cuvette a provoqué une forte déformation anormale du barrage-voûte à partir du 28 septembre, comme on a pu l'établir de manière ab-

⁸ Voir également le paragraphe 6.2.

solument sûre par la suite, montre de manière éloquente à quel point un modèle de calcul est plus efficace qu'une courbe-enveloppe pour interpréter les déformations, et à quel point il est important de faire intervenir le 2^e niveau de surveillance dans le processus de contrôle continu. Selon l'usage établi, le gardien du barrage avait pour instruction d'interpréter les déplacements des points de suspension des pendules à l'aide de courbes-enveloppes, et il était en droit d'admettre qu'il ne se trouvait pas en présence d'un comportement anormal tant que son point de mesure restait à l'intérieur de la courbe-enveloppe. Les résultats des mesures mensuelles du pendule central effectuées durant la période du 5. 9. 1977 au 6. 12. 1978 sont reportés dans le graphique de la figure 10 (en-haut à gauche). Dans ce graphique, on a mis en évidence les mesures correspondant à la période comprise entre début septembre et début décembre des années 1977 et 1978, soit deux périodes qui devraient normalement présenter des déformations analogues. Toutefois, la réalité était tout autre, et si un ingénieur civil expérimenté était intervenu dans le contrôle continu, il aurait déjà pu s'en rendre compte le 6. 10. 1978 ou, au plus tard, le 31. 10. 1978. Et c'est ainsi que le gardien du barrage – en toute bonne foi – n'a annoncé que le barrage se comportait anormalement qu'après la mesure du 6. 12. 1978. Si l'on avait utilisé le modèle de calcul aujourd'hui disponible (figure 10, en bas), il aurait été possible de déceler l'anomalie de manière absolument sûre dès la première mesure effectuée après que le barrage a commencé à se comporter de manière anormale, c'est-à-dire après le 28 septembre.

La mesure automatique des indicateurs principaux, avec télétransmission des résultats vers un poste plus ou moins régulièrement occupé, et une comparaison éventuellement quotidienne avec les valeurs théoriques permettraient de réaliser une surveillance qui irait au-delà du minimum exigé et qui serait donc de qualité légèrement supérieure. Toutefois, il ne faut pas perdre de vue qu'il est beaucoup moins sûr de se fier à des logiciels d'analyse automatiques qu'au jugement de personnes compétentes. En revanche, l'énorme avantage de l'automatisation est de donner à

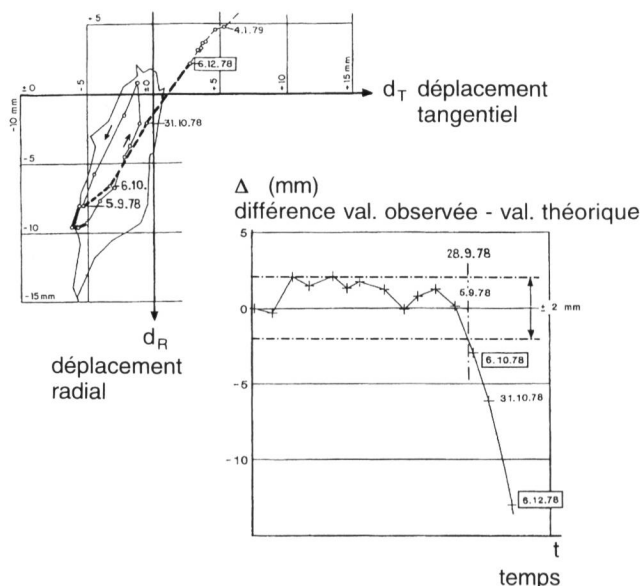


Figure 10. Déformation anormale du terrain dans le voisinage du barrage de Zeuzier. Déplacement du point de suspension du pendule central.

Contrôle basé sur:
 en haut à gauche: courbe-enveloppe { — 5. 9.-6. 12. 1977
 en bas à droite: modèle de calcul { - - - 5. 9.-6. 12. 1978

l'exploitant la possibilité de s'occuper plus directement de la sécurité de son barrage.

- l'autorité de haute surveillance constituée en quelque sorte un quatrième niveau de surveillance (figure 9), car depuis 1980 elle dispose d'un effectif qui lui permet de procéder à sa propre appréciation générale de l'état et du comportement des ouvrages d'accumulation, et d'accomplir ainsi de manière appropriée sa mission de haute surveillance⁹,
- en plus de l'ingénieur civil et du géologue, il est demandé que le spécialiste en géodésie participe également à la visite sur le terrain effectuée en rapport avec l'expertise quinquennale.

6. Concept en cas d'urgence (pilier 3)

Le concept en cas d'urgence est venu s'ajouter au concept de sécurité en tant que troisième pilier en 1985 par le biais d'une révision du règlement concernant les barrages. Il a pour but d'élaborer tous les préparatifs nécessaires pour faire face le mieux possible à tout danger susceptible de porter atteinte à la sécurité. Son élément principal est la

6.1 Stratégie en cas d'urgence

Cette stratégie définit trois niveaux de danger et leur associe les mesures devant être prises dans chaque cas (figure 11):

⁹ mais toutefois avec un retard important, car cette appréciation ne peut être effectuée qu'après réception des rapports d'auscultation et autres documents.

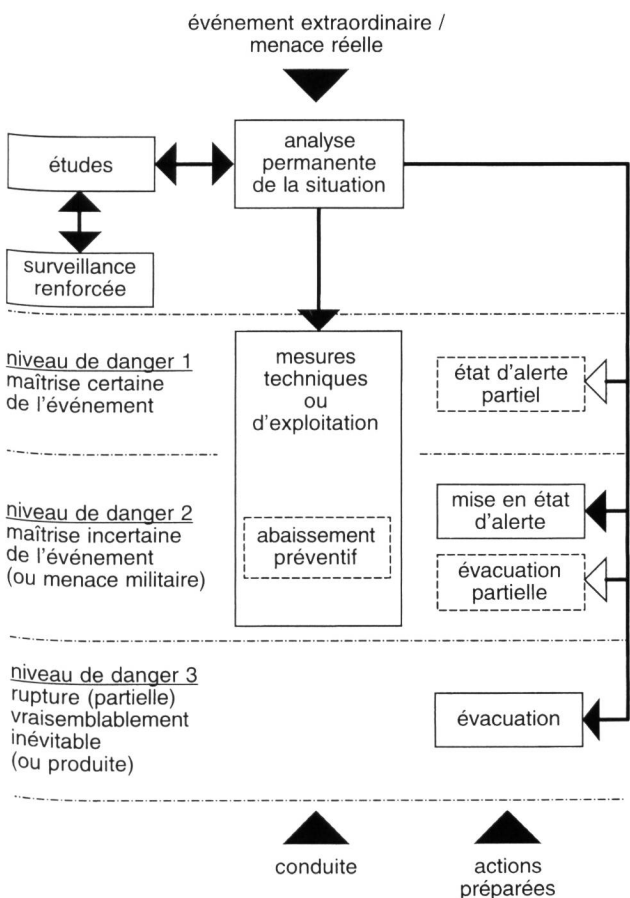


Figure 11. Stratégie en cas d'urgence pour les ouvrages d'accumulation.

- Niveau de danger 1 : il est atteint lorsque l'ingénieur spécialisé (l'expert ou – si l'organisation de la surveillance n'en prévoit point – l'ingénieur civil expérimenté) juge que l'événement peut être maîtrisé à coup sûr. Pour parer au danger auquel on se trouve confronté, on effectuera les travaux (de réfection ou de confortement) nécessaires ou on procédera à un abaissement partiel du plan d'eau, cette dernière mesure devant être prise dans le cas où un glissement de terrain ou un éboulement risquerait de faire déborder la retenue.
- Niveau de danger 2 : il est atteint lorsque l'ingénieur spécialisé juge que l'événement ne peut plus être maîtrisé à coup sûr. Dans une telle situation de danger accru, on procédera à l'abaissement du plan d'eau et l'on ordonnera la mise en état d'alerte du système d'alarme. Le but de la première mesure est de tenter d'éliminer le risque à temps, celui de la seconde, d'être en mesure d'ordonner dans un délai très bref l'évacuation de la population menacée au cas où le plan d'eau ne pourrait plus être abaissé suffisamment vite.
- Niveau de danger 3 : il est atteint lorsque, de l'avis de l'ingénieur spécialisé, la rupture du barrage ne peut, selon toute vraisemblance, plus être évitée. Dans ce cas extrême, on ordonnera le déclenchement de l'alarme, et par là, l'évacuation de la population (de l'ensemble de la zone menacée de submersion). L'objectif est donc de procéder à l'évacuation dans toute la mesure du possible avant que la catastrophe ne se produise, afin de donner une chance de salut également aux personnes se trouvant dans la zone située à proximité du barrage. Pour être en mesure d'agir conformément à cette stratégie, l'ingénieur spécialisé doit connaître la cause du danger

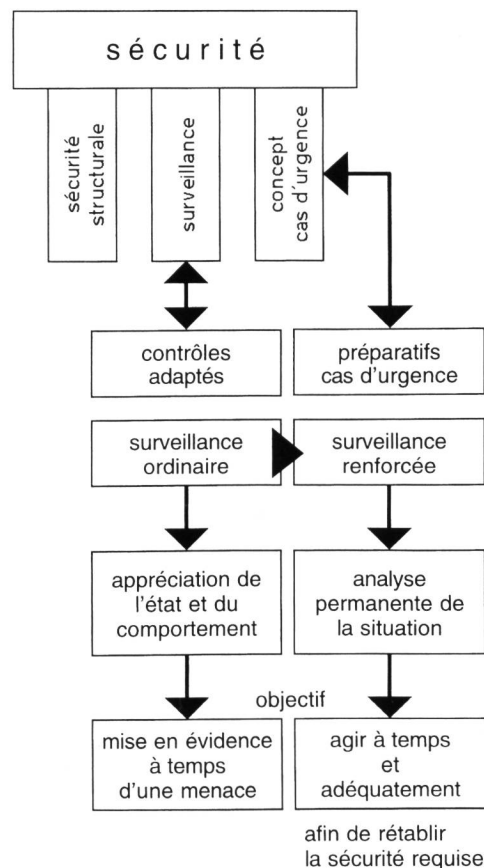


Figure 12. Correspondance entre la surveillance ordinaire et la surveillance renforcée.

