



Communication 22

INTERREG IIIB - Projet ALPRESERV

Conférence sur la problématique
de la sédimentation dans les réservoirs
Tagung über die Problematik der Stauseeverlandung

Sion, mardi 20 septembre 2005

Gestion durable des sédiments dans les réservoirs alpins

***Nachhaltiges
Sedimentmanagement
in alpinen Speichern***

-
- N° 10 2002 J. Dubois, M. Piroton
Génération et transfert des crues extrêmes - Le logiciel Faitou
- N° 11 2002 A. Lavelli, G. De Cesare, J.-L. Boillat
Modélisation des courants de turbidité dans le bassin Nord du Lac de Lugano
- N° 12 2002 P. de Almeida Manso
Stability of linings by concrete elements for surface protection of overflow earthfill dams
- N° 13 2002 E. Bollaert
Transient water pressures in joints and formation of rock scour due to high-velocity jet impact
- N° 14 2003 D. S. Hersberger
Wall roughness effects on flow and scouring in curved channels with gravel bed
- N° 15 2003 Ch. Oehy
Effects of obstacles and jets on reservoir sedimentation due to turbidity currents
- N° 16 2004 J.-L. Boillat, P. de Souza
Hydraulic System - Modélisation des systèmes hydrauliques à écoulements transitoires en charge
- N° 17 2004 Cycle postgrade en aménagements hydrauliques
Collection des articles des travaux de diplôme postgrade
- N° 18 2004 S. Emami
Erosion protection downstream of diversion tunnels using concrete prisms - Design criteria based on a systematic physical model study
- N° 19 2004 Ph. Chèvre
Influence de la macro-rugosité d'un enrochement sur le charriage et l'érosion en courbe
- N° 20 2004 S. André
High velocity aerated flows on stepped chutes with macro-roughness elements
- N° 21 2005 Conférence sur la recherche appliquée en relation avec la troisième correction du Rhône
Nouveaux développements dans la gestion des crues
- N° 22 2005 INTERREG IIIB - Projet ALPRESERV. Conférence sur la problématique de la sédimentation dans les réservoirs - Gestion durable des sédiments dans les réservoirs alpins



Communication 22

INTERREG IIIB - Projet ALPRESERV

Conférence sur la problématique
de la sédimentation dans les réservoirs
Tagung über die Problematik der Stauseeverlandung

Sion, mardi 20 septembre 2005

Gestion durable des sédiments dans les réservoirs alpins

***Nachhaltiges
Sedimentmanagement
in alpinen Speichern***

Interreg IIIB - Projet Alpreserv

Gestion durable des sédiments dans des réservoirs alpins tenant compte des aspects écologiques et économiques / Nachhaltiges Sedimentmanagement in alpinen Speichern unter Berücksichtigung von ökologischen und ökonomischen Aspekten

Conférence sur la problématique de la sédimentation dans les réservoirs Tagung über die Problematik der Stauseeverlandung

Sion, 20 septembre 2005 / 20. September 2005

Avant-proposVorwort

Dans le cadre du programme INTERREG IIIB la Suisse participe au projet de l'UE "ALPRESERV ". Dix-sept Partenaires de l'arc alpin collaborent dans le but de trouver des solutions durables pour la gestion des sédiments dans les réservoirs alpins. Le projet est divisé en neuf thèmes, celui consacré à l'alluvionnement des retenues est coordonné par le groupe Suisse. Les premières activités communes en Suisse démarrent cette année à Tourtemagne sur le site du projet pilote. L'objectif final est de trouver des solutions durables à la problématique de la sédimentation dans les réservoirs au niveau européen.

Cette conférence qui s'adressait à tous les professionnels concernés par la gestion des sédiments dans les retenues, en particulier ceux qui sont intéressés par les projets en cours dans le domaine de l'assainissement des cours d'eau en aval des retenus en Valais, a suscité un vif intérêt avec plus de 60 participants.

Nous remercions tous les auteurs, modérateurs et conférenciers pour leurs contributions intéressantes. Nous remercions également l'Association suisse pour l'aménagement des eaux et le Service des forces hydrauliques du Canton du Valais du soutien apporté à l'organisation de la conférence.

Vorwort

Die Schweiz beteiligt sich am EU-Projekt "ALPRESERV" im Rahmen des Programms Interreg IIIB. 17 Partner aus dem Alpenraum befassen sich länderübergreifend mit dem nachhaltigen Sedimentmanagement in alpinen Speichern. Das Projekt ist in 9 Unterthemen eingeteilt, wobei der Bereich "Stauraumverlandung" von der Schweiz aus koordiniert wird. In diesem Jahr werden die ersten gemeinsamen Aktivitäten der Schweizer Projektgruppe mit dem Pilotprojekt Tourtemagne starten. Ziel des Projektes ist es nachhaltige Lösungen zur Sedimentbewirtschaftung auf europäischem Niveau zu gestalten.

Diese Fachtagung, welche sich an alle in der Sedimentbewirtschaftung von Speichern tätigen Fachleute richtet, insbesondere an diejenigen, welche im Kanton Wallis an der Sanierung der durch Speicherbetrieb beeinträchtigten Seitenbäche beteiligt sind, ist mit mehr als 60 Teilnehmern auf ein reges Interesse gestossen.

Wir danken allen Autoren, Sessionsleitern und Referenten für die interessanten Beiträge. Wir danken zudem dem Schweizerischen Wasserwirtschaftsverband und der Dienststelle für Wasserkraft des Kantons Wallis für die Mithilfe bei der Organisation.

Prof. Dr Anton Schleiss et Dr Giovanni De Cesare

Interreg IIIB - Projet Alpreserv

Gestion durable des sédiments dans des réservoirs alpins tenant compte des aspects écologiques et économiques / Nachhaltiges Sedimentmanagement in alpinen Speichern unter Berücksichtigung von ökologischen und ökonomischen Aspekten

**Conférence sur la problématique de la sédimentation dans les réservoirs
Tagung über die Problematik der Stauseeverlandung**

Sion, 20 septembre 2005 / 20. September 2005

Ouverture de la Conférence

Konferenzeröffnung

**Einführung in das Tagungsthema - Problematik der
Stauseeverlandung**

Anton Schleiss

Vorstellung des Projektes ALPRESERV

Walter Hauenstein

Interreg IIB - Projet Alpreserv

Gestion durable des sédiments dans des réservoirs alpins tenant compte des aspects écologiques et économiques / Nachhaltiges Sedimentmanagement in alpinen Speichern unter Berücksichtigung von ökologischen und ökonomischen Aspekten

Conférence sur la problématique de la sédimentation dans les réservoirs Tagung über die Problematik der Stauseeverlandung

Sion, 20 septembre 2005 / 20. September 2005

Einführung in das Tagungsthema Problematik der Stauseeverlandung

Anton Schleiss

Als Verlandung wird der Prozess bezeichnet, welcher Seen mit Sedimenten auffüllt und im Endzustand die Wasserflächen wieder zu Land werden lässt. Diesem Prozess sind grundsätzlich alle stehenden Süßwassergewässer und viele Meeresbuchten unterworfen. Insbesondere der Sedimenttransport durch die Fließgewässer, welche die Seen speisen, beschleunigt den Verlandungsprozess.

Auch künstliche Seen, welche zum Rückhalt von Wasser für die Trinkwasserversorgung, die Bewässerung, die Produktion von Wasserkraft oder auch für den Hochwasserschutz geschaffen wurden, unterliegen diesem Umwandlungsprozess. Da die Verlandung sukzessive das Nutzvolumen dieser Stauseen reduziert, stellt sich die Frage nach deren Nachhaltigkeit.

Stauseen weisen die morphologische Besonderheit auf, dass der tiefste Punkt sich nahezu immer bei der Talsperre und damit bei den Ausflussorganen befindet. Zudem kann der Ausfluss aus einem Stausee innerhalb gewisser Grenzen reguliert und somit die Wasserspiegellage beeinflusst werden. Die Ausflussorgane erlauben bei vielen Stauseen eine nahezu vollständige Absenkung und Entleerung. Diese morphologischen und hydrologischen Besonderheiten von Stauseen gegenüber von natürlichen Seen ermöglichen bei letzteren mehrere und wirksamere Massnahmen gegen die Verlandung.

Die Ursache der Verlandung von Stauseen ist vor allem im Eintrag von Geschiebe und Schwebstoffen durch die Fließgewässer zu suchen, also den zuflussbedingten Ablagerungen. Bei seichten Stauseen können sich etwa auch durch biologische Prozesse Sedimente bilden. Im Weiteren ist ein Zuwachsen durch die Vegetation möglich (Moorbildung). Geschiebe und Schwebstoffe sind Erosionsprodukte aus dem Abtrag des Einzugsgebietes des Stausees. Geschiebe besteht aus größeren Komponenten, welche in Sohlennähe der Fließgewässer transportiert werden und sich beim Eintritt in den Stausee in einem Delta ablagern. Schwebstoffe stammen aus der Oberflächenerosion sowie der Zertrümmerung und dem Abrieb von Grobkomponenten. Sie lagern sich ausser dem Delta entsprechend ihrem Gewicht über den ganzen Stausee verteilt ab. Zudem können die Feinsedimente auch sporadisch während Hochwasser als Trübeströme innerhalb des Stausees bis zur Talsperre transportiert werden.

Die durchschnittlichen Verlandungsraten aller Stauseen werden weltweit auf 1 – 2% geschätzt, das heisst, dass jährlich 1 – 2% der weltweiten Speicherkapazität verloren geht.

Wenn man bedenkt, dass der jährliche Zuwachs des weltweiten Speichervolumens durch die Erstellung von neuen Stauseen eher bei 1% als bei 2% liegt, so zeigt sich in aller Deutlichkeit das Problem der Nachhaltigkeit. Wenn keine wirksamen Massnahmen gegen die Verlandung der Stauseen unternommen werden, wird weltweit gesehen gegen Ende des 21. Jahrhunderts der grösste Teil ihres Nutzvolumens verloren gegangen sein. Die Verlandungsraten bei den einzelnen Stauseen sind natürlich sehr unterschiedlich und hängen stark von der klimatischen Lage und der Konzeption des Stausees mit seinen Auslassorganen ab. So ist beispielsweise die durchschnittliche Verlandungsrate der Stauseen in der Schweiz mit 0.2% jährlich bedeutend tiefer. Hinsichtlich des Nutzvolumens sind also die alpinen Stauseen weit nachhaltiger. Dennoch ist nach 40 bis 60 Jahren Betrieb auch für diese Stauseen die Verlandung eine ernsthafte Bedrohung, da Trübebröme sporadisch grosse Sedimentvolumen lawinenartig bis zur Talsperre transportieren. Dort beeinträchtigen die konzentrierten Ablagerungen den sicheren Betrieb der Auslassorgane wie Triebwasserfassungen und Grundablässe.



