

**Zeitschrift:** Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria  
**Herausgeber:** Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband  
**Band:** 81 (1989)  
**Heft:** 11-12

**Artikel:** La recherche appliquée  
**Autor:** Raemy, Félix  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-940517>

### **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:** 15.03.2025

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

*Caractéristiques et gestion de  
la recherche appliquée  
dans un laboratoire d'hydraulique en pays alpin*

Félix Raemy

**Résumé**

Les particularités de la recherche appliquée réalisée dans un laboratoire confronté à des problèmes d'hydraulique spécifiques des pays alpins sont présentées à la lumière de l'activité du Laboratoire de Recherches Hydrauliques, Hydrologiques et Glaciologiques de l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich. L'accent est porté spécialement sur la gestion d'études mandatées par des tiers et réalisées à l'aide de modèles physiques. Les exigences posées à l'organisation du Laboratoire et au développement de son infrastructure sont discutées.

**Introduction**

Les spécificités de la gestion d'un laboratoire d'hydraulique dépendent fortement du genre de recherche pratiquée et du mode de travail adopté par celui-ci. Ainsi, la planification et le déroulement des activités propres à atteindre les buts fixés sont bien distincts selon qu'il s'agisse soit de recherche fondamentale ou de recherche appliquée conduite par le laboratoire dans le cadre de projets internes, soit de recherche appliquée réalisée sur la base de mandats remis par des tiers. De même, les exigences posées par une étude entreprise au moyen de modèles mathématiques diffèrent sensiblement de celles requises d'une expertise sur modèle physique. Dans ce dernier cas, le choix de l'infrastructure nécessaire et l'établissement du processus d'essai adéquat découlent de la nature du problème à résoudre. De ce fait, les préoccupations d'un laboratoire spécialisé par exemple en hydraulique maritime ne sont a priori pas les mêmes que celles d'un institut chargé d'examiner en priorité des projets relatifs à l'économie et à l'exploitation des eaux dans les régions alpines. Représentant typique d'un tel institut, le Laboratoire de Recherches Hydrauliques, Hydrologiques et Glaciologiques de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Zurich tend principalement par sa recherche à fournir un appui concret à l'ingénieur praticien. La majorité des expertises réalisées sont ordonnées par des instances du domaine public, telles que les administrations fédérale, cantonales et communales suisses, par des gouvernements étrangers, par des bureaux d'ingénieurs-conseil ou par des clients privés. Ces études sont essentiellement basées sur l'observation et l'interprétation de phénomènes reproduits sur modèles réduits. Fréquemment, elles sont complétées, selon l'importance et l'actualité du sujet, par des travaux internes de recherche conservant toutefois un caractère pratique. De ce large éventail d'activités, seuls les aspects liés à l'exploitation de modèles hydrauliques au profit de clients sont abordés ici.

**Recherche appliquée mandatée par des tiers**

Les travaux sur modèles réduits dont il est question concernent les domaines suivants:

- le dimensionnement hydraulique de barrages, d'ouvrages d'évacuation, de prises d'eau, de bassins amortisseurs; l'aération des coursiers
- le transport solide dans les rivières et les torrents à forte pente, la formation et la dégradation de dépôts solides dans les retenues
- l'hydraulique des canalisations.

Le processus du déroulement d'une étude mandatée est donné schématiquement à la figure 1. Sur la base d'une discussion préalable, où l'objet des recherches est défini par le client, le laboratoire établit un concept (phase 1) confrontant les buts à atteindre aux possibilités de son infrastructure. Il en résulte la planification du personnel spécialisé et des moyens techniques nécessaires qui, finalement, aboutit à l'estimation du coût et de la durée probable des essais. Ces éléments, ainsi que la description des prestations auxquelles le laboratoire s'engage, font l'objet de l'offre remise au client (phase 2). A réception du mandat, une phase préparatoire pouvant comprendre l'acquisition de données supplémentaires, la visite du site prévu de l'ouvrage ou l'étude de littérature appropriée précède la construction du modèle (phase 3). Le déroulement des essais, qui nécessite une coordination constante entre le client et le laboratoire, est clos par le rapport final contenant les remarques et les propositions de ce dernier (phase 4). Des publications scientifiques et, dans la mesure du possible, une comparaison du comportement du prototype à celui du modèle apportent une conclusion à l'étude (phase 5).