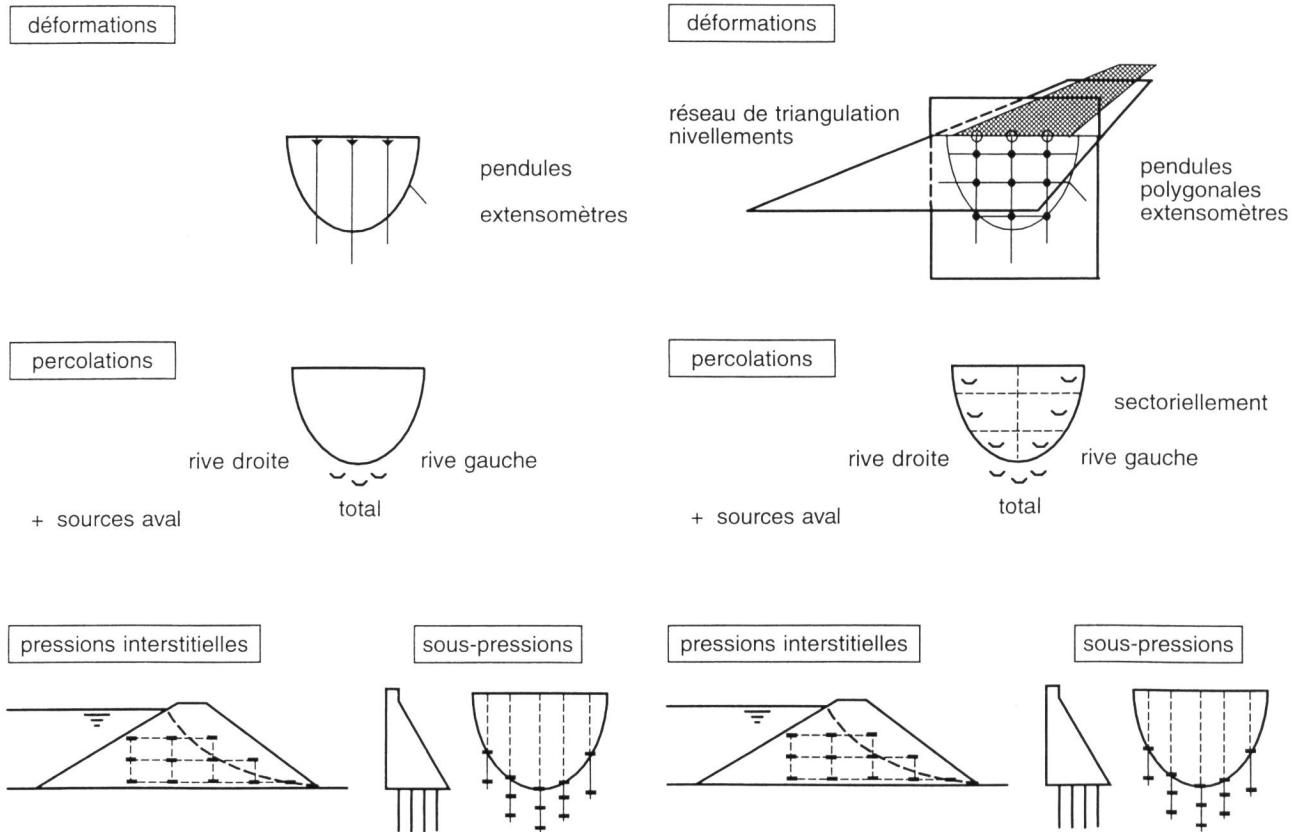


Figure 13. Concept d'auscultation. A gauche: pour la surveillance ordinaire, à droite: pour la surveillance renforcée.

ainsi que l'évolution de celui-ci. Il est alors nécessaire de disposer de données plus abondantes et de mesurer à fréquence plus élevée.

6.2 Concept d'auscultation

On voit donc que si une menace a été décelée (but du 2^e pilier), il faut être à même de passer le plus rapidement possible du régime de surveillance ordinaire au régime de surveillance renforcée (figure 12). On n'y parviendra que si le concept d'auscultation tient compte dans la plus large mesure possible des besoins en cas de situation exceptionnelle, et ceci également en hiver. Par conséquent, ce ne sont pas les besoins de la surveillance ordinaire qui déterminent le dispositif d'auscultation, mais ceux du cas d'urgence.

Cette nouvelle conception explique pourquoi les dispositifs et les programmes d'auscultation suisses diffèrent passablement de ceux que l'on applique à l'étranger, essentiellement en ce qui concerne la mesure des déformations des barrages et de leur sous-sol. Pour expliquer et suivre un comportement anormal par rapport aux déformations, il faut disposer de déformées et de lignes de tassement, et celles-ci doivent être basées sur des repères fixes situés dans la périphérie de l'ouvrage, c'est-à-dire à l'extérieur de la zone influencée par la retenue. Pour atteindre ce but (figure 13, à droite), il faut aménager un réseau de lignes de mesure horizontales et verticales dans le plan du barrage et le raccorder à un réseau de triangulation s'étendant suffisamment loin dans la périphérie¹⁰. Si, pour des raisons topographiques ou autres (forêt, terrain instable), l'extension de ce réseau de triangulation est insuffisante, il est aujourd'hui possible de l'élargir à l'aide du système de

repérage par satellites (GPS), le transformant ainsi en un réseau hybride (figure 14). Il ne faut toutefois pas perdre de vue que les mesures GPS sont nettement moins précises que les mesures terrestres. Un réseau de triangulation (et les nivellements qui y sont intégrés) permettent aussi de mesurer les déformations de la périphérie, le nombre de points nécessaires pouvant être ajoutés à cet effet. On peut également y raccorder des réseaux locaux, dont le but est la surveillance de zones critiques. Il faut effectuer des mesures zéro à retenue pleine et à retenue vide si l'on veut pouvoir utiliser efficacement ce système de mesure tridimensionnel en cas de besoin. Ces mesures zéro devront être périodiquement actualisées, car on assiste à une évolution aussi bien dans les instruments de mesure que dans les méthodes de traitement des mesures. Les cadences de mesure adéquates se situent aux alentours de 5 ans pour les mesures à retenue pleine (ou presque) et de 10...15 ans pour celles à retenue vide (ou presque). Par ailleurs, la cadence quinquennale a l'avantage de fournir un nouveau jeu complet de données pour chaque nouvel examen de la sécurité (expertise quinquennale).

En raison de l'influence du cycle annuel de la température, qui n'agit pas seulement sur le barrage mais également sur le terrain, il importe davantage d'effectuer les mesures à la même époque de l'année (avec une tolérance d'environ deux semaines) que de les effectuer à plan d'eau égal.

En ce qui concerne la surveillance ordinaire des déformations (pilier 2), il suffit, dans le cas des barrages en béton, d'observer le comportement des pendules et, le cas échéant, des extensomètres (figure 13, à gauche)¹¹; dans le cas des digues, on observera les tassements et les mouve-

¹⁰ Pour les digues et les barrages en béton ne disposant ni de galeries ni de puits de contrôle, le réseau intérieur sera remplacé par un réseau orthogonal de repères sur le parement aval.

¹¹ Si l'ouvrage n'est pas équipé de pendules, on observera les déformations au moyens d'alignements ou de mesures d'angles (le cas échéant, également au moyen de clinomètres de précision).

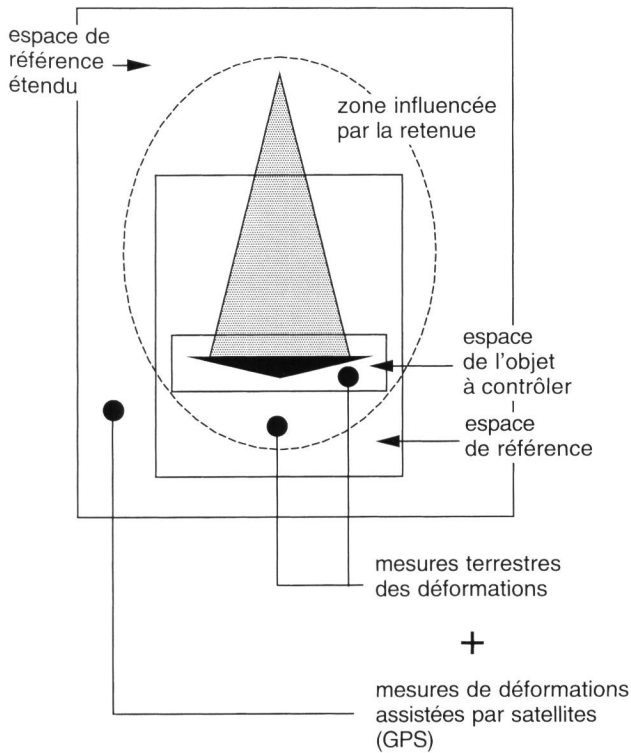


Figure 14. Réseau de triangulation hybride.

ments horizontaux de quelques points situés sur le couronnement au moyen de mesures géodésiques simples, telles que les nivellements, les mesures d'alignement ou les mesures d'angles. Si les résultats de ces mesures sélectives ont un comportement normal, celui de l'ouvrage et de son sous-sol le sera également.

La situation est analogue pour les percolations. En cas de percolations anormales, il importe de pouvoir mesurer les débits des différents secteurs de l'ouvrage (figure 13, à droite) et de disposer de mesures zéro à titre de référence. Pour la surveillance ordinaire, il suffit de mesurer le débit de percolation total (et éventuellement aussi les contributions séparées des parties rive gauche et rive droite de l'ouvrage) ainsi que le débit des sources aval (figure 13, à gauche). Enfin, en ce qui concerne les pressions interstitielles et les sous-pressions (figure 13), on ne fera pas de différence entre la surveillance ordinaire et la surveillance renforcée, ces grandeurs ne pouvant de toutes façons être mesurées que de manière ponctuelle (mesure à caractère aléatoire).