Abbildung 1: Stausee Mauvoisin während der Entleerung im Mai 1985

Die denkbaren Massnahmen gegen die Verlandung von Stauseen können grundsätzlich in präventive und retroaktive Massnahmen eingeteilt werden. Mit den ersteren soll die Entstehung der Verlandung bekämpft werden, mit letzteren diese beseitigt werden. Ferner kann zwischen Massnahmen im Einzugsgebiet, im Stausee sowie an der Talsperre unterschieden werden. Abbildung 2 gibt eine Übersicht über die denkbaren Massnahmen gegen die Verlandung. In einer kürzlich erstellten ATV-DVWK – Schrift (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall) werden die verschiedenen Methoden und Verfahren zur Entlandung von Stauseen erläutert und hinsichtlich ökologischer Aspekte diskutiert. Diese sind in Abbildung 2 speziell hervorgehoben.

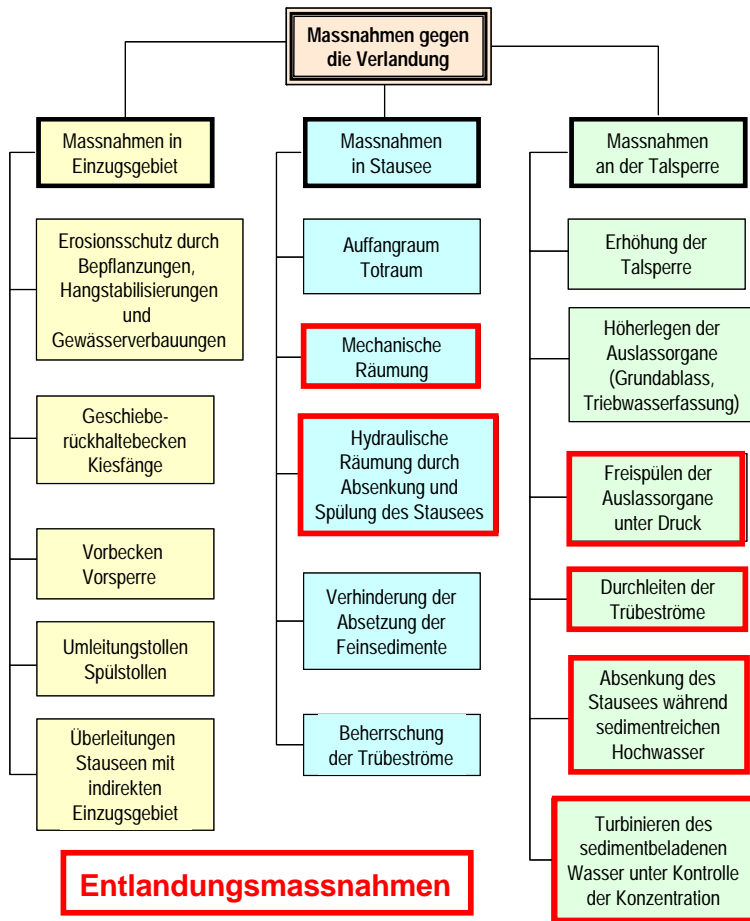


Abbildung 2: Übersicht über die denkbaren Massnahmen gegen die Verlandung

Der grösste Anteil der in einen Stausee gelangenden Feststofffracht besteht normalerweise aus Schwebstoffen (80 – 90% bei kleineren und mittleren, 90 – nahezu 100% bei grösseren Stauseen). Das Geschiebe ist eher von untergeordneter Bedeutung. Grosse Schwebstofffrachten werden vorwiegend während Hochwasserabflüssen in Fließgewässern transportiert. Der stark mit Feinsedimenten beladene Zufluss aus dem Einzugsgebiet in den Stausee hat ein grösseres Raumgewicht als das stehende Wasser im Stausee. Die in den Stausee fliessende, trübe Wassermasse stösst vorerst das klare Seewasser von der Mündung weg vor sich hin bis ein Impulsgleichgewicht entsteht. Dann beginnt das dichtere, schwebstoffbeladene Wasser in das leichtere Seewasser abzutauchen.

Es entsteht dadurch ein Unterwasserstrom, Trübestrom genannt, welcher aus einem Gemisch von Wasser und Feinsedimenten in Suspension besteht. Physikalisch kann dieser Trübestrom mit einer Schneestaublawine an einer Talflanke verglichen werden. Der Trübestrom bewegt sich auf dem geneigten Seeboden mit beachtlicher Geschwindigkeit in Richtung tiefster Punkt bei der Talsperre. Für den Transport und Ablagerung der Sedimente in den alpinen Stauräumen sind oft diese Trübestrome verantwortlich. Deshalb sind denkbaren technischen Massnahmen zur Beherrschung der Trübestrome ein Forschungsschwerpunkt in der Schweiz. Um diesen Verlandungsprozess innerhalb des Stausees zu beherrschen wurden die Wirkungen von Hindernissen, Geotextilgitter, Wasserstrahlen und Blasenschleier auf den Trübestrom mit physikalischen Versuchen und numerischen Simulationen untersucht um Empfehlungen für die praktische Anwendung zu formulieren.



Abbildung 3: Sedimente vor Grundablass des Stausees Mauvoisin während der Entleerung im Mai 1985

Eine wichtige Frage ist auch, wie Feinsedimente in alpinen Speichern am Absetzen gehindert oder wieder aufgewirbelt werden können. Falls dies gelingt, könnten sie kontinuierlich über die Auslassorgane entfernt werden. Dabei sind begrenzte Feststoffkonzentrationen im Turbinierwasser durchwegs akzeptierbar. Dank neuartigen Materialien werden zudem die Turbinen immer abrasionsresistenter. Um die Feinmaterialien in einem Stausee immer in Schwebe zu halten, müsste eine genügend grosse Turbulenz mittels Rotationsströmungen zugeführt werden. Diese könnte beispielsweise in alpinen Stauseen unter Ausnützung der Energie der Beileitungen erfolgen. Denkbar wäre auch eine Aufwirbelung mit einem im Staubereich verschiebbaren Düsenmischer (Wasserstrahl und/oder Luftblasenschleier) oder mechanischem Mixer. Selbstverständlich muss dabei die Schwebstoffkonzentration begrenzt werden um nicht nur Abrasionsprobleme an den hydraulischen Maschinen sondern auch ökologische Probleme im Unterwasser zu verhindern.

Aufgrund der klimatischen Veränderungen und den daraus resultierenden Folgen, wie Rückzug der Gletscher, Anstieg der Nullgrad- und Permafrostgrenze und verstärkter Niederschlag in den vegetationsarmen Wintermonaten, ist in Zukunft eine Zunahme der Sedimenteinträge in alpine Stauseen zu erwarten. Die Speicher werden dann neben der Energieerzeugung auch die Aufgabe bekommen, Wasser während den zunehmenden Trockenperioden im Sommer bereitzustellen. In diesem Sinne müssen die alpinen Stauseen sozusagen die Funktion der Gletscher übernehmen, dass heisst das Überflusswasser im Winter zu speichern um es dann in den trockenen Sommern wieder für Energieproduktion und Anreicherung der Flüsse abzugeben. In diesem Jahrhundert wird es also eine Hauptaufgabe der Planer und Betreiber von Speichern sein, mit effizienten Massnahmen frühzeitig der verschärften Verlandungsproblematik entgegenzuwirken und ihre nachhaltige Nutzung zu gewährleisten.

Das Europäische Forschungsprojekt ALPRESERV im Rahmen des Programms Interreg III B soll dabei wichtige Impulse für nachhaltige Lösungen hinsichtlich Stau-
raumverlandung geben und alle Beteiligten hinsichtlich dieser Problematik sensibilisieren.

Adresse des Autors

Prof. Dr. Anton Schleiss
Laboratoire de Constructions Hydrauliques (LCH)
Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)
CH-1015 Lausanne, Schweiz
Tél.: +41 21 693 23 85
<http://lchwww.epfl.ch>
anton.schleiss@epfl.ch

Interreg IIIB - Projet Alpreserv

Gestion durable des sédiments dans des réservoirs alpins tenant compte des aspects écologiques et économiques / Nachhaltiges Sedimentmanagement in alpinen Speichern unter Berücksichtigung von ökologischen und ökonomischen Aspekten

Conférence sur la problématique de la sédimentation dans les réservoirs Tagung über die Problematik der Stauseeverlandung

Sion, 20 septembre 2005 / 20. September 2005

Vorstellung des Projektes ALPRESERV

Walter Hauenstein

Kurzfassung

Die Speicher von wasserbaulichen Anlagen im Alpenraum erfüllen vielfache Zwecke. So dienen sie zur Erzeugung elektrischer Energie, zur Gewinnung von Trinkwasser und zur Sicherung des Hochwasserschutzes. Die Nachhaltigkeit der Speicher kann jedoch durch die Verlandung infolge des Sedimenttransportes beeinträchtigt werden. Dies gilt sowohl für Speicher von Hochdruckanlagen wie auch für Speicher an Flüssen. Demgegenüber können die fehlenden Feststoffe die ökologische Vielfalt, die Stabilität der Flusssohle und somit auch den Grundwasserstand im Unterlauf der Absperrbauwerke beeinflussen.

Aus diesen Gründen sind die Betreiber von wasserbaulichen Anlagen bemüht, ein nachhaltiges Sedimentmanagement vorzusehen. Das EU INTERREG IIIB Projekt ALPRESERV wurde initiiert, um auf einer internationalen Ebene diese Bemühungen in Bezug auf die wasserwirtschaftlichen, rechtlichen und ökologischen Randbedingungen zusammenzufassen und einen gegenseitigen Erfahrungsaustausch zu ermöglichen. Das Projekt wird in der Schweiz vom Amt für Raumentwicklung (ARE), vom Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG) und von den Schweizer Partnern finanziert.

Résumé

Le projet vise principalement sur le transfert de connaissance, la recherche en commun des meilleures solutions pratiques pour réduire l'alluvionnement des réservoirs alpins ou même diminuer la quantité de matériel déjà déposé.

17 partenaires en provenance de l'arc alpin sont réunis dans le projet commun ALPRESERV pour élaborer des stratégies transnationales de gestion des sédiments dans des réservoirs alpins. Le partenariat est composé d'administrations publiques, d'exploitants ou propriétaires d'aménagements hydroélectriques, d'institutions de recherche et d'organisations non gouvernementales (ONG). Ce groupement constitué d'administrations, d'entreprises privées, de scientifiques et autres parties prenantes garantit un réseau d'excellence et une intégration de toute une variété d'aspects, d'opinions et de savoir concernant la gestion des sédiments.

Divers concepts de gestion seront examinés sur 7 sites de projets pilotes accompagnés d'investigations étendues pour pouvoir juger l'efficacité et les impacts sur les écosystèmes. Le choix des actions pilotes s'est fait avec l'idée de représenter les différents types d'aménagements dans l'espace alpin. A part des petits réservoirs de haute altitude comme celui de Tourtemagne en Valais, des réservoirs plus grands de la région préalpine ainsi qu'un aménagement au fil de l'eau ont été sélectionnés. Les mesures prévues sur la durée du projet de trois ans visent sur la minimisation de l'apport en sédiment, l'utilisation des courants de densité pour faire transiter les sédiments, les opérations de purge, la relocalisation ainsi que la réutilisation alternative des sédiments fins. Les études sont parrainées par le programme INTERREG III B de l'Union Européenne. La participation de la Suisse est financée par l'Office fédéral du développement territorial (ARE), l'Office fédéral des eaux et de la géologie (OFEG) et les partenaires helvétiques.