**Particularités de la gestion et exigences**

En recherche fondamentale, des objectifs précis touchant à des domaines choisis peuvent être poursuivis sur la base d'une gestion clairement fixée à long terme et généralement peu soumise à des imprévus. Cette situation permet de procéder à la planification financière et temporelle des activités dans des limites préalablement bien connues.

Il en va autrement de la recherche appliquée mandatée par des tiers. Sa gestion détaillée ne peut être que partiellement entrevue à l'avance, dans la mesure où le laboratoire est soumis au principe de l'offre et de la demande. Bien que des

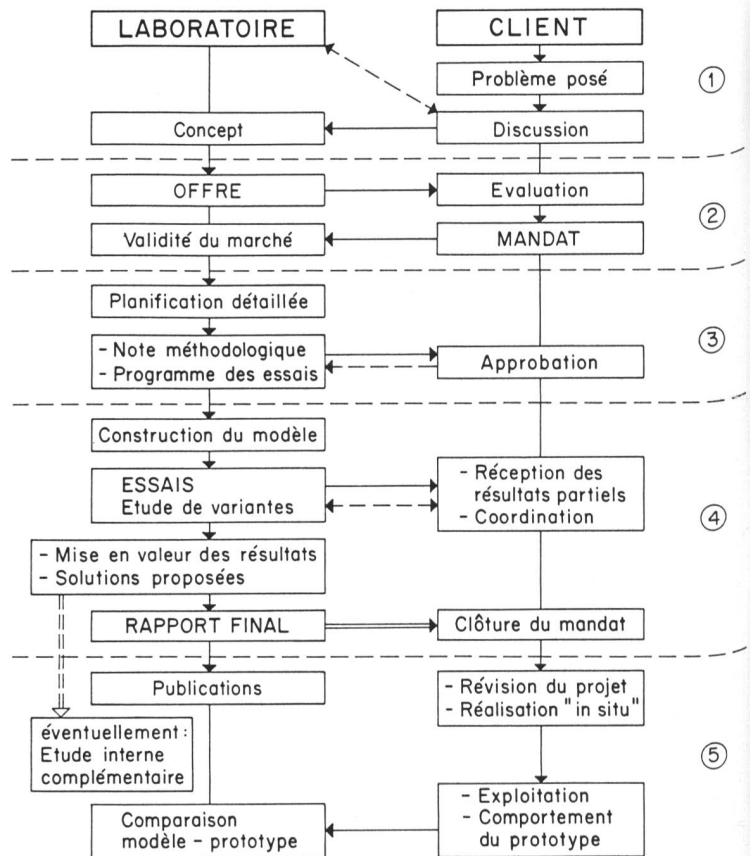


Figure 1. Recherche appliquée sur modèle réduit mandatée par des tiers. Schéma du processus de déroulement.

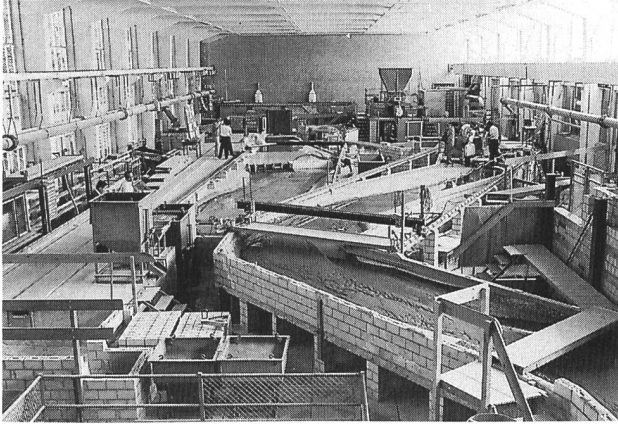


Figure 2. Halle d'essai du laboratoire.