6.3 Système d'alarme

La stratégie en cas d'urgence prévoit d'ordonner l'évacuation de la population se trouvant dans la zone de submersion potentielle si l'on atteint le niveau de danger 3 (ou en cas de rupture de l'ouvrage¹²). Les moyens mis en œuvre à cet effet sont les suivants:

- sirènes à l'intérieur des localités,
- équipes mobiles d'alarme à l'extérieur des localités (mises sur pied par les communes),
- régulation du trafic routier (effectuée par la police cantonale en collaboration avec les communes),
- évacuation du matériel roulant des entreprises de transports publics par les moyens propres de ces dernières.

¹² Comme l'ampleur de la brèche n'est pas connue d'avance, on part de l'hypothèse la plus défavorable, à savoir de la rupture subite et intégrale ou – dans le cas des digues de longueur importante – de la plus grande brèche possible probable.

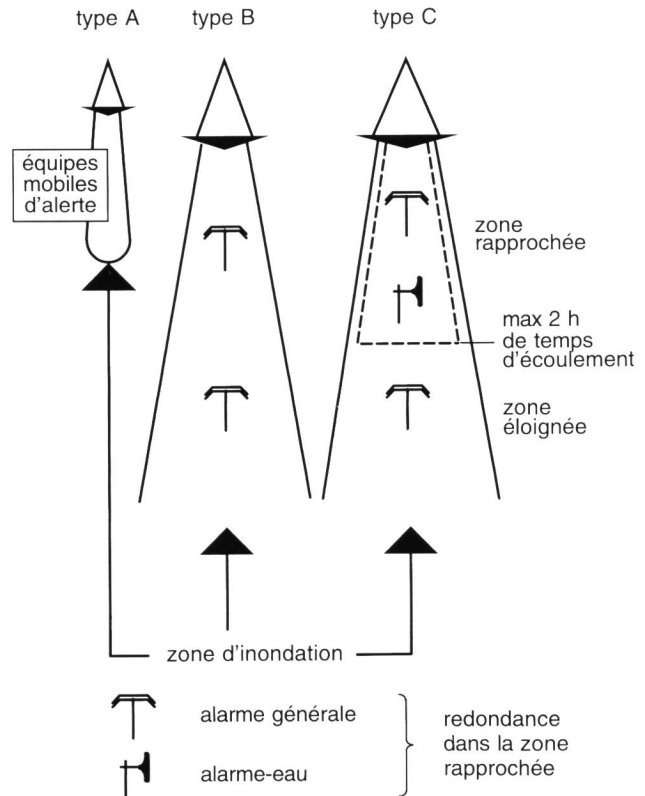


Figure 15. Alarme à l'intérieur des localités.

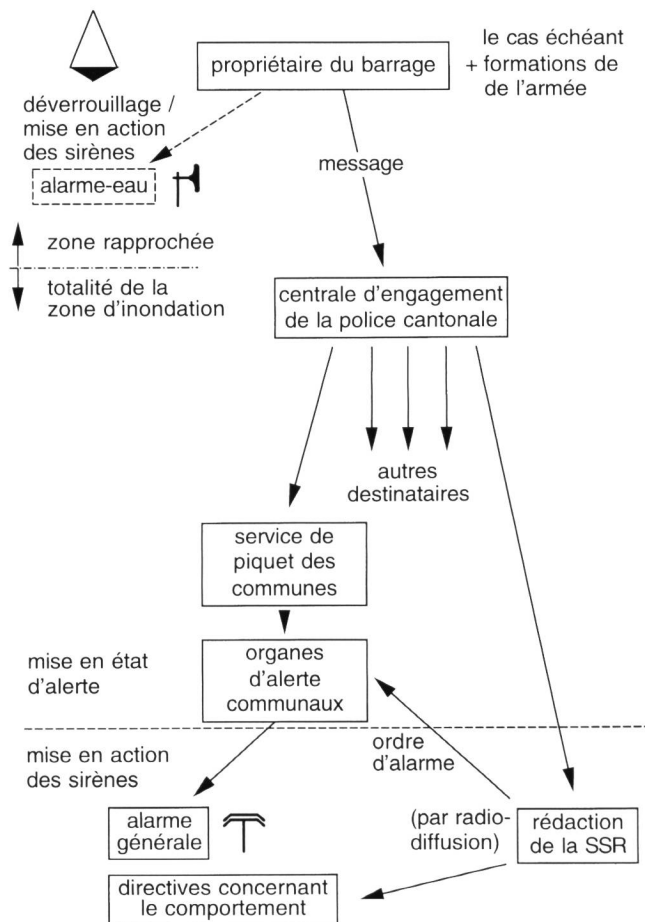


Figure 16. Organisation de l'alarme et canaux d'acheminement des messages.

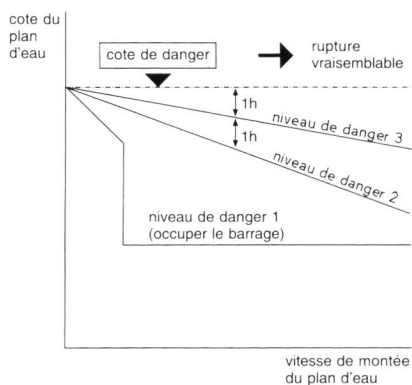


Figure 17. Stratégie d'urgence en cas de crue.

Le signal donné par les sirènes à l'intérieur des localités est par principe celui de l'alarme générale¹³ (système d'alarme de type B selon figure 15). Ce signal est donné dans toute la zone menacée de submersion. Si cette zone est petite et ne compte pas plus de trois localités, l'alarme par sirènes peut être remplacée par des équipes mobiles d'alarme (système d'alarme de type A). Par contre, si la zone menacée de submersion est étendue, c'est-à-dire si le volume de la retenue dépasse 2 millions de m³, il faudra également tenir compte de la menace constituée par les faits de guerre (figure 3) et équiper la zone de submersion proche du barrage d'un deuxième type de sirènes, à savoir de sirènes alarme-eau qui peuvent être déclenchées depuis le barrage (système d'alarme de type C). Cette zone rapprochée englobe tout le domaine qui serait submergé en deux heures au maximum en cas de rupture intégrale du barrage.

Actuellement, seuls les systèmes d'alarme de type C ont été réalisés. Il est toutefois prévu de doter tous les autres ouvrages d'accumulation d'un système d'alarme afin d'être partout en mesure de procéder, si nécessaire, à une évacuation.

Les changements de degré de préparation du système d'alarme et le déclenchement de l'alarme s'effectuent à l'aide de messages normalisés et protégés contre les usages abusifs. Les ordres y relatifs sont en règle générale donnés par l'exploitant de l'aménagement, car en tant que responsable de la sécurité de l'ouvrage, c'est à lui qu'incombe l'analyse permanente de la situation en cas d'urgence. Le cas de la menace militaire constitue une exception en période de service actif de l'armée. Dans ce dernier cas, les changements de degré de préparation et le déclenchement de l'alarme sont du ressort de l'armée, qui doit garantir par ses propres moyens d'être en mesure de déclencher l'alarme à tout instant (figure 16). Le canal par lequel les messages de l'exploitant ou de l'armée sont acheminés vers les instances qui doivent agir ou être informées passe par la centrale d'engagement de la police cantonale du canton dans lequel est situé l'ouvrage d'accumulation (figure 16). En cas de mise en vigueur de l'état d'alerte (degré de préparation 4), la tâche de celle-ci consistera, en plus de la retransmission du message à ses différents destinataires, d'une part à informer la population pour répondre à un besoin légitime de celle-ci, et d'autre part – point très important – à sensibiliser la population à l'éventualité d'une alarme. Comme le montre clairement la

¹³ Mugissement des sirènes enjoignant la population de se mettre à l'écoute de la radio et diffusion de directives de comportement ... dans le cas présent, de l'ordre de quitter immédiatement la zone menacée de submersion.

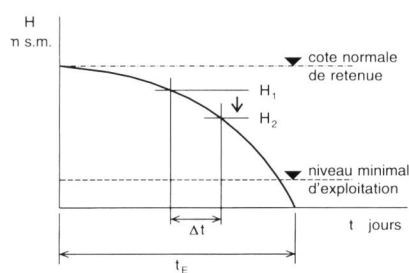


Figure 18. Temps nécessaire pour abaisser partiellement ou totalement le plan d'eau d'une retenue (vidange de fond complètement ouverte).

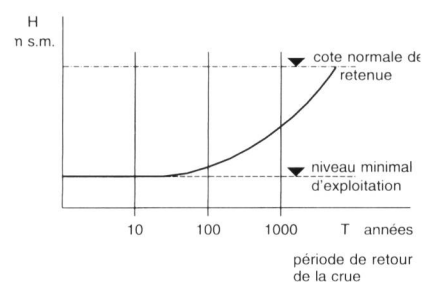


Figure 19. Remontée du plan d'eau provoquée par une crue atteignant une retenue dont le plan d'eau était préalablement abaissé (vidange de fond complètement ouverte).

figure 16, les liaisons sont la condition sine qua non de l'évacuation: sans liaisons, pas d'évacuation. Tout doit donc être mis en œuvre pour que les messages parviennent bien aux instances qui sont censées intervenir et pour que l'impulsion de déclenchement atteigne bien les sirènes alarme-eau. Pour cela, il faut disposer au minimum de deux liaisons indépendantes (trois seraient préférables) pour acheminer les messages et les signaux.

Etant donné que la mise en état d'alerte doit pouvoir être réalisée dans un délai maximum d'une heure si l'on veut être à même de maîtriser aussi l'événement crue, les seuls organes d'alarme entrant en ligne de compte sont la police cantonale au niveau du canton et les sapeurs pompiers à l'échelon communal.

6.4 Autres préparatifs en cas d'urgence

Dans l'éventualité d'une détérioration rapide (crue) ou subite (séisme) de la sécurité, l'ingénieur spécialisé n'est pas en mesure de procéder lui-même à l'analyse de la situation qu'il est censé fournir, étant donné qu'il ne lui est pas possible de se rendre au barrage (ou tout au moins pas dans les délais requis). Il est ainsi contraint de se substituer par des directives de comportement simples, qui permettent au personnel de l'exploitant d'agir correctement à sa place. A ce jour, l'élaboration des stratégies en cas d'urgence est terminée en ce qui concerne l'événement crue (figure 17). Les instructions relatives à l'événement séisme sont en cours de préparation.