Abstract

Alpine water reservoirs are major vital components of water supply, renewable electric energy generation, recreation and flood protection for alpine regions as well as large downstream areas. Sustainability of these reservoirs is severely threatened by sedimentation resulting from natural geomorphologic processes. The construction of new reservoirs in the fragile alpine environment or the raising of dams and dikes along rivers and cities occupying valuable land may compensate for the loss of reservoir capacity. To maintain storage volume, measures to reduce sedimentation should be initiated. If sedimentation has already occurred or may not be prevented, methods of excavation must be taken into consideration such as flushing or mechanical removal. These are very expensive tasks and may affect sensitive alpine environment seriously. Accumulation in reservoirs reduces valuable morphological processes of rivers downstream affecting biologic diversity and ecologic dynamics. However, failing to take reservoir sedimentation management measure will result in the loss of storage capacity and consequentially in the loss of flood protection abilities, water supply reliability and hydro power generation potential.

17 partners from Germany, Austria, Italy, Switzerland, and Slovenia agreed to work together in the EU-funded project ALPRESERV on transnational strategies of sediment management in alpine reservoirs. The partnership consists of State Authorities, hydro power companies, research institutions and Non-Governmental Organisations (NGOs). The composition of administrations, companies, scientists and stakeholders guarantees an excellent networking as well as integration of the whole variety of aspects, opinions and knowledge concerning sediment management issues.

Seven pilot action sites have been selected in order to study, apply and monitor sediment management strategies. The project mainly aims at the transfer of knowledge, the common search for best practice solutions in order to reduce the sedimentation of alpine reservoirs or even to reduce the amount of already deposited material. The studies are sponsored by the European Regional Development Fund (ERDF) as well as the participation institutions and Swiss authorities throughout a working period of three years as part of the INTERREG III B programme.

1. Überblick

Im Rahmen des EU initiierten INTERREG IIIB Programms wurde das Projekt ALPRESERV gestartet, das 17 Projektpartner aus 5 Ländern (Deutschland, Österreich, Italien, Schweiz und Slowenien) vereint. Die Ziele des Projekts bestehen darin, durch einen Wissensaustausch, durch Pilotprojekte und eine gemeinsame Datenbank die Probleme der Verlandung von Speichern im alpinen Raum auf einer internationalen Expertenebene zu diskutieren und gemeinsam Lösungen zu erarbeiten. Das durch Mittel der EU (European Regional Development Fund - ERDF) geförderte INTERREG III Programm zielt daraufhin ab, die ökonomische und soziale zwischenstaatliche und überregionale Kooperation und Kommunikation zu fördern.

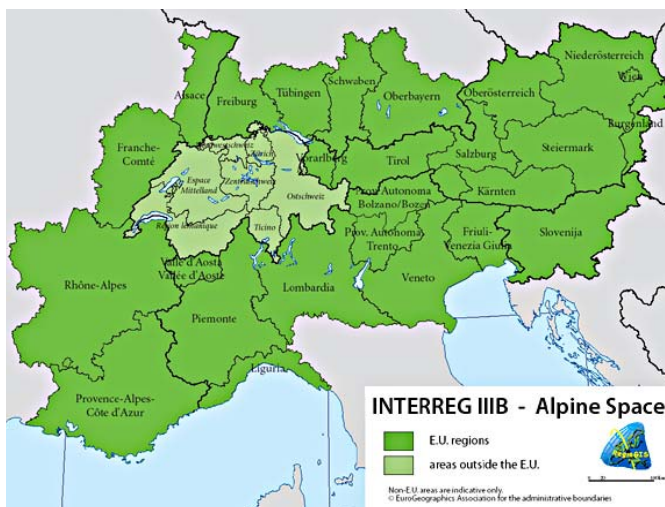


Abbildung 1: Die räumliche Erstreckung des INTERREG IIIB - Alpine Space Programms

Das Subprogramm Alpine Space (<http://www.alpinespace.org/>) bezieht sich räumlich gesehen auf die Alpen-Anrainerstaaten (siehe Abbildung 1) mit den vier Schwerpunktthemen der Entwicklung einer nachhaltigen Raumordnung, der Förderung zwischenstaatlicher Projekte, der Entwicklung effizienter Lösungen für Transport- und Kommunikationsprobleme und dem Schutz der Bevölkerung sowie der Infrastruktur vor den Auswirkungen natürlicher Katastrophen.



Abbildung 2: Symbole des EU-INTERREG III B Projektes ALPRESERV

ALPRESERV (Sustainable Sediment Management of ALPine RESERVoirs considering ecological and economical aspects) zählt im Rahmen des INTERREG Programms zum Kapitel 3, das Massnahmen in der Natur und Ressourcen, im Speziellen das Wasser betreffend, zum Inhalt hat. Basierend auf der grossen Bedeutung des Wassers für den Alpenraum als natürliche Ressource für Trinkwasser und Erzeugung elektrischer Energie soll das Problem der Speicherverlandung umfassend behandelt werden. Betriebliche Beeinträchtigungen wie auch ökologische Auswirkungen werden theoretisch erfasst wie auch anhand von 7 Pilotprojekten praktisch behandelt. Die Randbedingungen für einen Massnahmenkatalog werden aus technischer, rechtlicher und ökologischer Sicht zusammengefasst und sollen über eine Datenbank interessierten Personen wie auch Institutionen zur Verfügung gestellt werden. Die Laufzeit des Projekts erstreckt sich von April 2003 bis Ende 2006.

2. Die Projektpartner

Das Projekt ALPRESERV vereint 17 Projektpartner aus 5 Ländern unter der Leitung der Universität der Bundeswehr München.

Die Projektgruppen bestehen aus Partnern verschiedener Organisationsstrukturen: aus akademischen Forschungsinstitutionen, Anlagebetreibern, öffentlichen Verwaltungen, Vereinigungen, Verbänden oder NGO's. Diese Zusammensetzung aus Institutionen mit verschiedenen Kerngebieten, Visionen und Hintergründen garantiert ein ausgezeichnetes Netzwerk, das die interdisziplinäre Arbeit fördert und den Austausch einer grossen vorhandenen Palette von Ideen und Meinungen anregt.



Abbildung 3: Die Projektpartner von ALPRESERV

Die Projektpartner aus der Schweiz:

- Ecole Polytechnique Fédérale Lausanne, Laboratoire de constructions hydrauliques [EPFL]
- Kraftwerke Gougra AG [FMG]
- Dienststelle für Wasserkraft des Kanton Wallis [SFH]
- Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband [SWV]

Die Projektpartner aus Deutschland:

- Universität der Bundeswehr München [UBM]
- Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, München [StMUGV]
- Schneider & Jorde Ecological Engineering GmbH, Stuttgart [SJE]

Die Projektpartner aus Österreich:

- Technische Universität Graz, Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft [TUG_Hydro]
- Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Fachabteilung 19A, Wasserwirtschaftliche Planung und Hydrographie [WWST]
- Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Fachabteilung 13A, Umweltrecht und Energie[WRST]
- Österreichischer Verein für Ökologie und Umweltforschung [VÖU]
- Verbund - Austrian Hydro Power AG [AHP]

Die Projektpartner aus Italien:

- Università degli Studi di Trieste, Dipartimento di Ingegneria Civile [TRIESTE]
- Autonome Provinz Bozen-Südtirol, Ämter für Jagd und Fischerei, Stauanlagen und Wasserwirtschaft [APB]
- CESI (welche die ENEL R&D Aktivitäten aufgekauft haben), Bergamo [CESI]
- Provincia di Belluno, Settore Lavori Pubblici, Difesa del Suolo e Tutela Ambiente [PBL]

Der Projektpartner aus Slowenien:

- University of Ljubljana, Hydrotechnical Department [FGG]

3. Die Arbeitsschwerpunkte von ALPRESERV

Das Projekt gliedert sich in 9 Bereiche („Work Packages“) mit folgenden Inhalten:

- **Work Package 1:** Zwischenstaatliche Projektvorbereitung. Das bereits bestehende Netzwerk zwischen den 4 Universitäten wurde durch öffentliche Verwaltungsstellen, einschlägige Firmen sowie Vereine erweitert und das Konsortium somit fachlich bereichert und ergänzt. In diesem Bereich sind des Weiteren die organisatorischen Kontakte zwischen den einzelnen Projektpartnern und der verantwortlichen Behörde und die formalen Abwicklungen sowie die Organisation regelmässiger Konferenzen integriert.
- **Work Package 2 und 3:** Projektmanagement. In Erweiterung des Work Package 1 wurden hier die Kooperationen und Kommunikationen zwischen dem Koordinator und den Projektpartnern behandelt, die einen wesentlichen Teil des Projektes bilden.
- **Work Package 4:** Öffentlichkeitsarbeit. Über mehrere Wege werden die Ergebnisse des Projekts veröffentlicht und präsentiert. So informiert eine

Homepage (<http://www.ALPRESERV.org/>) über den aktuellen Projektstand. Eine Publikationsserie, die die einzelnen Schwerpunkte erläutern soll, ist gerade in Vorbereitung und ein Symposium zum Thema der Stauraumverlandung am Ende des Projekts wird die wesentlichen Ergebnisse präsentieren.

- **Work Package 5:** Sedimentquellen und Transportprozesse. In einem eigenen Bericht werden die Feststoffherde im alpinen Bereich und die den Transport kennzeichnenden Parameter beschrieben. Das Ziel ist die Identifizierung der für den jeweiligen Speicher kennzeichnenden Parameter für den Eintrag an Feststoffen.
- **Work Package 6:** Sedimentation in Speichern. Auf der Grundlage des technischen Kenntnisstandes werden die Prozesse der Stauraumverlandung aufgezeigt und Möglichkeiten der Behandlung erläutert. Einen besonderen Schwerpunkt bilden hier die Dichteströmungen mit den Möglichkeiten, Präventivmassnahmen wie Einbauten, die Anordnung von Luftschleimern, Wasserstrahlen anzusetzen.
- **Work Package 7:** Massnahmen für ein nachhaltiges Sedimentmanagement. Behandelt werden die drei hauptsächlichen Strategien zur Behandlung des Problems der Stauraumverlandung: die Minimierung der Sedimentfrachten, die in den Speicher gelangen; die Minimierung der Sedimentation; das Entfernen bereits abgelagerten Materials. Einen weiteren Schwerpunkt bildet das Thema des fehlenden Geschiebes unterhalb einer Stauanlage.
- **Work Package 8:** Pilotprojekte (siehe auch Kapitel 4). An sieben ausgewählten Stauanlagen in Österreich, Deutschland, Schweiz und Italien werden beispielhaft Massnahmen mit der Zielsetzung eines nachhaltigen Sedimentmanagements durchführt. Die Anlagen wurden ausgewählt, um einen möglichst breiten Bereich von Problemstellungen zum Thema der Stauraumverlandung zur Verfügung zu haben. Die Ergebnisse der Massnahmen wurden und werden im Zuge der regelmässigen Besprechungen den Projektpartnern zur Kenntnis gebracht und anschliessend in die Datenbank integriert. Diese Datenbank soll in Zukunft als Informationsquelle für interessierte Betreiber und Behörden dienen, um ähnlich gelagerte Fälle zielgerichteter behandeln zu können. Gedacht ist an eine Datenbank, die über das Internet öffentlich zugängliche Informationen zu den Anlagen, den Problemstellungen und den gefundenen Lösungen bietet.
- **Work Package 9:** Analyse der Auswirkungen. Ein Monitoring Programm wird die Auswirkungen der Massnahmen bei den Pilotprojekten protokollieren. Dies betrifft die jeweilige Feststoffbilanz wie auch die ökologische Situation des Flussgebietes.