options soient également prises quant à ses domaines d'activité, le laboratoire, s'il veut conserver une large audience et rester concurrentiel, est amené à accepter souvent à court terme des mandats portant sur un très large spectre de problèmes hydrauliques. D'autre part, les délais stricts et limités habituellement imposés par le client à la réalisation de l'étude déterminent le mode et l'ampleur de l'engagement des moyens. D'une manière générale, se posent au laboratoire les exigences suivantes:

- une grande flexibilité dans sa gestion et son plan de travail
- l'optimisation de l'utilisation de son infrastructure
- un personnel qualifié, formé de manière à pouvoir s'adapter rapidement à des situations nouvelles
- par une prospection intensive et constante, la reconnaissance des besoins essentiels actuels et futurs en ingénierie hydraulique
- le développement des moyens d'investigation (instrumentation, ordinateurs, etc.) compte tenu des objectifs poursuivis et des possibilités de la technique moderne
- l'efficacité nécessaire à fournir en temps voulu les propositions découlant des résultats d'essai, sous une forme directement utilisable dans la pratique
- faire connaître ses travaux dans les revues techniques spécialisées et assurer en permanence l'échange d'in-

formations avec d'autres organes de recherche chargés de tâches semblables.

### *Servitudes particulières touchant l'infrastructure d'un laboratoire d'hydraulique en pays alpin*

La diversité et le nombre des projets soumis à un examen sur modèle réduit entraînent un taux d'occupation particulièrement élevé des halles d'essai. Par économie de place, plusieurs modèles peuvent se côtoyer à des niveaux différents, rendant ainsi leur construction et leur exploitation moins facile (figure 2).

Lorsque des études requérant une grande propreté de l'eau (visualisation d'écoulements, mesure de vitesses à l'aide de moulinets ou de sondes particulièrement délicates) sont menées parallèlement à des essais portant sur le transport solide en rivière ou sur le dépôt de suspensions dans une retenue (figure 3), des précautions particulières doivent être prises pour maintenir la qualité de l'eau dans le circuit d'alimentation. Malgré celles-ci (filtres, bassins de décantation), une vidange des installations peut s'avérer nécessaire en cas extrême. L'équipement d'une halle d'essai prévoyant deux circuits d'alimentation qui desservent séparément les modèles «à eau pure» et les modèles «à eau chargée» présente des avantages indéniables.

Enfin, l'étude de vanne équipant les vidanges de fond des barrages peut nécessiter la reproduction en modèle d'une partie de la retenue située à l'amont. De même, l'observation du transport solide dans les torrents alpins ou celle de l'écoulement air-eau dans une canalisation à forte pente exigent souvent l'utilisation de grandes dénivellations. Il est alors indispensable de pouvoir disposer d'un puits ou d'un local de hauteur suffisante dans l'enceinte du laboratoire (figure 4).

### *Conclusions*

La recherche appliquée en hydraulique, réalisée au profit de tiers sur la base de mandats, pose des exigences particulièrement élevées au laboratoire. Seules une gestion des moyens et une organisation souples permettent d'accepter la diversité des expertises proposées. Par une évaluation judicieuse de la demande actuelle et future, des critères va-



Figure 3. Etude du dépôt de suspensions (simulées par un matériau fin synthétique de couleur blanche) lors de la formation d'un delta lacustre.

