

**Zeitschrift:** Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria  
**Band:** 97 (2005)  
**Heft:** 9-10

**Artikel:** Nouveaux développements dans la gestion des crues : modélisation et simulation virtuelle des crues  
**Autor:** Berthoud, Denis / Haldi, Robert  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-941769>

### **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>**

# Nouveaux développements dans la gestion des crues

## Modélisation et simulation virtuelle des crues

■ Denis Berthoud, et Robert Haldi

### Résumé

Cette présentation consiste en une application des techniques de constructions hydrauliques au «dimensionnement» et à la modélisation d'un dispositif de rétention complet, avec l'intégration géographique dans un site alibi. Elle comprend la mise au point des techniques infographiques et de modèles réduits appliqués à la simulation d'écoulements libres.

Les logiciels d'infographie actuellement disponibles permettent le déplacement virtuel de l'observateur à l'intérieur d'un volume de synthèse «habillé» d'une orthophotographie. La mise en mouvement d'un solide virtuel dans ce volume est aisée, toutefois la visualisation de l'écoulement d'un fluide est moins évidente.

Pour modéliser le dispositif de rétention dans un site alibi, une solution de simulation mixte est adoptée. La topographie et les installations fixes sont représentées à l'aide d'un volume de synthèse tandis que les écoulements sont filmés sur un modèle réduit.

Les deux films sont superposés afin de produire une présentation animée de l'événement.

La modélisation de la situation antérieure à la correction du cours d'eau permet de calibrer l'installation par comparaison avec les événements survenus récemment.

Après aménagement du dispositif de rétention, l'application des mêmes événements sur le modèle permet de contrôler et de valider l'efficacité de l'intervention.

### Zusammenfassung

Diese Präsentation besteht aus einer Anwendung der Technik der hydraulischen Bauwerke auf die Dimensionierung und die Modellierung eines kompletten Rückhaltedispositivs inklusive der Integration in eine Referenzlandschaft. Sie beinhaltet die Aufbereitung infografischer und modelltechnischer Methoden zwecks Simulation der Gerinnehydraulik.

Die zurzeit verfügbare Infographiesoftware erlaubt die Verschiebung eines Beobachters im Innern eines virtuellen, mit einer «Orthophotographie» überlagerten Raumes. Das Bewegen eines virtuellen Objekts in diesem Raum ist problemlos, die Visualisation des Abflusses einer Flüssigkeit hingegen ist schwieriger.

Um das Rückhaltedispositiv in einer Referenzlandschaft zu modellieren, wird eine kombinierte Simulationslösung angewendet: Die Topografie und die fixen Installationen werden in einem virtuellen Raum dargestellt, die Fließverhältnisse werden in Modellversuchen gefilmt.

Beide Filme werden überlagert um eine wirklichkeitsnahe Darstellung der Vorgänge zu erhalten. Die Modellierung der Situation vor der Gewässerkorrektur und der Vergleich mit einem kürzlich eingetretenen Ereignis erlauben die Kalibrierung der Installation.

Die Eingabe des Rückhaltedispositivs und des gleichen Ereignisses ins Modell erlaubt, die getroffenen Massnahmen zu kontrollieren und ihre Wirksamkeit zu überprüfen.

## 1. Introduction

Les tests réalisés à l'aide de logiciels infographiques sur des sites fictifs donnent des résultats satisfaisants pour des images fixes, ou pour des animations produites par le déplacement d'un observateur (ou

caméra) dans un volume de synthèse (Figure 1). La simulation de l'écoulement et du mouvement de l'eau n'est pas satisfaisante. Une maquette de petite taille d'un site est construite afin d'y simuler une crue, de la filmer, et d'insérer les images obtenues

dans une animation virtuelle. Le résultat du mixage étant concluant à cette échelle, la construction d'une maquette plus grande est décidée, afin d'obtenir un rendu plus précis et plus réaliste.



Figure 1. Image réalisée avec le logiciel «Vue d'Esprit».



Figure 2. Vue aérienne du site retenu (en rouge l'autoroute).