4. Die Pilotprojekte



Abbildung 4: Lokalisierung der Pilotprojekte und der Projektpartner

Die Auswahl der sieben Pilotprojekte (Abbildung 4) erfolgte unter dem Kriterium, ein möglichst breites Spektrum von Problemstellungen zum Thema der Stauraumverlandung zur Verfügung zu haben. Berücksichtigt wurden ein Flusskraftwerk, Speicher im Voralpinen Bereich und weitere in der alpinen Zone.

4.1 Kraftwerk Bodendorf

In diesem Fall handelt es sich um ein Flusskraftwerk, das als Kopfspeicher im Oberlauf der Mur situiert ist. Es befindet sich im Eigentum der Verbund-Austrian Hydro Power AG. Oberhalb des Stauraumes befindet sich eine freie Fließstrecke, in der das Flusssediment ungehindert transportiert werden kann. Grösstenteils lagert sich das transportierte Sediment im Stauraum Bodendorf ab. Daraus ergeben sich Anlandungen, die im Bereich der Stauwurzel zum Anheben der Wasserspiegel führen. Weiters kann angelandetes Geschiebe zu Funktionsbeeinträchtigung der Betriebsorgane (Krafthaus und Wehranlage) führen. Seit dem Jahre 1994 fanden bislang fünf Stauraumentlandungen statt.

Im Bereich der Stauwurzel des KW Bodendorf wurden im Oktober 2003 Kurzbuhnen und eine Initialrinne errichtet. Die Massnahmen sollen als Ertüchtigung des Geschiebetransports und somit zum verbesserten Abtrag der Anlandungen im Stauwurzelbereich führen. Im Rahmen des Projekts ALPRESERV wurde ein Monitoring für die Stauraumentlandung im Jahr 2004 durchgeführt, um die Auswirkungen der Buhnen und der Initialrinne zu evaluieren und eine Geschiebe- und Schwebstoffmassenbilanz für die Entlandung 2004 zu erstellen.



Abbildung 5: Das Kraftwerk Bodendorf

4.2 Speicher Margaritze

Der Hochgebirgsspeicher Margaritze ist Teil der Kraftwerksanlage Glockner-Kaprun und befindet sich ebenfalls im Eigentum der Verbund-Austrian Hydro Power AG. Er trägt wesentlich zur Spitzenenergieerzeugung der Kraftwerksgruppe bei. Die Abbildung 5 zeigt ein Bild des Speichers mit den beiden Sperrbauwerken Möllsperre und Margaritzensperre. Dem Speicher vorgelagert ist ein natürlicher Gletschersee, der bis in die 90er Jahre Sediment zurückgehalten hat. Durch die komplette Verlandung des Gletschersees wird nun das Sediment im Ausmass von im Durchschnitt $40'000 \text{ m}^3/\text{a}$ im Speicher Margaritze abgelagert.

Aus diversen Gründen ist es nicht möglich, eine Speicherspülung durchzuführen. Derzeit wird daher das Sediment mittels einer Baggerpumpe vom Schluchteil in den Flachteil umgelagert, um den Bereich der Grundablässe frei von Sediment zu halten. Zum Teil wird das umgelagerte Sediment vom Flachteil zurück in den Schluchteil der Stauhaltung gefördert. Im Zuge des gegenständlichen EU Projektes werden die Strömungsverhältnisse für verschiedene Randbedingungen untersucht. Dabei kommen in erster Linie Messgeräte zum Einsatz, die mittels Ultraschall die Strömungsgeschwindigkeiten dreidimensional erfassen. Zusätzlich werden Trübmessungen durchgeführt und Schwebstoffproben gesammelt, analysiert und ausgewertet.



Abbildung 6: Speicher Margaritze (Vordergrund), Sandarsee (Hintergrund) und Grossglockner

4.3 Speicher Sylvenstein

Diese Mehrzweckanlage liegt im Oberlauf der Isar in Oberbayern. Durch den Bau des Dammes wurde der Sedimenttransport beinahe gänzlich unterbrochen, der Speicher verlandet. Vordämme in den Zulaufbereichen schützen die Betriebseinrichtungen vor der Verlandung. Im Rahmen des ALPRESERV Projekts sollen die Fragen nach der chemischen und physikalischen Zusammensetzung des Sediments, der mögliche Verwendungszweck, die mögliche Minimierung des Sedimentzulaufs und die beste Möglichkeit einer Entfernung der Feststoffe aus dem Speicher geklärt werden.



Abbildung 7: Wurzel des Speichers Sylvenstein mit einem Geschlebesammler im Hauptzufluss

4.4 Speicher Tourtemagne

Die Wasserkraftanlage liegt im Wallis, Schweiz. Durch den Rückgang des Gletschers wird die Verlandung des Speichers erheblich beschleunigt. Oberhalb des Speichers wurde bereits ein Entsander gebaut, um den weiteren Eintrag an Feststoffen weitgehend zu verhindern.

Die bereits abgesetzten Feststoffe wurden bislang teilweise mechanisch aus dem Stauraum entfernt. Regelmässige Spülungen ergänzen die Massnahmen des Sedimentmanagements. Zukünftig soll ein dynamisches Sedimentmanagement, das sich auf das gesamte Einzugsgebiet erstreckt, angewandt werden, um den Sedimenteintrag in den Speicher zu minimieren. Dazu zählen unter anderem künstliche Hochwasser in Verbindung mit Spülungen wie auch die Konstruktion eines Umleitungsstollens. Doch mehr in den folgenden Artikeln in dieser Mitteilung.

4.5 Speicher Barcis

Die Anlage liegt in Friaul, Oberitalien. Der hohe Sedimenteintrag reduzierte das nutzbare Stauvolumen um ca. 1/3. Als Massnahme wurde bislang ein kleiner Vordamm errichtet, der sich jedoch bereits wieder sehr schnell gefüllt hat. Wegen der touristischen Nutzung des Gebietes ist die mechanische Räumung und Abtransport auf Strassen nur bedingt möglich. Im Rahmen des ALPRESERV Projekts sollen daher neue Strategien erforscht und angewandt werden.



Abbildung 8: Teilweise verlandeten Speicher von Tourtemagne mit Gletscher im Hintergrund

4.6 Speicher Forni

Die Anlage liegt in der Lombardei, westliches Oberitalien. Der stark sedimenthaltige Zufluss, dessen Einzugsgebiet vergletschert ist, hat das nutzbare Speichervolumen bereits stark reduziert. Als Massnahme wird derzeit beinahe zweimal jährlich eine Spülung des Speichers durchgeführt. Die ausgespülten Sedimente drohen nun die Hochwassersicherheit im Unterlauf zu gefährden.

4.7 Speicher Pieve di Cadore

Die Anlage liegt im Piave-Tal nördlich von Belluno, Oberitalien. Die Mehrzweckanlage mit dem 6 km langen Speicher dient der Stromerzeugung, der Bewässerung und dem Hochwasserschutz. Der hohe Feststoffanteil des Flusses hat zu einer bedeutenden Reduktion des Speichervolumens geführt. Im Rahmen des Projekts ALPRESERV sollen die bisher bereits durchgeführten Untersuchungen bezüglich der Korngrößenverteilung, der mineralischen und chemischen Zusammensetzung der Sedimente in Bezug auf die Ablagerungshöhe im Speicher ausgeweitet und ergänzt werden.



Abbildung 9: Der fast vollständig mit Sedimenten gefüllte Speicher Forni



Abbildung 10: Untersuchungen an den abgesetzten Feststoffen im Speicher Pieve di Cadore

5. Datenbank

Parallel zu den Arbeiten und Untersuchungen an den Pilotprojekten wird eine Datenbank aufgebaut. Basierend auf den charakteristischen Informationen zu den jeweiligen Anlagen wird diese Datenbank speziell auf die Belange der Stauraumverlandung ausgerichtet. Dadurch wird die jeweilige Anlage in Bezug auf ihre Sedimentproblematik katalogisiert und in ein bestimmtes Ordnungsschema eingereiht. Das Ziel ist der (internationale) Informationsaustausch, wobei bereits gemachte Erfahrungen leichter nachvollziehbar sein sollen und weiteren Anwendungen zur Verfügung stehen können. Den Beginn werden die Ergebnisse der Pilotprojekte darstellen. Der Bereich der Anwender erstreckt sich auf die Betreiber der Anlagen, Behörden, Ökologen, Planer, Maschinenhersteller, Gemeinden, örtliche Vertretungen etc.

6. Schlusswort

Die Möglichkeiten, Massnahmen gegen Stauraumverlandungen zu setzen, sind begrenzt und werden zusätzlich durch wirtschaftliche, technische oder durch rechtliche Aspekte beschränkt. Das EU INTERREG IIIB Projekt ALPRESERV soll auf der Grundlage von Erfahrungen auf nationaler Ebene die nachhaltige Bewirtschaftung von Speichern ermöglichen. Dazu sollen unter Berücksichtigung nationaler Richtlinien und der EU Wasserrahmenrichtlinie internationale Erfahrungen in eine Datenbank einfließen und öffentlich zur Verfügung gestellt werden. Pilotprojekte an sieben Speichern im Alpenraum dienen als Referenzen, an denen exemplarisch Massnahmen in Bezug auf die Entlandung eines Speichers durchgeführt werden. Das Ziel der nachhaltigen Speicherbewirtschaftung ist der Erhalt der Funktionsfähigkeit der Anlagen durch entsprechende Massnahmen.