Pour remplir au mieux sa mission en cas d'urgence, l'ingénieur spécialisé est encore tenu de connaître

- le temps nécessaire pour abaisser le plan d'eau de la retenue d'une cote H_1 à une cote H_2 ainsi que
- la cote à laquelle remonterait le plan d'eau si une crue devait se produire alors que la retenue se trouve en état d'abaissement préventif.

Les préparatifs pour le cas d'urgence doivent aussi contenir des graphiques du type de ceux des figures 18 et 19.

Version écrite intégrale, traduite de l'allemand, de la conférence donnée le 21 janvier 1997 à Berne par l'auteur à l'occasion de son départ à la retraite. M. Biedermann était le Chargé de la sécurité des barrages suisses et chef de section à l'Office fédéral de l'aménagement des eaux.

An English translation is given in this issue of «wasser, energie, luft – eau, énergie, air» p. 55–63.

Der deutsche Text ist beim Verfasser verfügbar.

La traduzione italiana si può ordinare all'autore.

Adresse de l'auteur: Dr. Rudolf Biedermann, Bernstrasse 24, CH-3303 Jegenstorf, Suisse.

Der Flussregenpfeifer: ein modernes Märchen

Naturnahe Kiesinsel im Stau Augst-Wyhlen

Esther Bäumler

Es war einmal ein Vogel mit dem wohlklingenden Namen Flussregenpfeifer, der an wilden Flüssen lebte. Seine Eier waren als Kieselsteine getarnt, und er legte sie in die von Hochwasser frisch aufgeschütteten Kiesbänke. Doch dann zähmten Flusskorrekturen die Wildheit der Flüsse. Staufstufen liessen zusätzlich Abschnitte mit trägen Stauseen entstehen. Vergeblich suchte der Flussregenpfeifer Kiesbänke zum Brüten. Erst im Jahr 1995 entdeckte er wieder eine Kiesinsel beim Kraftwerk Augst und entschloss sich spontan, dort zu brüten. – Eine kleine Bilanz des spannungsvollen Nebeneinanders von modernster Technik und Natur.

Voraussetzungen für die Rückeroberung

Im Rahmen des Umbaus von Schleuse und Kraftwerk in Augst wurde auch eine Neugestaltung der Umgebung notwendig. Die Planung und Ausführung der neuen Umgebung erfolgte nach den Grundsätzen einer naturnahen Gestaltung. Als wichtigste Räume wurden neu geschaffen: ein Vogelparadies mit Kies- und Ruderalflächen auf der abgeschiedenen Insel und ein Erholungsparadies mit farbigen Blumenwiesen und einer Gehölzkulisse am belebten Rheinufer. Die Insel wurde im Winter 1993, die Uferseite im Herbst 1994 fertiggestellt. Seither ist hüben und drüben die Rückeroberung der Natur im Gange.

Vogelparadies

Eine kleine Sensation ereignete sich bereits im Sommer 1995: Der seltene Flussregenpfeifer brütete auf der neuen Insel (mündl. Mitt. B. Bussinger, Bild 1). Diese Vogelart ist zum Brüten auf vegetationsfreie Kiesflächen angewiesen. Früher waren dies unbewachsene Kiesbänke, welche in natürlichen Flussläufen immer wieder neu entstehen. Heute ist der Flussregenpfeifer vor allem in wenig genutzte Randbereiche von Kiesgruben ausgewichen. Sobald die Vegetation dichter wird, sucht er sich neue Orte.

Im umgebenden «Augster Stau» leben zahlreiche Wasservogelarten. Sie benützen die Insel häufig als Ruheplatz.

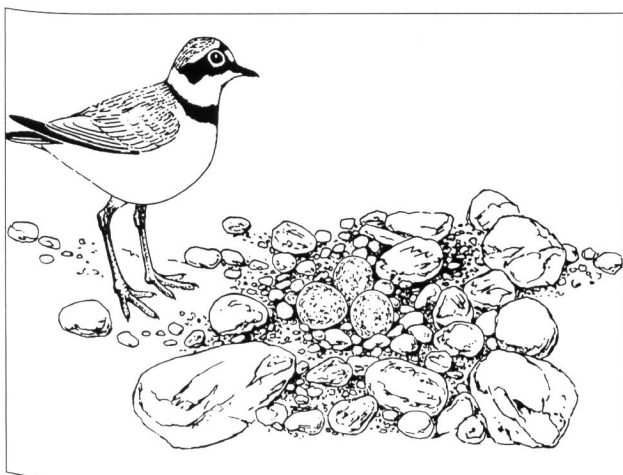


Bild 1. Die kleine Sensation: Der seltene Flussregenpfeifer hat bereits im zweiten Jahr nach der Fertigstellung der Kiesinsel gebrütet (Zeichnung: Annemarie Schelbert).

Je nach Jahreszeit sieht man verschiedene Entenarten, manchmal auch Rostgänse, welche sich vor allem auf der flachen Landzunge der Insel niederlassen (Bild 2). Tausende «blinder Passagiere» sind mitgereist im Gefieder, am Schnabel oder an den Schwimmhäuten der Vögel. Gemeint sind die Samen verschiedenster Pflanzen, wie z. B. diejenigen des Gänsefusses. Der Name Gänsefuss stammt allerdings nicht von der Art der Verbreitung, sondern von der Form der Blätter.

Auch der Wind hat den Pflanzen nachgeholfen: Flugsamen von Weide, Esche, Weidenröschen und Huflattich sind schon im ersten Frühjahr gekeimt. Im Juni 1994 waren im vorderen Teil der Insel schon über 20 verschiedene Pflanzenarten zu beobachten. Rasch besiedeln die Pioniere die Ruderalstellen und teilweise bereits auch die Kiesflächen der Insel. Unscheinbare Pflanzen, wie das Kleine Leinkraut, gedeihen neben dem üppigen Weidenröschen oder dem farbenprächtigen Sommerflieder.

Auch hier ist eine Sensation zu vermelden: Am Ufer der Wasserzone auf der Insel hat sich der Nickende Zweizahn niedergelassen (mündl. Mitt. G. Masé, Bild 3). Diese grosse, gelbblühende Staude gilt nach den «Roten Listen» in der ganzen Schweiz als gefährdet, im Baselbiet sogar als verschollen. Vermutlich sind auch die Samen des Zweizahns mit Vögeln mitgereist und so auf die Insel gelangt.

Sorgen bereiten hingegen die Keimlinge von Birke, Weide und Esche, welche zu Tausenden die Insel erobern und ums Überleben kämpfen. Ohne Pflegeeingriffe würde es nur wenige Jahre dauern, bis die Insel zugewachsen ist. Die natürliche Entwicklung, auch Sukzession genannt, führt auf einer Kiesinsel ohne Überschwemmung letztlich zu Wald. Bei Flüssen, bei welchen die natürliche Dynamik spielt, werden bei Hochwasser Inseln mitsamt ihrer Vegetation weggerissen. An anderen Orten wird dieses Material wieder frisch aufgeschüttet. So entstehen laufend vegetationsfreie Orte, welche sich je nach ihrer Lage zum Wasserstand unterschiedlich entwickeln.

Erholungsparadies

Lila, blau, weiss: Flockenblume, Natternkopf und Margerite leuchten uns aus der neuen, mageren Wiese entgegen (Bild 4). Die Deckung der Pflanzen ist noch etwas lückig, aber gerade diese Lücken erlauben das Aufwachsen zahlreicher verschiedener Pflanzenarten. Zudem werden die offenen Stellen von verschiedenen Insekten genutzt. Der Unterschied zu einem herkömmlichen Rasen ist offensichtlich (Bild 5).

Entlang der Unterhaltswege hat sich auf beiden Seiten der Schleuse eine farbenfrohe Ruderalflur entwickelt: Königskerzen, Natternkopf und Sommerflieder sind die augenfälligsten Arten (Bild 6). An warmen Sommertagen hängen die Stauden des Sommerfieders voll von Schmetterlingen, welche sich den begehrten Nektar holen. Neben den beliebten, farbenprächtigen Pflanzen finden sich in den Ruderalflächen häufig auch sogenannte «Unkräuter»: Brennessel, Vogelknöterich und Gänsefuss. Doch Insekten haben ihre eigene Hitparade. Darauf steht gerade die Brennessel ganz weit oben in der Beliebtheit. 107 verschiedene Insektenarten können sich an der Brennessel sattessen, unter anderen auch die Raupe des Tagpfauenauges.

Bei den Gehölzen wurden nur einheimische Arten angepflanzt. Da für die Bepflanzung Forstware verwendet wurde, braucht es noch etwas Zeit, bis das Gehölz schliesst. Trotzdem muss nicht auf Farbenpracht verzichtet werden. Die Schlehen eröffnen die Saison schon früh im März



Bild 2. Die Pioniere besiedeln rasch vegetationsfreie Stellen. Am Ende der Entwicklung steht Wald. Bei einem natürlichen Gewässer werden durch Überschwemmungen periodisch wieder neue Kies- und Pionierstandorte geschaffen. Dies muss in Augst durch Pflegeeingriffe künstlich nachgeahmt werden. Die Kiesinsel im März 1997, nach dem winterlichen Pflegeeingriff (Foto Ökoskop, Esther Bäuml).

mit ihren weissen Blüten, welche vor den Blättern erscheinen.

Ende gut?

Eine Rückführung in den Naturzustand ist nicht mehr möglich. Zu stark hat sich die Landschaft gewandelt: Uferverbauungen und Staustufen haben auch den Rhein oberhalb und bei Augst entscheidend geprägt. Eine Kiesinsel ist als

Element eines natürlichen Flusses auf die Dynamik angewiesen. Fehlt diese Dynamik, muss sie mit Hilfe von Pflegeeingriffen künstlich nachgeahmt werden, falls ein bestimmter Zustand, wie hier die Vegetationsfreiheit, angestrebt wird. Dies geschieht heute dank dem Einsatz des Teams des Kraftwerks Augst und dem Vogelschutzverein Kaiseraugst. Gemäss *Theo Zeier*, dem Leiter des Kraftwerks Augst, wurden im letzten Jahr etwa dreihundert



Bild 3. Der Nickende Zweizahn: Diese wunderschöne, gelbblühende Staude gilt gesamtschweizerisch als gefährdet (Foto Ökoskop, Guido Masé).