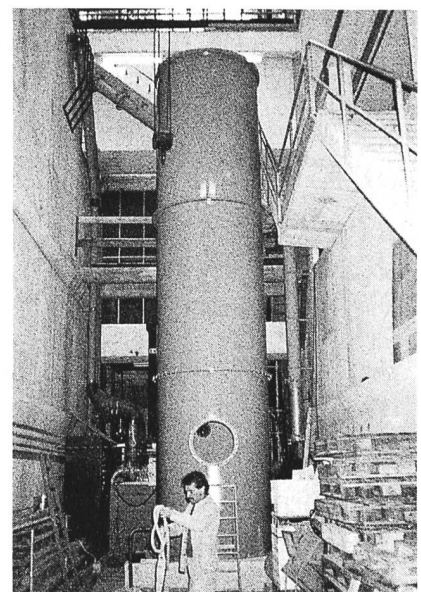


Figure 4. Tank à niveau constant simulant un bassin de retenue pour l'étude de la vanne équipant l'entrée de la galerie en charge. Hauteur du tank 8,1 m; diamètre 1,8 m.

lables concernant la procédure de recherche et le développement de l'infrastructure à adopter peuvent être dégagés. De plus, la nature spécifique et variée des problèmes hydrauliques à résoudre en pays alpin influence directement le concept de fonctionnement et d'équipement du laboratoire.

Adresse de l'auteur: *Félix Raemy*, Dr. sc. tech. Ingénieur au Laboratoire de Recherches Hydrauliques, Hydrologiques et Glaciologiques de l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich, CH-8092 Zurich.

## Massstäbe für Schutzwürdigkeit ändern sich

*Wasserkraftanlagen werden immer häufiger zu Naturschutzgebieten*

*Helmut Waldschmidt*

*Was der Mensch an «Technischem» in die Landschaft stellt, stösst in der Regel zuerst einmal auf den mehr oder minder heftigen Widerstand mancher Zeitgenossen. Die nächste Generation toleriert das Werk der Väter dann zumeist – und die übernächste stellt es nicht selten sogar unter Schutz. So geschah es nicht nur beim längst weltberühmten Eiffelturm, sondern – und inzwischen immer häufiger – auch bei weit «Gewöhnlicherem»: etwa bei Wasserkraftwerken.*

So schwer wie der Eiffelturm, gegen dessen Errichtung sich vor ziemlich genau 100 Jahren alles wehrte, was unter Künstlern und Intellektuellen in Paris Rang und Namen besass, hatten es die ersten, um die Jahrhundertwende erbauten Wasserkraftwerke in der Schweiz freilich nicht: Die Vorteile des elektrischen Stroms wurden, insbesondere für die Beleuchtung, sehr schnell erkannt, und von Naturschutz sprach, da noch genug «Natur» vorhanden war, wieso niemand. Einzig die letzten Flösser maulten angesichts der quer in den Fluss gestellten, den Weg verbauenden Laufkraftwerke. So beispielsweise auch beim Aarekraftwerk Wynau an der bernisch-solothurnischen Grenze, wo die seinerzeitige *Flossgasse* noch heute zu besichtigen ist.

### Protest unvermeidlich

Inzwischen stehen zahlreiche Stauräume von Flusskraftwerken längst unter Naturschutz, und dies nicht ohne Grund. So besitzt etwa der langgestreckte Stausee des



Bild 1. Blick von der Staumauer des weit St. Gallen gelegenen Gübsensees. Dieser Stausee existiert seit kurz vor der Jahrhundertwende. Er staut einen Teil des Wassers von Sitter und Urnäsch für den Betrieb des Kubelwerks, des ersten Hochdruck-Kraftwerks der Schweiz. Obwohl ein künstliches Gewässer, steht der Gübsensee mit seinen reizvollen Uferpartien und der reichen Vogelwelt bereits seit Jahrzehnten unter Naturschutz.