Adresse des Autors

Dr. Walter Hauenstein
Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Rütistr. 3, Postfach
CH-5401 Baden, Schweiz
Tél.: +41 56 222 5069
<http://www.swv.ch>
w.hauenstein@swv.ch

Unter Mitwirkung folgender Mitglieder des ALPRESERV Lenkungsausschusses:

Dr. Sven Hartmann
Institut für Wasserwesen
Universität der Bundeswehr München (UBM)
Werner-Heisenberg-Weg 39
D - 85579 Neubiberg, Deutschland
Tél.: +49 89 6004 2618
<http://www.bauv.unibw-muenchen.de/>
sven.hartmann@unibw-muenchen.de

Dr. Helmut Knoblauch
Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft
Technische Universität Graz (TUG)
A - 8010 Graz, Österreich
Tél.: +43 316 873 8362
<http://www.hydro.tugraz.at>
helmut.knoblauch@TUGraz.at

Dr. Giovanni De Cesare
Laboratoire de Constructions Hydrauliques (LCH)
Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)
CH-1015 Lausanne, Schweiz
Tél.: +41 21 693 25 17
<http://lchwww.epfl.ch>
giovanni.decesare@epfl.ch

Interreg IIIB - Projet Alpreserv

Gestion durable des sédiments dans des réservoirs alpins tenant compte des aspects écologiques et économiques / Nachhaltiges Sedimentmanagement in alpinen Speichern unter Berücksichtigung von ökologischen und ökonomischen Aspekten

**Conférence sur la problématique de la sédimentation dans les réservoirs
Tagung über die Problematik der Stauseeverlandung**

Sion, 20 septembre 2005 / 20. September 2005

Session 1

**Projet pilote Tourtemagne
Pilotprojekt Turtmannsee**

Modérateur / Sessionsleiter

Jean-Louis Boillat

Laboratoire de constructions hydrauliques (LCH)
Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL)

Problématique du lac de Tourtemagne

Georges-Alain Zuber

**Gestion globale des sédiments de la retenue de
Tourtemagne - Génération et évaluation de variantes**

Rémi Martinerie, Giovanni De Cesare, Frédéric Jordan, Jean-Louis Boillat

Interreg IIIB - Projet Alpreserv

Gestion durable des sédiments dans des réservoirs alpins tenant compte des aspects écologiques et économiques / Nachhaltiges Sedimentmanagement in alpinen Speichern unter Berücksichtigung von ökologischen und ökonomischen Aspekten

Conférence sur la problématique de la sédimentation dans les réservoirs Tagung über die Problematik der Stauseeverlandung

Sion, 20 septembre 2005 / 20. September 2005

Problématique du lac de Tourtemagne

Georges-Alain Zuber

Abstract

From the very start of Gougria's exploitation, the aggradation of the dams was highlighted. After ten years, the adopted solution was to build mud deposit to the upstream of the dams. With the years, these new works are almost full of materials. It is thus necessary to find another solution more durable by holding account of the concession's duration.

Is it necessary to accept the loss of useful volumes? Is it preferable to put these materials in landfill sites? Wouldn't the durable solution be to derive the works to bring the sediments downstream in full safety?

The owner must find the most optimal solution by taking into account of various aspects: technical, economic, environmental and safety!

Zusammenfassung

Seit der Aufnahme der Betriebstätigkeit der Kraftwerke Gougria wurde auf die Geschwemmsel in den Stauseen aufmerksam gemacht. Nach etwa zehn Jahren Betrieb beschloss man, oberhalb der Staumauer Geschieberückhaltebecken zu bauen. Allmählich sind nun mit der Zeit diese neuen Becken fast vollständig mit Sedimentmaterial gefüllt. Es muss eine andere, dauerhafte Lösung bis zum Konzessionsende gefunden werden.

Muss der Platzverlust akzeptiert werden? Oder ist es besser, diese Ablagerungen in eine Deponie zu führen? Wäre es längerfristig nicht besser, die Anlagen umzuleiten, um die Sedimente unterhalb der Anlagen sicher abzutragen?

Der Kraftwerksbetreiber muss die optimale Lösung finden, unter Berücksichtigung der nachfolgenden Aspekte: Technik, Wirtschaft, Umweltschutz und Sicherheit!

Résumé

Dès le début de l'exploitation de l'aménagement Gougra, l'alluvionnement des barrages a été mis en évidence. Après une dizaine d'année, la solution retenue a été de construire des bassins de décantation à l'amont des barrages. Avec les années, ces nouveaux ouvrages se sont remplis de matériaux. Il faut donc trouver une autre solution plus durable en relation avec la durée de la concession.

Faut-il accepter la perte de volumes utiles ? Est-il préférable de mettre ces matériaux en décharge ? La solution durable ne serait-elle pas de dériver les ouvrages pour amener les sédiments en aval en toute sécurité ?

L'exploitant doit trouver la solution la plus optimale en tenant compte de différents aspects : techniques, d'exploitation, socio-économiques, environnementaux et de sécurité !

1. Société de partenaires

Les partenaires des Forces Motrices de la Gougra SA sont Aar et Tessin d'Electricité SA : 54 %, Rhonewerke SA : 27.5 %, la commune de Sierre : 7.5 %, Sierre Energie SA : 1 % et les communes concédantes : 10 %.

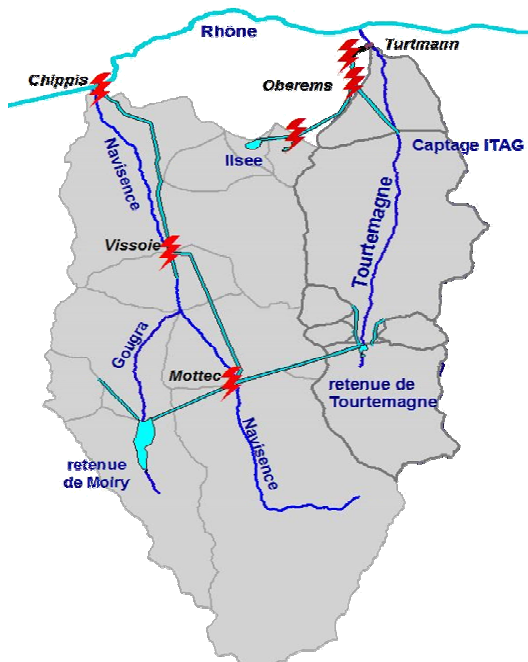
La concession pour les paliers supérieurs de Mottec et de Vissoie est accordée jusqu'en 2039 et celle pour le palier inférieur de Navizence-Chippis l'est jusqu'en 2084.

2. Situation d'ensemble

Situé dans la partie centrale du Valais, sur la rive gauche du Rhône, l'aménagement de la Gougra s'étend sur les vallées d'Anniviers et de Tourtemagne. Le bassin versant est de 252 km² dont 22 % est constitué de glaciers.

L'ouvrage principal d'accumulation est le barrage de Moiry avec une capacité de 77 mios de m³. Pour assurer son remplissage, hormis son bassin versant, sont déviées par pompage les eaux de la Navizence à Mottec et de la Turtmänna dans la partie supérieure de la vallée de Tourtemagne.

Les eaux de la Turtmänna en aval de la captation de la Gougra sont exploitées par la société Argessa (anciennement ITAG) depuis la prise d'Hübschweildi.



Situation de l'aménagement Gougra

La différence de niveau entre le lac de Moiry et la vallée du Rhône est exploitée en trois paliers avec les centrales de Mottec, Vissoie et Navisence à Chippis. La puissance installée est de 165 MW de production et 30 MW de pompage. L'énergie produite annuellement est de 570 GWh.

3. Vallée de Tourtemagne

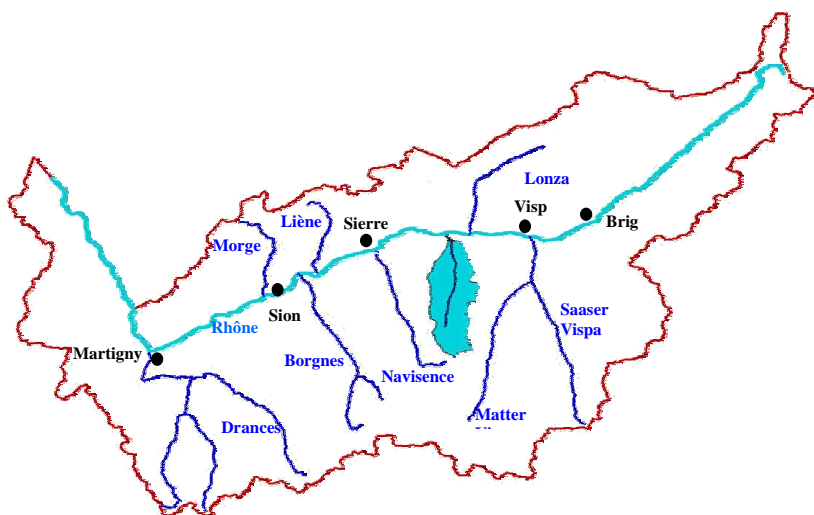
Les eaux de la région supérieure de la vallée de Tourtemagne sont dérivées en Anniviers, à savoir la Turtmäna et les torrents de Brändji et de Blumatt. Le régime hydrologique naturel de la vallée est ainsi sensiblement modifié.

Ces eaux contribuent à environ 50 % du remplissage de la retenue de Moiry et cela durant les cinq mois d'été.

Le bassin versant de l'ensemble de la vallée de Tourtemagne est de 100 km². Ce dernier accuse à lui seul une glaciation de 56 %. Le point culminant se situe à 4151 m.s.m. (Bishorn) et l'exutoire à 620 m.s.m. (Rhône).

Les glaciers de cette vallée ont également reculés laissant apparaître des moraines générant des apports importants de sédiments.

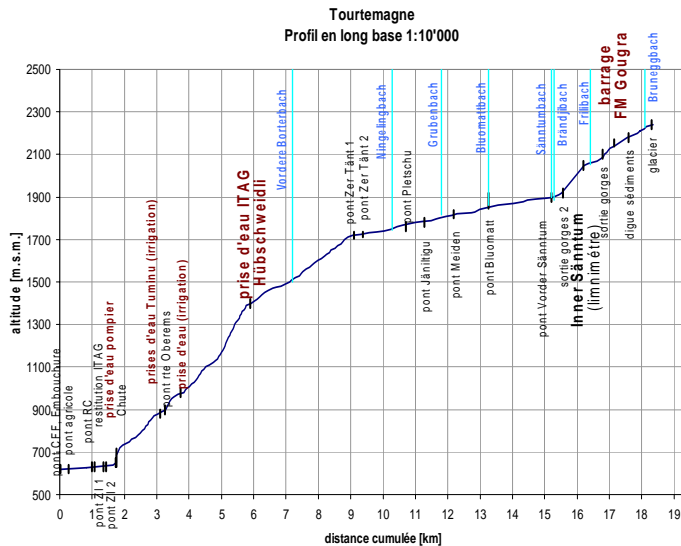
La production annuelle moyenne liée aux eaux en provenance de Tourtemagne est de 176 GWh.



Vallée de Tourtemagne

La vallée présente un profil en long avec deux secteurs relativement plats, à savoir la région du hameau de Gruben et celle du village de Tourtemagne. Les dépôts de matériaux sont favorisés dans ces zones.

Le débit « accepté » par le lit de la rivière sans générer des dégâts est d'environ $7 \text{ m}^3/\text{s}$.



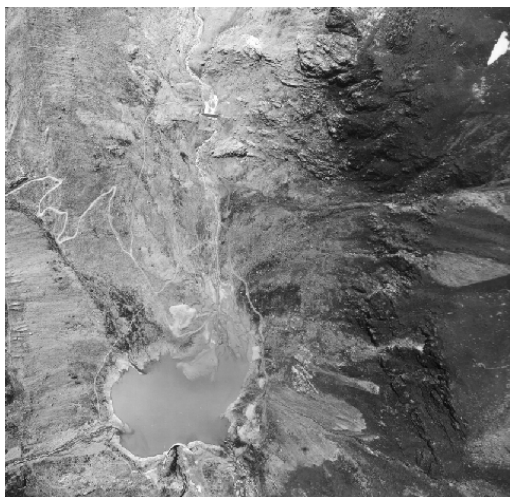
4. Barrage de Tourtemagne

Le barrage voûte en béton précontraint a une hauteur de 30 m et une longueur de couronnement de 115 m. Sa capacité était de 780'000 m³. Le déversoir est à la cote 2177 m.s.m. Le débit maximal de la vanne de vidange de fond varie entre 13 et 18 m³/s. Aucune dotation n'est faite.