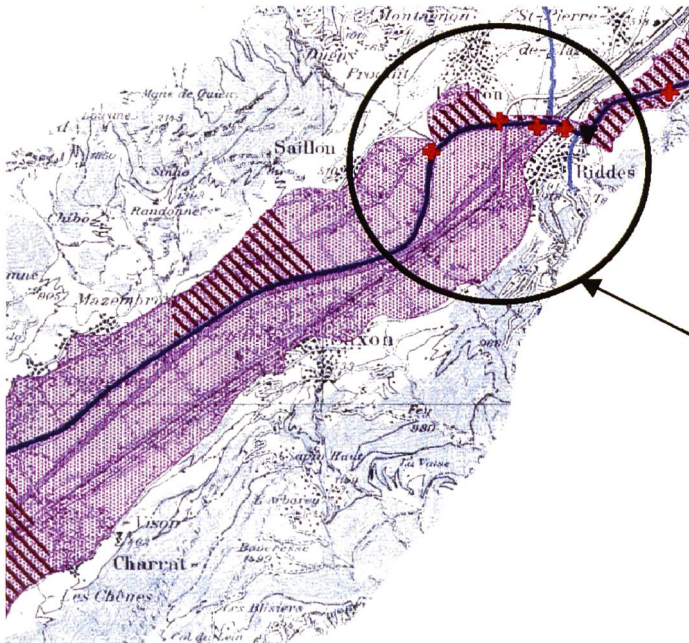


Figure 3. Zones inondées, situation actuelle (crue de 1987).

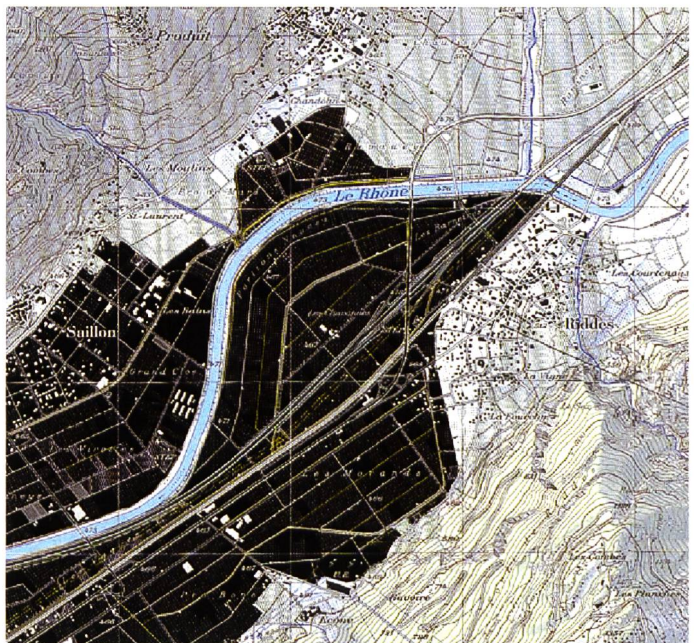


Figure 4. Zone inondée, situation actuelle (reportée sur la carte au 1: 50 000<sup>ème</sup>).

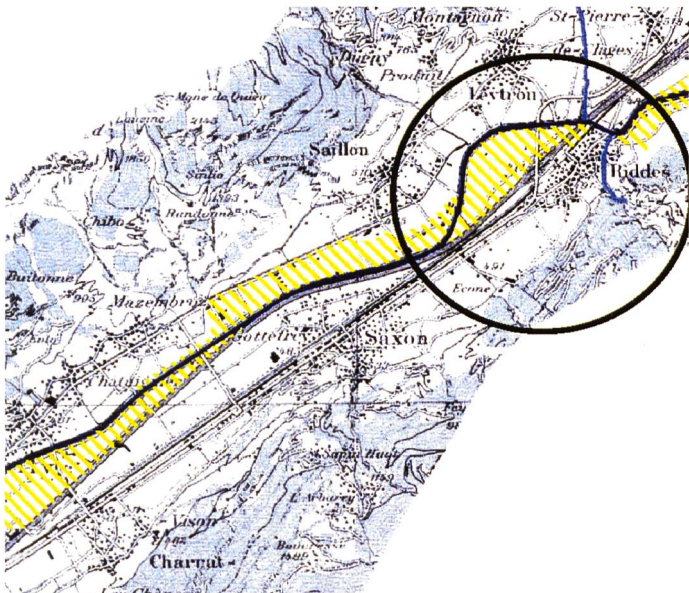


Figure 5. Hachurées, les zones inondées après corrections.