Bild 4. In der Blumenwiese blühten bereits im zweiten Sommer Margeriten, Natternkopf, Wilde Möhren und Flockenblumen (Foto Ökoskop, *Claudius Berchtold*).



Bild 5. «Mut zur Lücke» heisst das Erfolgsrezept für Magerwiesen. Der lückige Boden erlaubt vielen verschiedenen Arten ein Aufwachsen. Zum Vergleich: ein herkömmlicher Zierrasen (Foto Ökoskop, *Esther Bäuml/Regula Winzeler*).

Stunden für das Jäten auf der Insel aufgewendet. Tatkräftige Unterstützung erhielt das Kraftwerk dabei durch den Vogelschutzverein Kaiseraugst: An zwei Samstagen halfen rund 20 Personen beim Jäten. Würden wir die Insel der heutigen Dynamik der Natur überlassen, würde die Rückeroberung innert weniger Jahre zu Gebüsch und Wald führen. Das spannungsvolle Nebeneinander von Mensch, Natur und Technik geht also weiter.

Adresse der Verfasserin: Dr. *Esther Bäuml*, Ökoskop, Postfach 102, CH-4460 Gelterkinden.



Bild 6. Das Insektenparadies: Auf den Ruderalflächen hat sich in kurzer Zeit eine bunte Schar von Wildkräutern eingefunden, z.B. Königskerze, Sommerflieder oder Brennesseln. Sie sind Nahrungsgrundlage für zahlreiche Insekten (Foto Ökoskop, *Esther Bäuml*).

Protection contre les crues dans le canton de Fribourg

Henri Gétaz

Généralités

Sis en bordure des Préalpes, le canton de Fribourg est confronté, dans des proportions variables, à toute la palette des problèmes de protection contre les forces de la nature spécifiques à la montagne et à la plaine. Son territoire présente une grande diversité de formations géologiques, avec prépondérance de flysch dans sa partie montagneuse et est particulièrement exposé et sensible aux caprices météorologiques. Dans ces terrains instables et imperméables, le fort ruissellement de surface a constitué un réseau hydrographique dense. Les agglomérations et zones d'activités sont nombreuses, avec un réseau de voies de communication développé, d'où la nécessité de mesures étendues de protection contre les éléments naturels.

Le canton consent un effort important en matière d'aménagement de cours d'eau. Le volume annuel moyen des travaux au cours du dernier quart de siècle est de quelque 6 à 8 mio de francs. A l'instar des autres cantons, les travaux sont le fait de collectivités locales – entreprises d'endiguements, syndicats à buts multiples ou encore communes – le canton étant organe de planification, de coordination et de subventionnement; nombre d'aménagements sont rendus possibles grâce au subventionnement par la Confédération.

En montagne

L'effort a porté durant une quinzaine d'années principalement sur le réaménagement des torrents après que les régions du pied des Préalpes aient été par deux fois sinistrées en 1968. La multiplicité des interventions – plutôt que leur importance – ainsi que la nécessité d'opérer dans des endroits souvent difficiles d'accès, ont très tôt conduit à une réintroduction des techniques anciennes de la construction forestière, en complément sinon en lieu et place de celles du génie civil traditionnel. L'effort soutenu a porté ses fruits, dès lors que la plupart des torrents dangereux ont fait l'objet de réaménagements ou leurs ouvrages de protection anciens de rénovations systématiques.

Le territoire n'est cependant pas pour autant à l'abri d'impondérables, preuve en sont bien malheureusement les événements récents tels la trombe d'eau du 29 juillet 1990 de Moléson-Vudalla ayant provoqué des dommages et nécessité des aménagements sur les trois communes de Gruyères, Enney et Villars-sous-Mont pour près de 20 mio de francs, ou encore, en été 1994, le rapide et vaste glissement de terrain dit de «Falli-Höllli», sur la commune de Plaselb, ayant détruit l'ensemble d'un quartier de chalets, avec un dommage de 14 mio de francs pour les seuls biens immobiliers. D'autres zones instables réactivées récemment font actuellement l'objet de programmes d'investigations ou d'assainissement importants, dans la vallée du Lac Noir notamment.

En plaine

A l'instar de ses voisins, le canton est de plus en plus confronté au double problème résultant des activités humaines: l'artificialisation des régimes d'écoulement et l'élévation des exigences de sécurité à l'égard des crues, en fonction de l'affectation et de l'utilisation des sols. Ayant recours autant que possible aux techniques du génie bio-

logique, les concepts de réaménagement s'y heurtent souvent à la question des emprises de terrains alors nécessaires.

Nouvelles orientations

Non seulement les dispositions légales fédérales récentes en matière de protection de l'environnement, de protection de la nature et du paysage et de protection des eaux, visant à une conservation ou un rétablissement des eaux en leur état naturel, mais encore et surtout les événements récents qu'a connus le canton, le confortent dans la volonté de mettre l'accent sur la planification et une gestion globale des eaux, avec l'objectif essentiel de permettre l'affectation et l'utilisation rationnelle du territoire, à l'abri des dangers naturels.

En montagne

C'est ainsi qu'en application de la nouvelle stratégie de gestion des risques naturels concrétisée par les récentes lois fédérales sur les forêts et sur l'aménagement des cours d'eau, le canton a entrepris, en 1993 déjà, par sa Commission cantonale des dangers naturels (CCDN), et avec le concours de l'Institut de géologie de l'Université, la cartographie des terrains instables. Il entend y donner suite par la cartographie des dangers liés aux crues et conduit actuellement une étude pilote multi-dangers (terrains instables, crues et avalanches) sur le territoire de la commune de Bellegarde, devant notamment permettre le développement méthodologique et le choix des moyens infographiques adéquats, avec la finalité d'intégrer ces éléments à la planification en matière d'aménagement du territoire.

En plaine,

plus particulièrement, il entend procéder à une gestion globale des eaux par l'étude de plans directeurs sectoriels à l'échelle de bassins versants, avec priorité à ceux présentant des conflits d'intérêts importants, en poursuivant et étendant les études entreprises au titre de gestion des eaux de surface en application du plan directeur cantonal en matière d'aménagement du territoire FR 87, les objectifs à l'égard des cours d'eau devant être la conciliation des impératifs de sécurité et ceux de conservation, voire de revitalisation, à commencer par la réservation des surfaces nécessaires.

A ce sujet, le canton fonde des espoirs particuliers sur l'étude pilote lancée par l'Office fédéral de l'économie des eaux sous le titre «Espace nécessaire aux cours d'eau», qui doit y porter sur le cours de la Haute Glâne, de part et d'autre de Romont. Il s'agit d'un cours d'eau dont la rectification progressive au titre d'améliorations agricoles sur quelque 14 km s'est échelonnée sur près d'un siècle jusqu'à la dernière guerre, représentatif de nombreux cours d'eau du plateau.

Le canton est également partenaire avec son voisin vaudois d'une étude de gestion des crues dans la plaine de la Broye, avec applications concrètes spécialement pour la Petite Glâne, ainsi que d'une étude quant à la gestion globale des eaux dans la Haute Broye.

Adresse de l'auteur: *Henri Gétaz*, ing. dipl. EPF, chef du Service cantonal des eaux et endiguements, Direction des travaux publics du canton de Fribourg, Impasse de la Colline 1, CH-1700 Fribourg.

Compte rendu préparé pour le séminaire «Protection contre les crues – objectifs et contraintes» du 21 novembre 1996 à Grange-neuve.

Die Restwassersanierung nach dem revidierten Gewässerschutzgesetz

Werden die Wasserkraftwerke schon wieder neue Abgaben hinnehmen müssen?

Walter Hauenstein

Ausgangslage

Am 17. Mai 1992 wurde das revidierte Gewässerschutzgesetz in einer Referendumsabstimmung vom schweizerischen Stimmvolk angenommen. Die Ausarbeitung dieses Gesetzes dauerte über Jahre. Wesentlicher Konfliktpunkt waren die Restwasserabgaben bei Wasserentnahmen, insbesondere für die Wasserkraftnutzung. Schliesslich wurde der Gesetzestext in einem mühselig errungenen Kompromiss bereinigt, nicht zuletzt unter Druck der Initiative «Zur Rettung unserer Gewässer».

Gewässerschutzgesetz, Artikel 80 Sanierung

¹ Wird ein Fliessgewässer durch Wasserentnahmen wesentlich beeinflusst, so muss es unterhalb der Entnahmestellen nach den Anordnungen der Behörde so weit saniert werden, als dies ohne entschädigungsbegründende Eingriffe in bestehende Wassernutzungsrechte möglich ist.

² Die Behörde ordnet weitergehende Sanierungsmassnahmen an, wenn es sich um Fliessgewässer in Landschaften oder Lebensräumen handelt, die in nationalen oder kantonalen Inventaren aufgeführt sind, oder wenn dies andere überwiegende öffentliche Interessen fordern. Das Verfahren für die Feststellung der Entschädigungspflicht und die Festsetzung der Entschädigung richtet sich nach dem Bundesgesetz über die Enteignung.

Die Artikel 80ff. des Gewässerschutzgesetzes sehen die Sanierung der Restwasserstrecken auch bei Entnahmen mit bestehenden Nutzungsrechten im Laufe der konzessionierten Betriebszeit vor. Weil die sogenannten wohlverworbenen Rechte aber in ihrer Substanz nicht geschmälert werden dürfen, haben sich diese Sanierungen in erster Linie auf Massnahmen zu beschränken, welche nicht entschädigungsbegründend sind. Es sind zwar auch weitergehende Sanierungsmassnahmen vorgesehen, falls durch die Wasserentnahme inventarisierte Landschaften oder Lebensräume betroffen werden oder falls andere überwiegende öffentliche Interessen dies fordern. Für alle diese weitergehenden Massnahmen ist aber eine volle Entschädigung wie bei einer Enteignung geschuldet.