Vue aval du barrage de Tourtemagne

Après quelques années d'exploitation, il a été mis en évidence un problème d'alluvionnement de la retenue.



Vue aérienne prise en 1966

Chaque année, un nettoyage des ouvrages de prise d'eau et de vidange de fond est nécessaire pour garantir un fonctionnement correct.

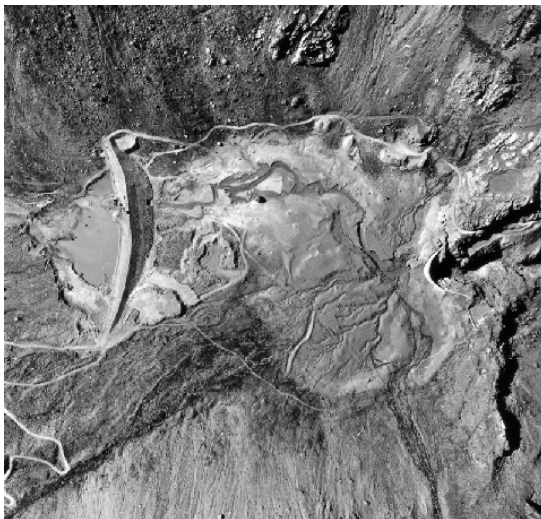


Ensablement du barrage de Tourtemagne

Il n'est techniquement pas envisageable de rehausser la prise d'eau et la vidange de fond.

5. Bassin de décantation

Sur la base de ce constat, un bassin de décantation de 150'000 m³ pour une hauteur de 16,5 m et une longueur de couronnement de 325 m a été construit en 3 étapes (1972, 1978 et 1993).



Vue aérienne prise en 1978

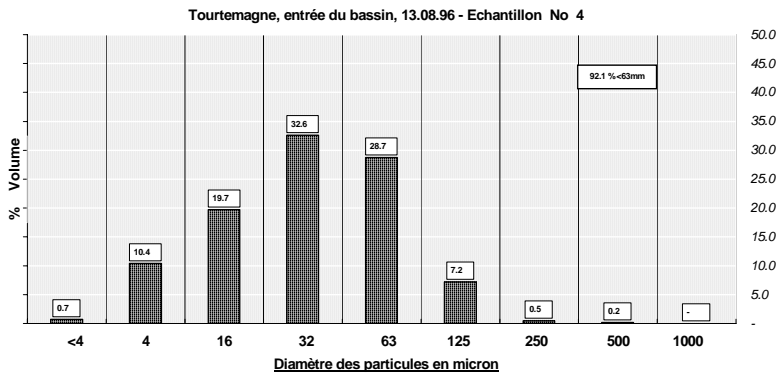
Il n'est plus possible de rehausser encore cette retenue pour des raisons de sécurité de l'ouvrage.



Digue du bassin de décantation avec son déversoir

6. Sédimentation

La composition de prélèvements dans la Turtmäna au niveau du barrage se répartit en deux classes granulométriques : 60 % de limons et 40 % de sables fins. La dureté moyenne est de 4.2 Mohs.



Le volume annuel de sédiments charrié par la Turtmäna est d'environ 10 à 12'000 m³.
Le bassin de décantation s'ensable annuellement d'environ 7'000 m³. Le volume de

sédiments évacués par les purges annuelles autorisées par le service cantonal des forces hydrauliques est de 600 à 1'500 m³.

Depuis la construction, le volume utile de la retenue diminue progressivement, il était en 2002 de 623'000 m³, soit une diminution moyenne annuelle de 3'800 m³.

Les cinq dernières années, le barrage a perdu annuellement environ 1'500 m³ de volume utile. Il s'agit d'une estimation basée sur des mesures bathymétriques.

Lorsque le bassin de décantation sera plein, d'ici à 7 ans, il faudra compter avec un volume perdu dix fois plus grand.



Vue amont du bassin de décantation et du barrage

L'examen du processus de transport des matériaux mobilisable dans le cours d'eau conclut qu'il faudrait un débit supérieur à 5 m³/s pour évacuer les fines et de plus de 20 m³/s pour les matériaux grossiers dans le secteur relativement plat de Gruben.

7. Solutions

Trois principes influencent le courant de turbidité : stopper, diluer et dévier.

Le bureau Colenco a été mandaté pour solutionner l'alluvionnement de la retenue de Tourtemagne (1994, 2000 et 2003) en tenant compte de l'aménagement d'Argessa. Dix variantes ont été proposées de la mise en décharge jusqu'à la dérivation des bassins

existants en passant par le transit des sédiments par les conduites existantes. Les coûts de construction ont été estimés ainsi que les frais d'entretien et les pertes d'eau.

Il y a lieu de faire la synthèse afin de définir la solution la plus optimale en tenant compte de la durée restante de la concession.

8. Coordination entre les études en cours

Dans le cadre de la recherche de la solution, il faut favoriser les synergies avec les autres études en cours :

- Directive cantonale sur l'assainissement des cours d'eau
- Directive cantonale sur les purges et les vidanges
- Cartes communales de dangers des cours d'eau en cas de crues
- Carte d'inondation demandée par l'OFEG
- Troisième correction du Rhône

Il faut également intégrer les aspects de sécurité en combinant la solution avec l'évacuation des eaux en cas de crues par des ouvrages adaptés.

Enfin, il faut favoriser les échanges d'expériences :

- Interreg, Alpreserv
- AVPEE
- Conférences...

9. Intervention intermédiaire

En attendant de trouver la solution et de réaliser les travaux, la construction d'une décharge intermédiaire a été étudiée par le bureau BINA. La réalisation devrait s'effectuer en 2006 et en 2007.

10. Conclusion

La problématique de sédimentation de la retenue de Tourtemagne doit être analysée dans un contexte général. La coordination entre les différentes études en cours est très importante. La solution retenue doit satisfaire à plusieurs critères dont ceux liés à la l'exploitation, à la technique, à l'environnement, à la sécurité et aux aspects socio-économiques.

Bibliographie

- COLENCO Engineering SA** (1994) Geschieberrückhaltesperre Turtmanntal Erweiterung der Hochwasserentlastungskapazität und lösungen für den Zukünftigen Geschieberrückhalt
- COLENCO Engineering SA.** (2001). Geschiebebewirtschaftung Turtmanntal Variumstudium
- COLENCO Engineering SA** (2003) Purge du bassin de Tourtemagne par les conduits, étude sommaire
- EPFL-LCH** (2004) Travail Postgrade, assainissement des cours d'eau en Valais, analyse de l'hydrosystème du bassin versant de la Tourtemagne
- EPFL-LCH** (2004-2005) Travail Pratique de Master, analyse de l'hydrosystème du bassin versant de la Tourtemagne, concept de gestion des sédiments
- BINA Engineering SA** (2005). Unterhaltarbeiten Geschieberückhaltebecken Turtmanntal, Technischer Bericht

Adresse de l'auteur

Georges-Alain Zuber
Directeur
Forces motrices de la Gougrea SA
Avenue Général Guisan 2
3960 Sierre, Suisse
Tél : +41 27 451 20 22
georges.zuber@atel.ch

Interreg IIIB - Projet Alpreserv

Gestion durable des sédiments dans des réservoirs alpins tenant compte des aspects écologiques et économiques / Nachhaltiges Sedimentmanagement in alpinen Speichern unter Berücksichtigung von ökologischen und ökonomischen Aspekten

Conférence sur la problématique de la sédimentation dans les réservoirs Tagung über die Problematik der Stauseeverlandung

Sion, 20 septembre 2005 / 20. September 2005

Gestion globale des sédiments de la retenue de Tourtemagne

Génération et analyse de variantes

Rémi Martinerie, Giovanni De Cesare, Frédéric Jordan, Jean-Louis Boillat

Abstract

The Tourtemagne valley hydrosystem was analysed based on two essential aspects: hydrology on the one hand, solid transport and alluvial dynamics on the other. A numerical simulation of the natural hydrological regime of Tourtemagne river was made to highlight the influence of hydroelectric schemes. The study shows that the Tourtemagne dam causes an important reduction of the river alluvial dynamics.

The storage volume of the Tourtemagne dam located close to the glacier has decreased notably since its construction because of important sedimentation. After having highlighted these problems by quantifying the annual loss of volume, several sediment management alternatives are proposed. The first alternative consists in a dry excavation and flushing of the material through the bottom outlet following the annual flushing, while controlling and limiting the suspended sediment concentrations using clean water from the Moiry reservoir located in the neighbouring valley. The following constructive alternative is also able to reduce the reservoir sedimentation. A sand trap located at the entry of the lake would collect a considerable quantity of sediments and release the material after regular automatic flushings through a diversion gallery downstream of the dam. The addition of a power station (third alternative) without storage would allow to turbine also parts of the remaining suspended sediments not collected by the sand trap and otherwise ending in the reservoir. This would also allow re-establishing a certain river alluvial dynamics in the downstream reach.

The analysis and evaluation of the sediment management alternatives show their typical advantages and insufficiencies. It also highlighted the necessity of a simultaneous implementation of the three alternatives in order to stabilize the reservoir sedimentation.

Zusammenfassung

Zwei wesentliche Aspekte des Gewässersystems vom Turtmanntales wurden analysiert: die Hydrologie einerseits, der Feststofftransport und die alluvial Dynamik andererseits. Eine numerische Simulation des natürlichen hydrologischen Regimes die Turtmännä

wurde durchgeführt, dies um den Einfluss der Stauanlage aufzuzeigen. Die Studie zeigt, dass die alluviale Dynamik der Turtmänner durch den Stausee der Gougra stark reduziert wird.

Das Speichervolumen der Turtmann Reservoirs, welches in unmittelbarer Nähe des Gletscher liegt, hat sich wegen starkem Sedimenteintrag seit seinem ersten Einstau erheblich verringert. Um dem Problem des jährlichen Volumenverlust entgegenzuwirken, werden einige technische Varianten zur nachhaltigen Sedimentbewirtschaftung vorgeschlagen. Die erste Alternative besteht in einem bei gesenktem Stauspiegel durchgeführten, zusätzlich zur jährlichen Spülung zu erfolgenden Austrag von abgelagerten Feststoffen. Diese werden durch mechanische Mittel und Dank zugeleitetem Sauberwasser aus dem im Nachbartal gelegenen Moiry Staubecken aus dem Speicher gespült, wobei die Sedimentkonzentrationen überwacht und begrenzt werden kann. Als zweite Variante käme eine oberhalb des Speichers gelegene Wasserfassung mit nachgeschaltetem Sandfang in Frage. Der Entsander kann den Eintrag von Feststoffen in den Stausee stark reduzieren, indem er eine beträchtliche Menge an Sedimente zurück hält, welche durch regelmässige automatische Spülungen durch einen Umleitstollen ins Unterwasser des Sees geführt werden. Durch die Ergänzung mit einem Laufkraftwerk (dritte Alternative) könnte auch noch ein wesentlicher Anteil der Schwebstoffe aus dem Stausee herausgehalten werden. Diese Alternative würde zudem die Flussdynamik positiv beeinflussen.