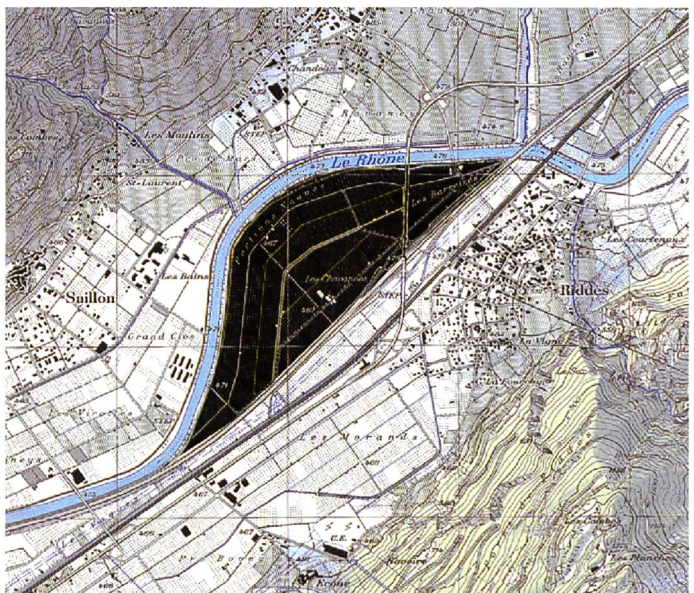


Figure 6. Zone alibi inondée, situation après corrections (carte au 1: 50 000<sup>ème</sup>).

## 2. Conception et mise en œuvre d'un dispositif de rétention

### 2.1 Site alibi

La région de Riddes est retenue. La situation géographique permet l'aménagement d'un bassin de rétention entre la courbure du Rhône et l'autoroute rive gauche entre les km 48 400 et 53 080 du profil en long du Rhône (Figure 2).

Les digues rehaussant l'autoroute constituent les limites du bassin.

Les villes de Riddes, Saillon, Leytron et une toute petite partie de Saxon y sont comprises. Les bâtiments ne sont pas modélisés sur la maquette.

Le canal Sion-Riddes, ainsi que les



Figure 7. Vue du site alibi depuis Isérables.



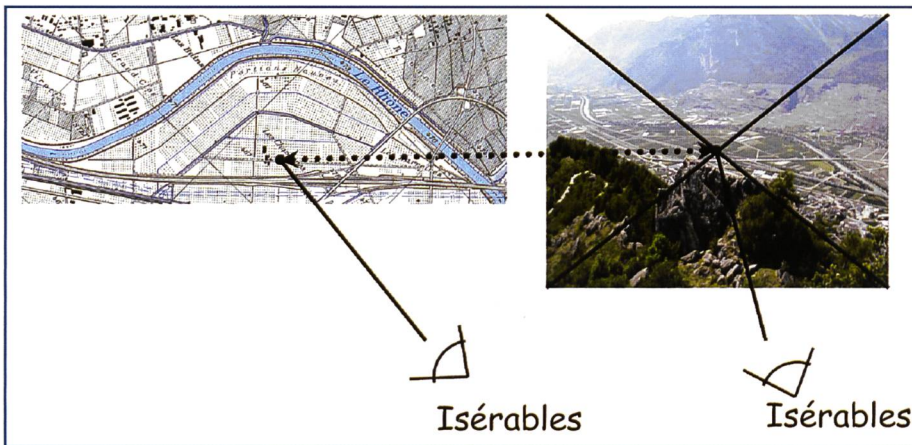


Figure 8. Positionnement de la caméra.

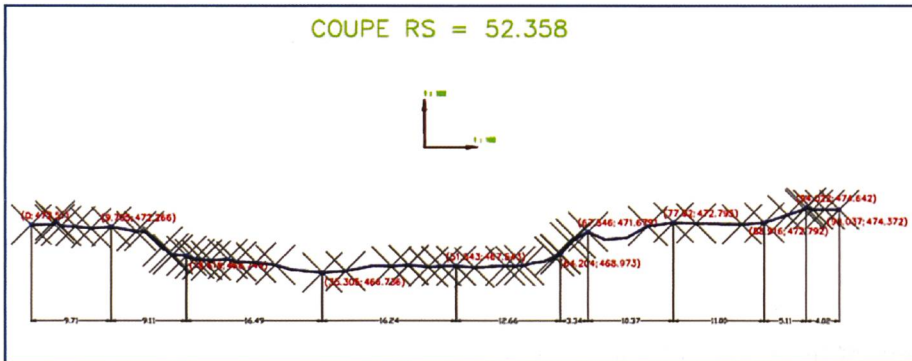


Figure 9. Profil en travers du cours d'eau (échelles géométriques non distordue).