Seit der Inkraftsetzung des Gesetzes ist es um die Restwasserfrage ruhiger geworden. Das liegt nicht daran, dass nun alle Probleme geregelt wären. Vielmehr bereiten sich die Kantone mit der Ausarbeitung von Inventaren und Sanierungsberichten auf die Verfügung von Sanierungsmassnahmen im Rahmen des erwähnten Artikels 80 vor.

Sanierungsmassnahmen ohne Entschädigungsbegründung

Beschränken wir uns vorerst auf Massnahmen, die entschädigungslos angeordnet werden können. Von diesen sind alle Entnahmen betroffen, die an Gewässern mit ständiger Wasserführung liegen, sofern sie das Fliessgewässer wesentlich beeinflussen.

Es ist sicher unbestritten, dass die meisten Wasserfassungen der Kraftwerke im Alpenraum einen wesentlichen Eingriff ins Fliessgewässer darstellen. Damit ist auch vorgegeben, dass sie im Blick auf die Durchführung von

Sanierungsmassnahmen untersucht werden müssen. Der Massstab, welchen das Gesetz für die Festlegung dieser Massnahmen gibt, ist ganz klar kein ökologischer, sondern ein ökonomischer, nämlich die erwähnte Entschädigungsbegründung.

Was heisst «entschädigungsbegründend»?

Im Vordergrund der notwendigen Abklärungen steht also die Definition, was unter dem Begriff entschädigungsbegründend gemeint ist. Rein sprachlich betrachtet erscheint der Begriff entschädigungsbegründend klar zu sein. Ein Grund zu einer Abgeltung besteht dort, wo ein Schaden entsteht. So einfach scheint die Sache allerdings nicht zu sein. Ein vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (Buwal) beauftragter Gutachter nimmt an, dass eine Produktionseinbusse von einigen Prozent, es werden Zahlen von 3,7 % respektive von 6 bis 8 % erwähnt, ohne Entschädigung zugemutet werden könnte. Ähnlich tönt es auch in der Botschaft zu den beiden Vorlagen aus dem Jahr 1987. Als Unternehmer und Inhaber von wohlverworbenen Rechten wehren sich die Betreiber von Wasserkraftwerken gegen eine solche Strapazierung der Auslegung der Substanzschmälerung an den wohlverworbenen Rechten. Jede Schmälerung der Produktion ist ein Eingriff in die Substanz des Wasserrechts und muss entschädigt werden. Diese Meinung wird auch durch das Rechtsgutachten von alt Bundesrichter Werner Dubach zu den wohlverworbenen Rechten im Wasserrecht bestätigt.

Dass der Stimmbürger bei der Annahme des Gewässerschutzgesetzes ebenfalls von dieser Annahme ausging, ist daraus zu schliessen, dass die Erläuterungen des Bundesrates zur damaligen Abstimmung folgendes aussagten: «Was bringt das neue Gewässerschutzgesetz? Es trägt den vielfältigen Einwirkungen auf die Gewässer Rechnung, indem es: ... – die Trockenlegung bei bereits bestehenden Wasserableitungen für Wasserkraftanlagen in geschützten Landschaften und Lebensräumen rasch beseitigt und bei anderen Anlagen eine Sanierung spätestens bei der Erneuerung der Wassernutzungskonzession durchsetzt.»

Berücksichtigt man, dass das Gesetz entschädigungslose Sanierungsmassnahmen überhaupt vorsieht, muss man davon ausgehen, dass es auch solche gibt. Das können zum Beispiel Umgestaltungen im Gewässer sein, welche im Rahmen des Unterhalts ausgeführt werden können, allenfalls geringfügige bauliche Eingriffe oder betriebliche Massnahmen, sicher aber nicht Produktionseinbussen.

Wie bereits erwähnt, werden momentan von den Kantonen die Sanierungsberichte erstellt. Diese beinhalten laut Artikel 82 des Gewässerschutzgesetzes eine Beurteilung und einen Entscheid, ob und wenn ja in welchem Ausmass eine Sanierung notwendig ist. Von verschiedenen Kantonen wurden im Laufe dieser Arbeiten zum Sanierungsbericht gelegentlich die Wasserkraftwerksbetreiber orientiert, so dass es bereits heute möglich ist, sich ein Bild über die zu erwartende Beurteilung zu machen. Aus den uns bisher bekannten Fällen geht hervor, dass sich die Beurteilung der Sanierungsnotwendigkeit primär auf eine ökologische Bewertung der durch die Fassungen beeinflussten Gewässer stützt. Der Klärung des Begriffs Entschädigungsbegründung, welchen das Gesetz als Mass zur Sanierung ansetzt, wurde unseres Wissens kaum nachgegangen. Nun liegt es zwar sicher im Geiste des Gewässerschutzes, eine ökologische Verbesserung herbeizuführen. In diesem Sinne ist eine ökologische Bewertung zur Verteilung der einzusetzenden Mittel auch angebracht. Allein, solange der Umfang der Mittel nicht geklärt ist, welche entschädigungslos ein-

gesetzt werden dürfen, können keine einvernehmlichen Lösungen gefunden werden.

Wer kann nun die Frage des Ausmasses der entschädigungslos hinzunehmenden Einbussen beantworten?

Auf den Willen des Gesetzgebers abzustellen ist kaum möglich. Das Gesetz ist nicht das Resultat einer wohlüberlegten Formulierung, sondern entstand in jahrelangem politischem Ringen und ist ein Kompromiss, den jede Partei anders interpretiert.

Die Kantone, welche die Sanierungsberichte ausarbeiten, stehen zwischen den beiden Meinungsgruppen. Solange nicht feststeht, wo die Grenze zwischen entschädigungslos und entschädigungspflichtig verläuft, liegt es wohl auch im Interesse der Kantone, ihre Sanierungen nur soweit anzuordnen, als sie auch bereit wären, die daraus entstehenden Folgekosten zu übernehmen, falls die Entschädigungsfrage eines Tages nicht im Sinne ihrer Anordnungen entschieden würde.

Die Umweltschutzämter und die Interessenverbände des Umweltschutzes werden an einer Interpretation festhalten, die eine möglichst umfassende Sanierung ohne Entschädigung erlaubt.

Bleiben noch die Betreiber von Wasserkraftwerken.

Diese werden aller Voraussicht nach mit einem Sanierungsbericht konfrontiert, der entschädigungslose Sanierungen vorsieht, welche je nach Situation zu erheblichen Produktionsausfällen führen können.

Für die Kraftwerksbetreiber sind solche Forderungen aus verschiedenen Gründen nicht tragbar.

Zum einen verwendet das Gesetz einen Massstab für die anzuordnenden Massnahmen, welcher offensichtlich interpretationsbedürftig ist. Eine Auslegung im Sinne einer zulässigen Schmälerung der Produktion ohne Entschädigung liegt nicht auf der Hand. Unserer Meinung nach eignen sich die bisher zitierten Präjudizien nicht für eine derartige Auslegung. Insbesondere das Urteil über die Restwasserregelung der Kraftwerke Ilanz liegt vollständig anders. Im Falle Ilanz war die Produktionsschmälerung bereits in der Konzessionsgenehmigung des Kantons vorgezeichnet, wengleich deren Anwendung einige gedankliche Klimmzüge erforderte. Es handelt sich daher um einen Sonderfall, der nicht verallgemeinert werden darf.

Bei den bestehenden Wasserkraftwerken haben die Betreiber grosse Investitionen getätigt für den Bau und Betrieb der Anlagen. Wenn die Investition in ein Wasserkraftwerk einmal getätigt ist, gibt es kein Zurück mehr. Das Geld ist ausgegeben und der Gegenwert dafür nur solange da, als man das Werk auch kostendeckend betreiben kann, d.h. solange die beim Investitionsentscheid mit gutem Recht vorausgesetzten Bedingungen erhalten bleiben. Die Ersteller der Wasserkraftwerke durften bei ihrem Investitionsentscheid mit gutem Recht davon ausgehen, dass während der Nutzungsdauer für ihr Wasserrecht faire Randbedingungen gelten. Die stete Erhöhung der Abgaben, seien dies Wasserzinsen oder die heute zur Diskussion stehende Finanzierung ökologischer Sanierungen durch die Wasserrechtsnehmer, stellt dies zumindest in Frage.

Heute stehen Schlagworte wie Kostentransparenz und Kostenwahrheit hoch im Kurs. Von den Stromversorgungsunternehmen wird gefordert, dass sie sich so strukturieren, dass die Kosten für die einzelnen Geschäftsaktivitäten, also auch die Stromproduktion, transparent ersichtlich werden (sog. unbundling). Die Überwälzung der Kosten der von der Allgemeinheit geforderten Restwassersanierung auf die Stromproduzenten stellt einen krassen Gegensatz zu diesen Bemühungen zur Transparenz dar, indem sie die

Stromgestehungskosten mit Abgaben belastet, welche nicht in direktem Zusammenhang mit der Stromproduktion stehen.

Die politische Forderung nach Bezahlung der Restwasserverluste durch den Stromproduzenten steht auch in Widerspruch zur ebenso politischen Forderung nach «Liberalisierung» des Strommarktes. Mit der sogenannten Liberalisierung wird angestrebt, dass grössere Stromkonsumenten sich ihre Produzenten frei wählen können. Dadurch werden tiefere Strompreise erwartet. Bedingt durch die bereits bestehenden Abgaben, allen voran die Wasserzinsen, aber auch allfällige Restwasserverluste, welche das Ausland nicht kennt, ist die schweizerische Stromproduktion aus Wasserkraft heute schon schwer benachteiligt und nicht mehr konkurrenzfähig gegenüber der ausländischen Produktion. Die Liberalisierung des Strommarktes ist zwar in der Schweiz noch nicht beschlossen, aber angesichts der Bestrebungen im EU-Raum nur noch eine Frage der Zeit. Gelingt es nicht, die Wasserkraft konkurrenzfähig zu machen, stehen wir spätestens bei Einführung dieser Liberalisierung vor sogenannten gestrandeten Investitionen. Eine weitere Schwächung der einheimischen, erneuerbaren, relativ umweltfreundlichen und CO₂-freien Wasserkraft ist volkswirtschaftlich unverantwortbar.