Die Studie und die Auswertung der technischen Varianten zur nachhaltigen Sedimentbewirtschaftung belegen deren typische Vorteile und Schwächen. Die Notwendigkeit einer gleichzeitigen Realisierung der drei Alternativen wird aufgezeigt, um den Verlust an Speicherkapazität durch Auflandung zu stabilisieren.

Résumé

L'analyse de l'hydrosystème de la vallée de la Tourtemagne en Valais se concentre notamment sur deux aspects essentiels: l'hydrologie tout d'abord et le transport solide et la dynamique alluviale ensuite. La modélisation numérique du bassin versant à l'état naturel et dans son état aménagé a notamment permis de mettre en évidence l'influence des aménagements hydroélectriques sur le régime hydrologique naturel.

La capacité du réservoir de Tourtemagne, situé au pied d'un glacier en retrait, s'est notablement réduite sous l'effet de l'alluvionnement. Cette problématique a tout d'abord été mise en évidence par une estimation de l'alluvionnement annuel de la retenue et une étude granulométrique des sédiments rencontrés. Plusieurs variantes de gestion des sédiments ont ensuite été élaborées. La première consiste en un curage à lac vide suite à la purge annuelle. Les matériaux déposés dans la retenue sont mobilisés par des moyens mécaniques et injectés à proximité de la vidange de fond. Le débit nécessaire au transport et à la dilution vient par siphonage du lac de Moiry situé dans la vallée voisine. Il est ainsi possible de contrôler et de limiter le taux des matières en suspension dans le cours d'eau aval. La seconde variante repose sur la construction d'un dessableur à l'amont de la retenue. Les sédiments recueillis sont ensuite évacués à l'aval de la retenue par un système de purge via un canal de dérivation. Cette variante constructive peut être combinée avec une centrale au fil de l'eau autorisant de turbiner une certaine

concentration de matières en suspension rejetée par le dessableur. Cette alternative permet en outre de redynamiser le cours d'eau aval.

L'analyse et l'évaluation des différentes variantes de gestion des sédiments montre la nécessité de combiner les solutions complémentaires afin de stabiliser la dynamique alluviale de la retenue.

1. Introduction

La gestion globale des sédiments dans la vallée de Tourtemagne est initiée par le propriétaire de l'aménagement hydroélectrique et dictée en partie par les directives élaborées par le canton du Valais en matières de gestion des eaux concernant plus particulièrement l'établissement des rapports d'assainissement des cours d'eau et les purges et vidanges des retenues. Une approche globale est privilégiée, exigeant notamment de traiter les problèmes de manière systématique et pluridisciplinaire. Les différents domaines concernés par le rapport d'assainissement sont: l'hydrologie, l'hydraulique, le transport solide, l'écomorphologie, l'hydrobiologie, le paysage et les aspects socio-économiques. Une analyse globale de l'hydrosystème de la vallée de la Tourtemagne a ainsi été effectuée. Par sa volonté de trouver des solutions durables à la problématique de l'alluvionnement, l'exploitant de l'aménagement s'inscrit en partenaire du projet ALPRESERV.

1.1 Le projet ALPRESERV

Dans le cadre du programme INTERREG III B la Suisse participe au projet de l'UE ALPRESERV (www.alpreserv.org). Dix-sept partenaires de l'arc alpin collaborent dans le but de trouver des solutions durables pour la gestion des sédiments dans les réservoirs alpins. Le projet est divisé en neuf thèmes (Work-Packages), celui consacré à l'alluvionnement des retenues est coordonné par le groupe Suisse. Une des activités communes concerne l'aménagement de Tourtemagne, adopté comme site de projet pilote.

L'objectif final d'ALPRESERV est de créer un "manuel de bonnes pratiques" (best practice guide) consacré à la problématique de l'alluvionnement des réservoirs au niveau européen.

1.2 Le projet pilote de Tourtemagne

La Tourtemagne est un affluent de la rive gauche du Rhône, dont la confluence se situe à mi chemin entre Viège et Sierre. Son bassin versant a une superficie d'environ 109 km², dans une vallée assez encaissée avec une pente moyenne de 53%. Le point culminant du bassin versant est le Bishorn à 4'153 m s.m. et l'exutoire à Turtmann à 620 m s.m. La courbe hypsométrique du bassin versant montre que 80% de la surface se situe à plus de 2'000 m s.m. (Dufour 2004) et que la proportion en couverture de glacier est assez élevée puisque qu'elle est environ de 14 % (14.8 km²).

Le régime hydrologique naturel de la Tourtemagne est donc de type glaciaire dans la partie amont du bassin versant et nivo-glaciaire vers l'aval. La période des crues s'étend de juin à septembre, période de la fonte de neige et de glace.

Plusieurs aménagements hydroélectriques sont implantés dans la vallée et influencent le comportement de l'hydrosystème. Sur la partie supérieure du bassin versant, les Forces Motrices de la Gougtra (FMG) exploitent les eaux captées au barrage de Tourtemagne. La société anonyme Illsee Turtmann AG (ITAG) exploite quant à elle des aménagements situés sur la partie intermédiaire du bassin versant (Figure 1).

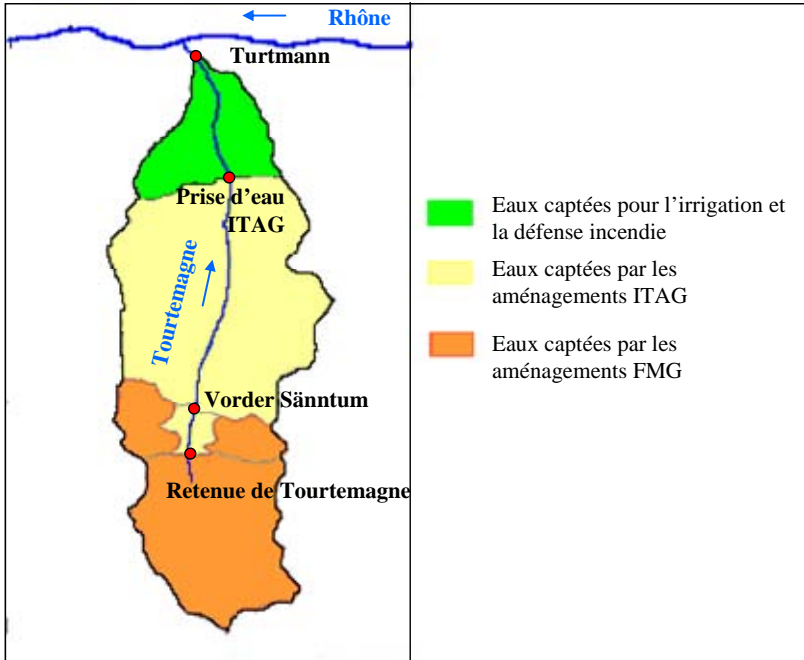


Figure 1 : Découpage du bassin versant de la Tourtemagne en fonction de l'exploitation des eaux

La retenue de Tourtemagne capte les eaux de toute la partie supérieure du bassin versant. Elle est formée par un barrage voûte d'une hauteur de 30 m et d'une longueur de 110 m au couronnement, créant un volume d'exploitation de 780'000 m³. Un bassin de décantation est constitué par une digue en amont immédiat de la retenue (Figure 3).

Toutes les eaux précipitées à l'amont du barrage sont captées et trois prises d'eau implantées sur des torrents latéraux, situées légèrement à l'aval du barrage, permettent d'augmenter la surface drainée (Figure 1). Une galerie d'amenée de 4.7 km de longueur avec une capacité de 8 m³/s suivie d'une conduite forcée achemine l'eau jusqu'à la centrale de Mottec dans le Val d'Anniviers après une chute de 613 m. La Figure 2 montre les différents aménagements mis en réseau par les FMG.

L'exploitant utilise les eaux de la Tourtemagne selon deux modes de gestion:

1. En été, les eaux sont transférées pour un stockage saisonnier dans la retenue de Moiry qui possède un volume utile beaucoup plus important (77 Mio m³). La retenue de Tourtemagne est utilisée comme bassin de compensation avec un stockage journalier: l'eau captée pendant la journée est pompée pendant la nuit vers la retenue de Moiry ou siphonnée lorsque la différence de niveau entre les deux retenues le permet. Les volumes accumulés pendant l'été sont ensuite turbinés en hiver à Mottec pendant les heures de pointe.
2. Durant le reste de l'année, les eaux sont directement turbinées à Mottec après un stockage de quelques jours, en fonction des apports.

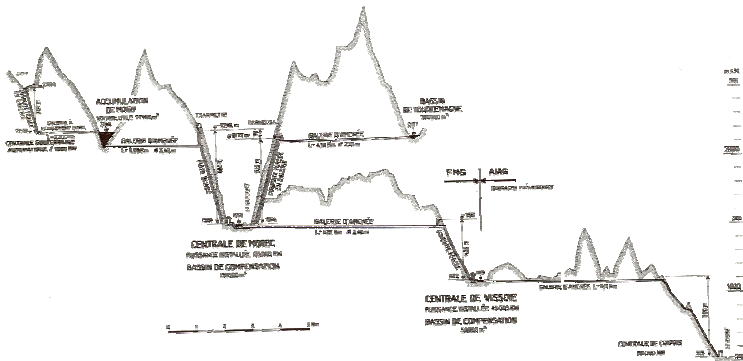


Figure 2: Profil en long schématique de l'aménagement des Forces Motrices de la Gougra (source: FMG)



Figure 3: Photo aérienne de la retenue de Tourtemagne avec le bassin de décantation amont (source: search.ch / Endoxon AG)

2. La problématique d'alluvionnement à Tourtemagne

2.1 Etude hydrologique

Le but recherché était de quantifier l'influence du barrage de Troustemagne sur le cycle annuel hydrologique du bassin versant. La modélisation hydrologique continue a été effectuée avec le logiciel Routing System II, développé au LCH (Dubois et Boillat 2005), incluant la modélisation hydrologique développée à l'HYDRAM de l'EPFL (Hingray et al. 2005). L'influence du barrage sur le régime hydrologique naturel a ainsi pu être mise en évidence.

Les résultats obtenus couvrent une période de 21 années, entre 1983 et 2003. La modélisation repose sur un découpage en 6 sous bassins versant et elle tient compte de la couverture glaciaire et du stock de neige. La Figure 4 montre le résultat de la simulation sous la forme des débits classés à l'entrée de la retenue de Tourtemagne.