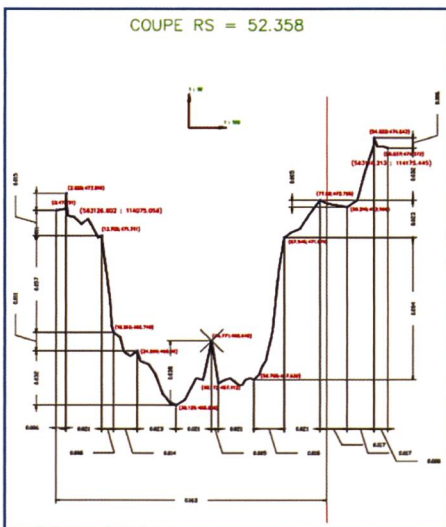


Figure 10. Même profilé après distorsion des échelles.

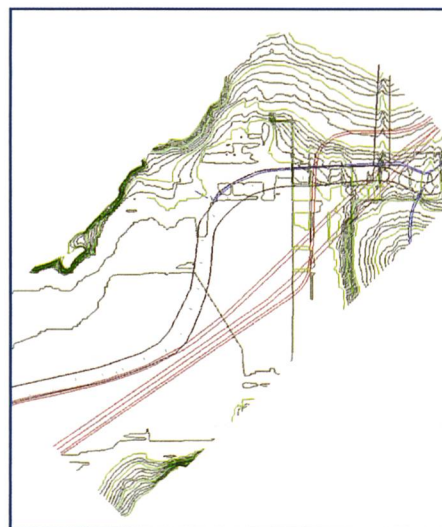


Figure 11. Courbes de niveaux définies à partir d'un MNT.



Figure 12. Orthophotographie plaquée sur le volume de synthèse de la zone simulée (sans distorsion d'échelle).



Figure 13. Volume plongeur installé sur le bassin amont.

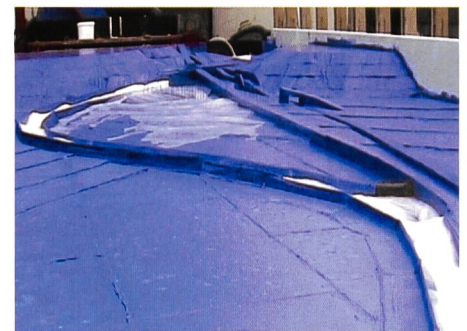


Figure 14. Vue de la maquette.

rivières la Solentse, la Lasentse et la Fare y sont modélisés.

Les schémas ci-après montrent les zones inondées par la crue de 1987. Cet événement sert de référence pour « calibrer » le modèle. Les hachures correspondent à une hauteur d'eau de plus de 2 m. Les croix situent les points de débordement (Figure 3).

### 3. Construction de la maquette

#### 3.1 Modélisation du site alibi

Après visite des lieux, le point d'observation idéal du site alibi est choisi. Une prise de vue depuis Isérables (Figure 7) est retenue pour filmer les crues sur la maquette.

De façon à pouvoir superposer les films réalisés sur la maquette avec l'image fixe prise sur le site, il faut reproduire à l'échelle la position du point de vue d'où est prise la photo (Figure 8) en tenant compte de la distorsion des échelles.

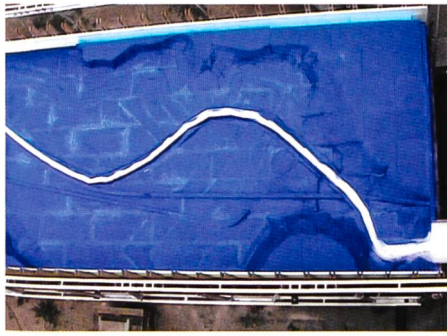
#### 3.2 Distorsion des échelles

Pour une modélisation à échelle réduite d'un canal à faible pente (env. 1,3‰), le respect des échelles géométriques et hydrauliques mène rapidement à une maquette inutilisable, aussi bien pour la visualisation que pour les mesures hydrauliques.

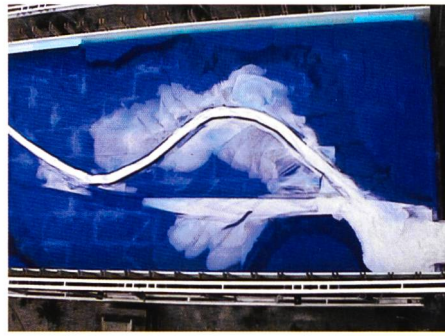
En effet, les propriétés physiques d'un liquide ainsi que la gravité terrestre ne



$Q_{max. \text{ actuel}}$   
Avant aménagement.