Es scheint also, dass auch die Wasserkraftwerksbetreiber den Konflikt um den Begriff «entschädigungsbegründend» nicht lösen können. Wenn dem so ist, obliegt es einmal mehr den Gerichten, die Interpretation eines offenbar nicht klaren Gesetzestextes vorzunehmen.

Wir sind uns bewusst, dass unsere Position unpopulär ist, möchten aber klar festhalten: Die Einhaltung der gültigen Gesetzgebung ist unbestritten und sinnvolle Umweltschutzmassnahmen sind auch bei Wasserkraftwerksbetreibern weitherum akzeptiert. Wir wehren uns nur gegen eine Aufweichung der wohl erworbenen Rechte und dagegen, dass der Besteller einer Massnahme den daraus resultierenden Schaden nicht selbst bezahlen will. Dies im Sinne einer Vermeidung weiterer Wettbewerbsnachteile für unsere Wasserkraft.

Dieser Beitrag ist eine Überarbeitung der Stellungnahme zum Entwurf des Sanierungsberichts für die Kraftwerke Vorderrhein, welche am 18. März 1997 anlässlich einer Orientierungsveranstaltung für die Betreiber von Wasserkraftwerken in Chur abgegeben wurde.

Literaturhinweise

Dubach, W.: Die wohl erworbenen Rechte im Wasserrecht. Bundesamt für Wasserwirtschaft, November 1979.

Frei, B.: Die Sanierung nach Art. 80 ff. Gewässerschutzgesetz vom 24. Januar 1991 bei der Wasserkraftnutzung; rechtliche Probleme. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Dezember 1991.

Adresse des Verfassers: Dr. Walter Hauenstein, Nordostschweizerische Kraftwerke, Parkstrasse 23, CH-5400 Baden.

Hochwasser-Schadenkosten

für die einzelnen Kantone bzw. pro Quadratkilometer Kantonsgebiet und pro Kantonseinwohner

Mit 964 Millionen Franken für die Periode 1972 bis 1996 ist der Kanton Tessin schadenmässig am schwersten betroffen, dicht gefolgt von den Kantonen Wallis (894 Mio), Uri (704 Mio) und Bern (602 Mio). Am wenigsten Schäden gab es in den drei Halbkantonen Appenzell-Innerrhoden (1,6 Mio), Appenzell-Ausserrhoden (3,3 Mio) und Basel-Stadt (4,2 Mio).

Bei den Kosten pro Quadratkilometer Kantonsgebiet wurde der Kanton Uri am extremsten betroffen. Es folgen die Kantone Tessin, Wallis und Nidwalden. Wiederum am schwächsten betroffen die beiden Appenzeller Halbkantone sowie der Kanton Glarus. Der schweizerische Schaden-durchschnitt liegt bei 0,11 Mio Franken pro Quadratkilometer, was einem Mittel von rund 4400 Franken pro Jahr entspricht.

Auch bei den Kosten pro Kantonseinwohner steht das Urnerland in dieser 25jährigen Periode an der Spitze. Mit fast 21 000 Franken pro Kopf sind die Urner und Urnerinnen die mit Abstand am markantesten betroffenen Kantonseinwohner der Schweiz. Es folgen die Walliser mit 4088, die Tessiner mit 3625 und die Bündner mit noch 1713 Franken. Am wenigsten von Unwettern heimgesucht wurden die Kantonseinwohner von Basel-Stadt (21 Franken), von Genf (34) und von

Appenzell-Ausserrhoden (69). Der schweizerische Schaden-durchschnitt pro Einwohner liegt bei 717 Franken für die 25 Jahre, was ein Mittel von fast 30 Franken pro Kopf und Jahr ergibt.

Würde man nach dem reinen «Verursacherprinzip» verfahren, so müsste beispielsweise ein Urner bzw. eine Urnerin rund tausendmal mehr für Unwetterschäden aufwenden als ein Baselstädter, ein Walliser 32mal mehr als ein Zürcher und ein Tessiner 14mal mehr als ein Aargauer (ohne Berücksichtigung von Subventionen). Ohne Solidarität und finanziellen Ausgleich für die arg gebeutelten Alpen- und Voralpengebiete würden diese Kernregionen mit ihrem ohnehin schon hohen Anteil an unproduktiven Flächen noch schwerer unter den Naturgefahren leiden. Sie würden immer mehr entvölkert, die immensen Kosten also auf noch weniger Köpfe verteilt, was unweigerlich einer eigentlichen «Kultur»-Katastrophe gleichkäme.

Adresse des Verfassers: Gerhard Röthlisberger, Naturgefahren, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Zürcherstrasse 111, CH-8903 Birmensdorf.

Vorabdruck aus: 25 Jahre Unwetterstatistik in der Schweiz – Eine Schadenbilanz der Jahre 1972–1996 (erscheint voraussichtlich 1998 als WSL-Bericht).

Unwetterschäden in der Schweiz 1972–1996: **Schadensumme bzw. Kosten** (Mittel der 25 Jahre) nach Kantonen, Kantonsgrösse (km²) und Einwohner

Kanton	Kosten pro Kanton (geschätztes Mittel in Mio Fr.)	Grösse Kantonsgebiet (km ²)	Kosten pro km ² (Mio Fr.)	Einwohner 1980 (Anzahl)	Kosten pro Einwohner (Fr.)
Aargau	115,0	1404	0,08	453442	254.–
Appenzell-I	1,6	172	0,01	12844	125.–
Appenzell-A	3,3	243	0,01	47611	69.–
Bern ^{1,2}	602,0	6049	0,10	912022	660.–
Basel-Land ²	44,0	428	0,10	219822	200.–
Basel-Stadt	4,2	37	0,11	203915	21.–
Freiburg	117,0	1670	0,07	185246	632.–
Genf	12,0	282	0,04	349040	34.–
Glarus	8,6	685	0,01	36718	234.–
Graubünden	282,0	7106	0,04	164641	1713.–
Jura ¹	20,0	837	0,02	64986	308.–
Luzern	142,0	1492	0,10	296159	479.–
Neuenburg	24,0	797	0,03	158368	152.–
Nidwalden	42,0	276	0,15	28617	1468.–
Obwalden	27,0	491	0,05	25865	1044.–
St. Gallen	73,0	2014	0,04	391995	186.–
Schaffhausen	8,0	298	0,03	69413	115.–
Solothurn	43,0	791	0,05	218102	197.–
Schwyz	121,0	908	0,13	97354	1243.–
Thurgau	58,0	1013	0,06	183795	316.–
Tessin	964,0	2811	0,34	265899	3625.–
Uri	704,0	1076	0,65	33883	20777.–
Waadt	92,0	3219	0,03	528747	174.–
Wallis	894,0	5226	0,17	218707	4088.–
Zug	20,0	239	0,08	75930	263.–
Zürich	143,0	1729	0,08	1122839	127.–
Schweiz	4565,0	41293	0,11	6365960	717.–

¹ Die Neugründung des Kantons Jura wurde erst ab 1979 berücksichtigt (vorher Berner Staatsgebiet).

² Der Kantonswechsel Laufental vom Kanton Bern zum Kanton Basel-Land wurde nicht berücksichtigt.

Naturbedingte Wasser- und Rutschungsschäden als Folge von Gewittern, Dauerregen und Schneeschmelze. Aufgelistet sind sowohl versicherte Sach- und Personenschäden (Privatversicherungen) als auch nicht versicherte und nicht versicherbare Elementarschäden. Nicht berücksichtigt sind Schäden als Folge von Lawinen, Schneedruck, Fels- und Bergstürzen, Erdbeben, Blitzschlägen, Hagel, Sturmwinden u. a. m.

Hochwasserschutz beim alten Aarelauf

Um künftig Hochwasserschäden im Wildischachen bei Brugg zu vermeiden, soll einerseits durch die Anstösser ein Damm entlang der Industriezone gebaut und andererseits von den Nordostschweizerischen Kraftwerken (NOK) die Abflusskapazität des alten Aarelaufs verbessert werden. Über diese flussseitigen Unterhaltsmassnahmen in der Restwasserstrecke des Kraftwerks Wildegg-Brugg der NOK sind am 25. Februar die betroffenen Gemeinden orientiert worden.

Als in den Jahren 1994 und 1995 zwei Hochwasser aus dem alten Aarelauf unterhalb des Hilfswehrs Schinznach ausbrachen, wurde allen Betroffenen das Schadenpotential in diesem Raum vor Augen geführt. In der Industriezone Wildischachen staute die Aare mehrere Gebäude ein und füllte deren Kellergeschosse mit Wasser und Schlamm. Der Schutz vor Hochwasser war offensichtlich nicht vorhanden. Was waren die Gründe?

Die NOK nutzen mit dem Kraftwerk Wildegg-Brugg (gebaut 1949–1953) das Gefälle der Aare zwischen Wildegg und Umiken. Im alten Aarelauf wird das Restwasser geführt. Die NOK haben sich laut Konzession verpflichtet, die Fliessstrecke zu unterhalten. Bis weit in die 70er Jahre wurde diese Pflicht im Sinne der Aufrechterhaltung der geforderten Abflusskapazität erfüllt. In den 80er Jahren forderten dann allerdings sowohl kantonale Behörden als auch Umweltverbände, die Interessen des Natur- und Landschaftsschutzes stärker zu gewichten.