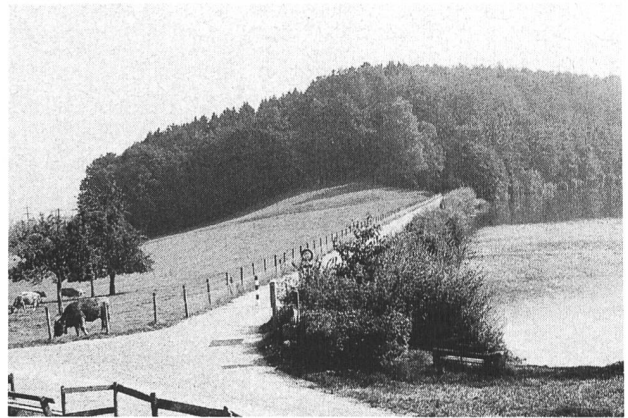


Bild 2. Der Norddam des Gübsensees, von Westen her gesehen. Damit seine Standfestigkeit und Dichtigkeit auch weiterhin gewährleistet ist, mussten auf dem Dam gewachsene grössere Bäume entfernt werden. In der Mitte des Dammes (unter dem Weg) wurde eine 2,5 m tiefe Beton-trennwand eingefügt, um den Dam abzudichten.

Kraftwerks *Klingnau* kurz vor der Einmündung der *Aare* in den *Rhein* bei Koblenz als Rastplatz für verschiedenste Wasserzugvögel inzwischen europäische Bedeutung. Dennoch würde sich umgehend landesweiter Protest erheben, wenn all diese Kraftwerke und die zugehörigen Anlagen erst *heute* gebaut werden sollten. Da wäre also gleich von der «Verschandelung der Natur» die Rede und auch davon, dass «die letzten noch frei fliessenden Gewässer» der Nachwelt unter allen Umständen erhalten bleiben müssten. Ebenso undenkbar wäre – unabhängig von der Minderung der gesamtschweizerischen Stromproduktion um rund 60 Prozent – aber auch ein ersatzloser *Abbruch* der bestehenden Werke und damit eine Rückverwandlung der Flüsse und Bäche in die vielzitierten «frei fliessenden Gewässer». Denn nicht nur, dass wirklich frei fliessende Gewässer in den Talböden immer wieder neue Wege suchen und dabei Kulturland wie Siedlungen bedrohen würden; Natur und Technik haben sich bei den meisten Kraftwerken im Laufe der Jahrzehnte erstaunlich gut «versöhnt». Schliesslich: Bereits stellt sich der Heimatschutz bei Sanierungen von Wasserkraftwerken da und dort auch vor den Abbruch alter Maschinenhäuser, um diese technischen und architektonischen Leistungen wenigstens als Museum zu erhalten.

### Beispiel Kubelwerk

Heute nicht mehr gebaut werden könnte zweifellos auch das Kubelwerk der St. Gallisch-Appenzellischen Kraftwerke AG (SAK) kurz unterhalb des Zusammenflusses von Sitter und Urnäsch vor den Toren der Stadt St. Gallen. Bestandteil dieses zwischen 1898 und 1900 realisierten ersten Hochdruckwerkes der Schweiz ist der zugehörige, knapp 100 m höher liegende Gübsensee, dessen Wasser das Werk speist, und der heute mit seinen ausgebauten Uferwegen und der Vielfalt von Wasservögeln zu den bevorzugten Naherholungsgebieten der St. Galler gehört.

Was viele Besucher, die dort am Abend oder an Wochenenden auf den gut ausgebauten Uferwegen wandern, nicht wissen: Vor der Jahrhundertwende gab es den Gübsensee noch gar nicht; er ist ein seinerzeit ausschliesslich für die Stromerzeugung geschaffenes künstliches Gewässer. Durch eine 23 m hohe Staumauer im Osten sowie zwei Erdämme im Norden und Westen begrenzt, bedeckt er mit seinen 17 Hektaren Fläche und einem Inhalt von 1,5 Mio m<sup>3</sup> das ehemalige Gübsenmoos.

Gespeist wird der Stausee mit Wasser aus den Flüssen Urnäsch und Sitter durch kilometerlange Stollen, die damals noch von Hand vorangetrieben werden mussten. Der Ur-