$Q_{max. \text{ futur}}$



$Q_{\text{excep. futur}}$



Après aménagement.

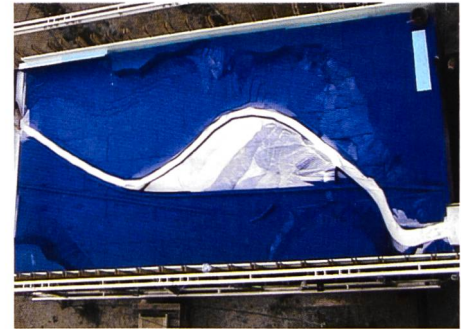
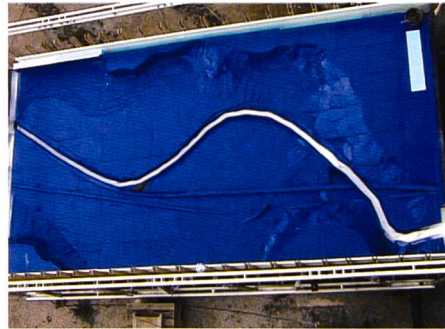
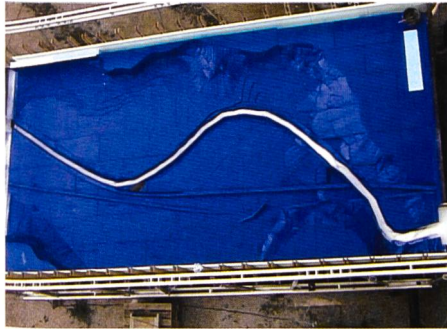


Figure 15. Images tirées des films de l'événement sur le modèle réduit distordu.

$Q_{max. \text{ actuel}}$   
Avant aménagement.



Pas de débordement.

$Q_{max. \text{ futur}}$



Débordements aux emplacements constatés en 1987.

$Q_{\text{excep. futur}}$



Inondation conforme aux constats de 1987.

Après aménagement.



Pas de débordement.



Pas de débordement.



Déversements limités au bassin de rétention aménagé (ici en situation de vidange par la digue fusible rompue).

Figure 16. Superposition des deux films par montage infographique.



sont pas modifiables. Pour palier à cette difficulté, l'échelle des hauteurs est distordue d'un facteur 10 (valeur couramment utilisée dans le domaine de la construction par les ingénieurs civils) tant pour le dimensionnement géométrique qu'hydraulique.

Afin de respecter les dimensions hydrauliques l'équation de Bernoulli est utilisée en exprimant toutes les hauteurs d'énergies en mètre. Autrement dit, toutes les énergies (puissances) sont représentées sur le profil en long à la même échelle distordue.

#### 4. Fabrication du film

En utilisant le modèle numérique de terrain (MNT) un volume de synthèse est construit, il permet de déterminer les courbes de niveaux du site choisi. La maquette est construite sur la base de celles-ci. Le relief est constitué de plaques en mousse de polystyrène extrudé (type: roofmate). Le relief de la maquette est réalisé en deux parties bien distinctes, l'une immuable formée par le terrain naturel, et l'autre amovible comprenant le Rhône et les digues afin de pouvoir tester différentes options d'aménagement.

L'alimentation de la maquette est assurée par une pompe en circuit fermé. Le débit passe par un bac d'introduction équipé d'un plongeur permettant l'introduction contrôlée de la pointe de l'hydrogramme de crue en respectant les règles de similitudes avec distorsion des échelles (dans ce cas un événement dont la durée est de 24 heures dans la réalité est simulé en 21 minutes sur le modèle réduit).

L'eau est colorée à l'aide d'oxyde de titane, afin de pouvoir traiter les images filmées infographiquement, c'est-à-dire séparer la partie animée (l'eau), qui nous intéresse, du reste de la maquette. Ces images sont superposées au film virtuel du site après correction de la distorsion.