So wurde dem Flusslauf weitgehend freie Hand gelassen, worauf sich in den letzten zehn Jahren die Flusslandschaft des alten Aarelaufs unterhalb des Hilfswehrs Schinznach massiv verändert hat. Der geringe, aber der Konzession entsprechende Abfluss in der Restwasserstrecke führte zusammen mit dem durch die Behörden stark eingeschränkten Unterhalt zu einer Bestockung mit Zunahme der Geschiebeablagerungen. Die ehemals wandernden Kiesbänke verloren ihre Dynamik, und auf deren Oberfläche konnte sich ein Bewuchs entwickeln. Das sich bildende Wurzelwerk stabilisierte den Untergrund, führte

zu Inselbildungen und erlaubte dadurch eine fortschreitende Ablagerung und Vegetationsbildung. In den beschriebenen Zonen gedeihen vorwiegend einjährige Pflanzen und Gräser. Heute ist dieser Bewuchs vor allem auf der linksufrigen Halbinsel unterhalb des Hilfswehrs und auf den Inseln anzutreffen. An Stellen mit kurzzeitiger Wasserbelastung stocken Weidengebüsche. Im überschwemmbareren Vorland wachsen überwiegend Silberweiden und Erlen.

Die grosse Verfügbarkeit der Kraftwerkszentrale, speziell in Zeiten mit höchster Wasserführung der Aare, hatte in den 60er und 70er Jahren zur falschen Annahme beigetragen, dass das Überschwemmungsgebiet im Wildischachen jederzeit hochwassersicher sei. So waren auch während der grossen Hochwasser von 1968, 1972 und 1980 keine nennenswerten Auswirkungen im Industriegebiet Wildischachen zu spüren. Mit der über die letzten Jahre veränderten Situation hat sich die Abflusskapazität des Aarelaufs verringert. Dank ununterbrochenem Kraftwerksbetrieb genügte das Flussbett auch während der Hochwasser der Jahre 1985 bis 1988. Erst bei den beiden grössten Hochwassern der letzten Jahre, 1994 und 1995, genügte das Flussprofil der hydraulischen Belastung schliesslich nicht mehr, und die Aare brach in ihr angestammtes Überschwemmungsgebiet aus: Das Industriegebiet Wildischachen wurde überflutet.

Objektschutz und flussbauliche Massnahmen unumgänglich

Die betroffenen Industriebetriebe, die kommunalen und kantonalen Behörden sowie die NOK haben nun die Problematik des Hochwasserschutzes im Wildischachen umfassend studiert und erörtert. Einerseits wird ein erhöhter Schutz durch den Bau eines Damms im Bereich der Industriezone erzielt; was gänzlich in den Aufgabenbereich der Industriebetriebe und der Stadt Brugg fällt.

Neben diesem aktiven Objektschutz werden andererseits flussbauliche Massnahmen vorgeschlagen. In enger Zusammenarbeit mit den kantonalen Behörden haben die NOK ein Massnahmenpaket erarbeitet, das die Abflusskapazität des alten Aarelaufs verbessern soll. Das gesamte Paket beruht auf der Vorgabe, dass die Natur der grösstmöglichen Schonung bedarf. So werden in einer ersten Phase lokale Forstmassnahmen den Strömungswider-

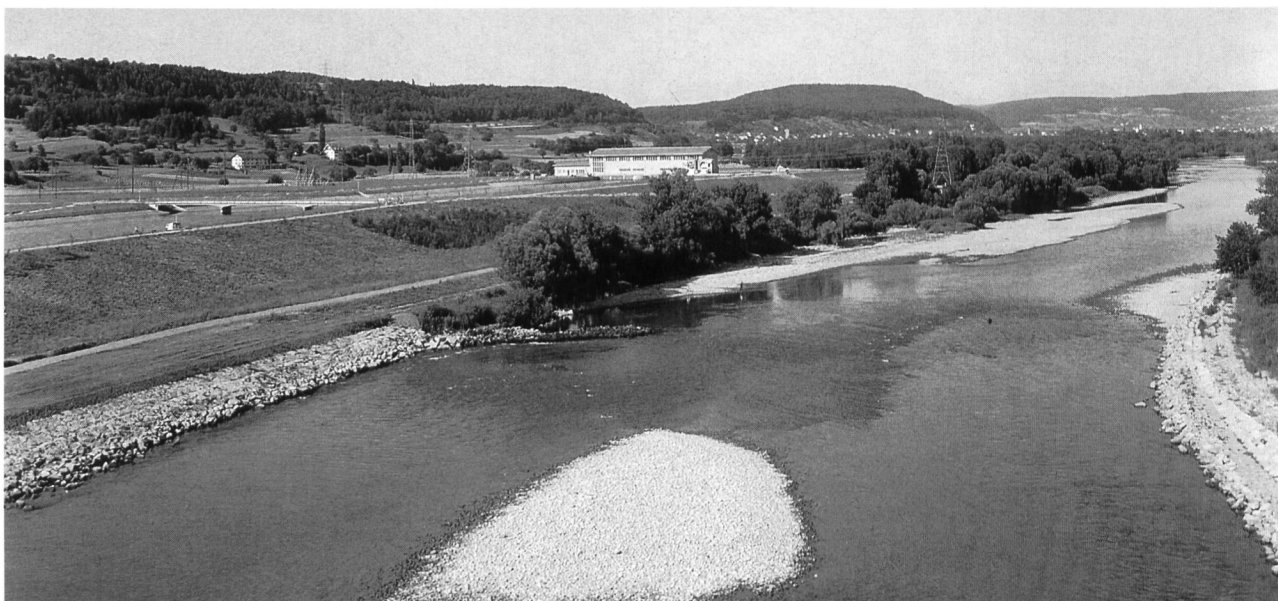


Bild 1. Alter Aarelauf während des Kraftwerkbaus Ende Juli 1953. Ansicht vom Hilfswehr aus in Fliessrichtung.



Bild 2. Vergleichbarer Standort (wie auf Bild 1) 43 Jahre später (Mitte Dezember 1996). Das Flussprofil hat sich deutlich reduziert und damit die Abflusskapazität verringert.

stand der Vegetation reduzieren. Uferpartien und Inselbewuchs werden ausgelichtet. In einer zweiten Phase soll an den kritischen Stellen das Gerinne geöffnet werden. Dabei sind Materialumlagerungen nötig, die im Rahmen eines Bauprojekts öffentlich aufgelegt werden. Ziel ist es, namentlich auf der Höhe der Fischerhütte die ursprüngliche Situation wiederherzustellen. Dies geschieht in der Form eines verzweigten Gerinnes. Als Fortsetzung der Gerinnearme sollen ehemalige Seitenarme reaktiviert werden. Um die Zuströmbedingungen zu diesen Seitenarmen zu verbessern, müssen teilweise auch vorhandene feste Uferverbauungen entfernt werden.

Die Flusslandschaft der alten Aare soll und wird auch weiterhin als Lebensraum mit optimalen ökologischen Voraussetzungen für die einheimische Tier- und Pflanzenwelt erhalten bleiben. Gleichzeitig gilt es indessen, dem Schutz des Menschen vor Hochwasser nachzukommen. Die NOK sind überzeugt, dass mit den vorgeschlagenen Massnahmen die Interessen der Natur mit den Bedürfnissen des Hochwasserschutzes in Einklang gebracht werden können.

Nordostschweizerische Kraftwerke, CH-5401 Baden

Nachruf

Michel Bussy †

Mitte September 1996 hat uns *Michel Bussy* für immer verlassen. Als Vertreter des Schweizerischen Energiekonsumentenverbandes von Industrie und Wirtschaft EKV war Michel Bussy bis zur Hauptversammlung 1993 Vorstandsmitglied des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes. In seiner langjährigen Tätigkeit als Energiebewirtschafter der Alusuisse-Lonza-Gruppe, verbunden mit seinen vielseitigen Aufgaben in Kommissionen und internationalen Verbänden, konnte Michel Bussy einen grossen Wissens- und Erfahrungsschatz in die Diskussion einbringen.



1930 in Crissier bei Lausanne geboren, absolvierte Michel Bussy nach den Grundschulen die Ingenieurausbildung an der Universität Lausanne, die er mit dem Diplom in Richtung Starkstromtechnik abschloss. Die Jahre 1953 bis 1957 brachten ihm Industrierfahrung bei BBC und CMC, anschliessend war er bis 1965 bei Lonza und EOS für Fragen des Netzbetriebs und der Energiebewirtschaftung tätig. Die Jahre 1965 bis 1973 führten Michel Bussy im Auftrag der Motor-Columbus AG als Experte seines Fachgebietes nach Bolivien und Brasilien. 1973 kehrte er in die Schweiz zurück, um bei Alusuisse und Alusuisse-Lonza Energie AG konzentriert Fragen des Energiegeschäftes zu betreuen.

1992 zog sich Michel Bussy mit seiner Gattin Rosemay nach Siders im Mittelwallis zurück, wo er neben der Pflege seines Chalets in Vercorin als Präsident der reformierten Synode des Kantons Wallis einen breiten Einsatz entfaltete. Aus dieser Tätigkeit holte der Tod den liebenswert-charmanten Michel unerwartet zu früh ab. Er hinterlässt bei seiner Familie wie in seinem Freundeskreis eine schwer schliessbare Lücke.

Christian Fux

Auszeichnungen

Ehrung

PD Dr. *Willi H. Hager*, von der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH Zürich, hat von der International Association for Hydraulic Research (IAHR) den *Arthur Thomas Ippen Award 1997* erhalten. Der Preis besteht aus einem Zertifikat, einem Geldbetrag und der Einladung, anlässlich des nächsten IAHR-Kongresses in San Francisco die Ippen-Vorlesung zu halten. Dr. Hager ist der zehnte Gewinner dieses in der hydraulischen Forschung begehrten Preises. Wir gratulieren.

Prix «eta» für innovative Energieanwendung

Zum neunten Mal schreibt die Schweizer Elektrizitätswirtschaft ihren Energiepreis aus. Der Prix «eta» ist benannt nach dem physikalischen Symbol für Effizienz. Am meisten Chancen haben Lösungen, die mehrere Kriterien gleichzeitig erfüllen. Die Art der Energieanwendung – fossile, elektrische oder erneuerbare Energie – spielt dabei keine Rolle. Die Elektrizitätswirtschaft erwartet auch dieses Jahr wieder eine Fülle von guten, innovativen Lösungen aus der ganzen Schweiz.

Für weitere Auskünfte: *Dieter Wittwer*, INFEL, Lagerstrasse 1, Postfach, CH-8021 Zürich, Tel. 01/299 41 41, Fax 01/299 41 40.