#### 5. Conclusion

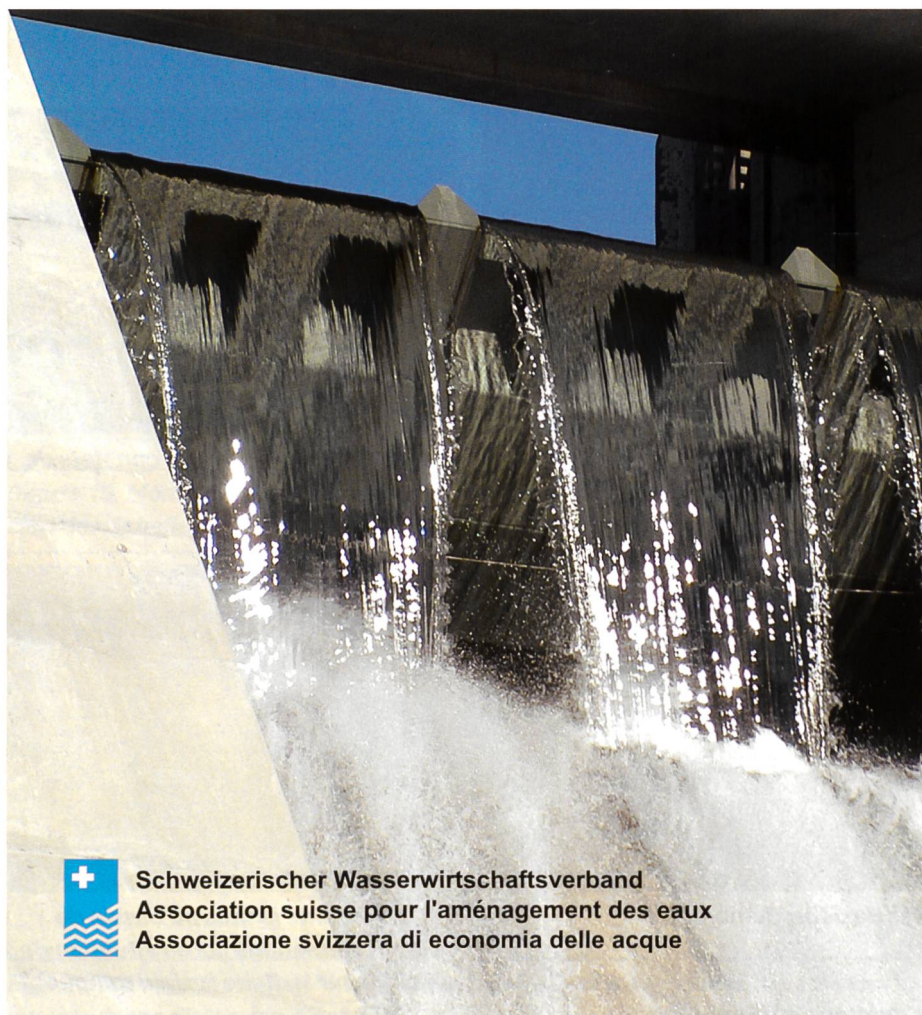
Les logiciels infographiques actuellement disponibles ne permettent pas encore de se passer totalement des maquettes hydrauliques, par contre la superposition des deux techniques est particulièrement performante pour l'étude d'un dispositif de rétention et l'établissement de documents destinés au transfert de connaissances.

#### Remerciements

Ce projet a été financé par la Commission fédérale pour la Technologie et l'Innovation, l'Office Fédéral des Eaux et de la Géologie, le Service des routes et cours d'eau du Canton du Valais, l'Etablissement Cantonal fribourgeois d'Assurance des Bâtiments et la Haute Ecole Spécialisée de la Suisse Occidentale.

#### Adresse des auteurs

Denis Berthoud et Prof. Robert Haldi  
Laboratoire d'hydraulique du génie civil  
Ecole d'ingénieurs de Genève EIG  
CH-1202 Genève, Suisse  
+41-22-338 04 86  
<http://eig.unige.ch/~haldir>  
robert.haldi@eig.unige.ch



Werden Sie Mitglied beim  
Schweizerischen  
Wasserwirtschaftsverband

Abonnieren Sie unsere  
Fachzeitschrift  
«Wasser, Energie, Luft»

Bestellen Sie unsere  
Verbandsschriften


Näheres finden Sie unter:  
[www.swv.ch](http://www.swv.ch)

Devenez membre de  
l'Association suisse  
pour l'aménagement  
des eaux

Abonnez notre revue  
technique  
«Eau, énergie, air»

Commandez nos  
publications

Pour plus de détails:  
[www.swv.ch](http://www.swv.ch)

 Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband  
Association suisse pour l'aménagement des eaux  
Associazione svizzera di economia delle acque

swv · mmi · 10/05