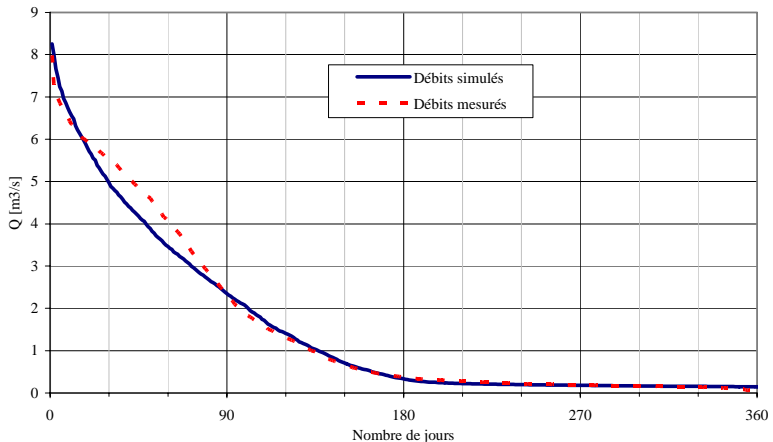


Figure 4: Courbe des débits classés mesurés et simulés à l'entrée de la retenue de Tourtemagne (moyenne de la période 1983 - 2003)

L'analyse du cycle annuel hydrologique requiert de bien connaître les différentes contributions composant les apports. Dans un régime glaciaire comme la Tourtemagne, elles varient fortement au cours de l'année:

- le débit de base provenant de la nappe phréatique est très faible pendant l'hiver et augmente en été lorsque le sol se charge d'eau provenant de la fonte des neiges;
- le débit superficiel peut être nul en hiver lorsque les précipitations tombent sous forme solide; il augmente au moment de la fonte des neiges lorsque le sol est saturé et présente des pics lors d'événements pluvieux en été et en automne;
- le débit provenant des glaciers est nul en hiver; il augmente au cours de l'été avec la fonte du stock de neige, puis est alimenté par la fonte du glacier proprement dite.

La simulation a permis de distinguer les différentes contributions au débit total (Figure 5).

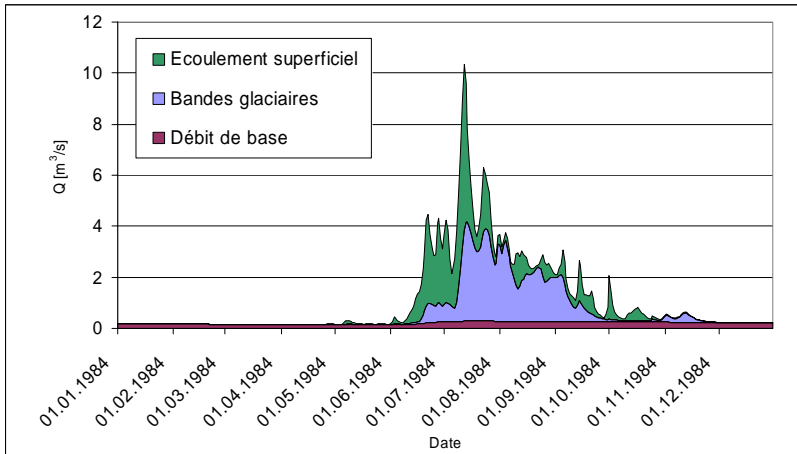


Figure 5: Décomposition des différentes contributions au débit pour l'année 1984

L'analyse hydrologique a été complétée par une étude statistique des crues au niveau du barrage. Les données disponibles mesurées des apports au barrage s'étalent sur 22 années (1983 à 2004). Une extrapolation jusqu'à une période de retour d'environ 50 ans est donc possible. Les éléments de l'analyse ainsi que les résultats démontrent qu'à l'amont du barrage les crues sont quasiment toutes d'origine glaciaire et de durée journalière, ce qui est logique puisque la surface glaciaire à ce niveau représente près de 40% de la surface totale.

2.2 Transport solide et dynamique alluviale

L'analyse du transport solide et de la dynamique alluviale du cours d'eau repose sur l'étude du profil en long et des particularités des différents tronçons. Une simulation numérique réalisée avec le logiciel Dupiro, développé au LCH, a ensuite permis de mettre en évidence l'influence du barrage sur la dynamique alluviale du cours d'eau. La Figure 6 représente le profil en long de la Tourtemagne depuis le barrage jusqu'à l'embouchure du Rhône. Elle contient également les aménagements hydroélectriques existants et les principaux torrents latéraux alimentant le cours d'eau. Pour étudier le transport solide et la dynamique alluviale, la Tourtemagne a été décomposée en 4 tronçons caractérisés principalement par leur pente moyenne (Figure 6).

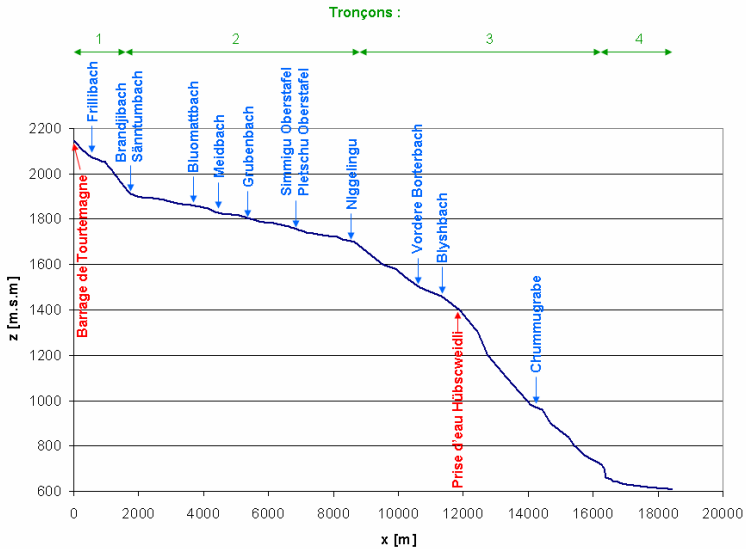


Figure 6: Découpage en tronçon du profil en long de la Tourtemagne, avec les ouvrages de retenue et les principaux torrents latéraux

La granulométrie du lit de la Tourtemagne est très étendue (Figure 7). Des parties très fines sont générées au niveau du glacier et transportées en suspension, alors que les fortes pentes du cours d'eau et des torrents favorisent le charriage de blocs de plusieurs dizaines de centimètres.

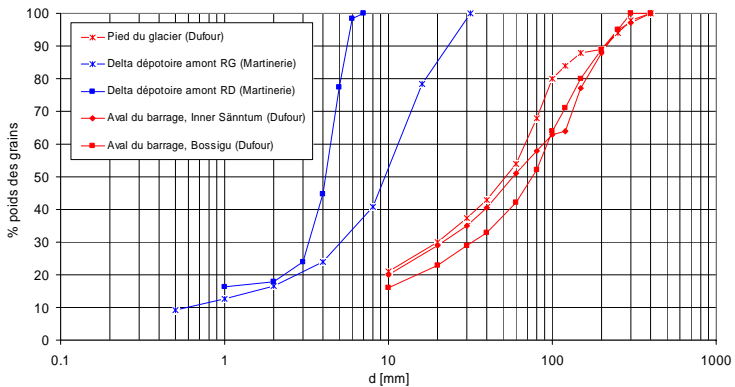


Figure 7: Distribution granulométriques à différents endroits caractéristiques de la Tourtemagne

Ce sont les tronçons situés juste à l'aval du barrage qui sont les plus influencés par ce dernier. Les résultats obtenus par la modélisation numérique des tronçons 1 et 2 à l'état

naturel de la Tourtemagne montrent que le lit de la rivière est en état de dégradation. Toutefois certaines formes du lit s'expliquent davantage par des considérations d'ordre géologique que de capacité de transport solide. Ainsi, le creusement du lit aux confluences des torrents latéraux est dû au fait que ces derniers se sont naturellement développés sur un axe plus vulnérable de la roche.

Le premier tronçon situé à l'aval immédiat du barrage a une capacité de transport élevée. A l'état naturel, il est alimenté en grande partie par le glacier aussi bien en débit liquide que solide. En se retirant, le glacier découvre une réserve importante de sédiments de toute taille. A ce niveau du bassin versant, les torrents latéraux sont très raides et peuvent charrier de grandes quantités de sédiments avec des blocs de grandes dimensions. La zone située au pied du glacier est de ce fait une zone où la dynamique alluviale est bien développée.

Le barrage de Tourtemagne a retenu la quasi totalité des apports solides et liquides provenant du glacier et des torrents latéraux. Il en résulte un déficit sur le cours d'eau aval qui entraîne une modification progressive de sa morphologie. Dans un premier temps, à la suite d'événements de crues et des premiers déversements au niveau du barrage, le lit a été érodé, surtout sur le premier tronçon situé juste à l'aval. Cet état de dégradation a dû être limitée par deux éléments: les débits occasionnés à l'aval du barrage pendant les déversements sont trop faibles et de durée trop courte pour produire une érosion massive; le pavage du lit par des particules plus grossières a permis de le renforcer et de le protéger. En l'état actuel, le pavage est bien développé et la dynamique alluviale du tronçon s'en trouve très limitée. Seuls des événements exceptionnels conduisant à des déversements importants sur le barrage sont susceptibles de provoquer la rupture de la couche de pavage et de conduire à une modification significative du profil en long de la Tourtemagne.

3. L'alluvionnement de la retenue de Tourtemagne

Le barrage de Tourtemagne a été construit à la fin des années 1950. Cet ouvrage est situé au pied d'un bassin versant sujet à l'érosion naturelle et susceptible de générer des apports sédimentaires très importantes. En effet, le bassin versant est composé d'une surface glaciaire qui libère de grandes quantités d'alluvions pendant la saison de fonte de glace. Le fort potentiel d'apports en matière solide du glacier est illustré à la Figure 8 où il est bien visible que le torrent creuse les dépôts de la moraine glaciaire. Ces illustrations montrent également l'étendue de la granulométrie des alluvions.

Les zones du bassin versant situées en dehors du glacier sont par ailleurs quasiment dépourvues de végétation et constituées de pentes très élevées (53% en moyenne), ce qui favorise le transport solide.



Figure 8: a) Nature des alluvions au pied du glacier; b) creusement du lit dans la moraine glaciaire (photos R. Martinerie)

Le barrage agit comme une barrière au transport solide, rendant l'alluvionnement de la retenue inévitable. Le volume initial du réservoir étant faible (0.78 Mio. m^3), son alluvionnement et la perte de volume utile qui en découle ont rapidement été dommageables à l'exploitation du barrage. Pour pallier cet inconvénient, un premier mur de protection en pierres a été construit à l'amont de la retenue. Aujourd'hui partiellement détruit, il a néanmoins permis de retenir une certaine quantité de matériaux, notamment les granulats grossiers (Figure 9a). En 1972, une digue de retenue des matériaux a été construite puis rehaussée par étapes (Figure 9b) pour arriver actuellement à une capacité de rétention de $150'000 \text{ m}^3$. La granulométrie des dépôts constitués dans ce dépotoir est très étendue avec la formation d'un delta à l'entrée de la retenue constitué de matériaux relativement grossiers, puis de dépôts de plus en plus fins à l'approche de la digue.

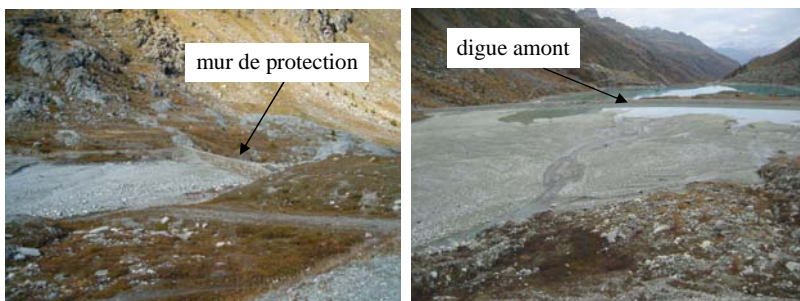


Figure 9: a) Mur de protection; b) Digue de retenue des matériaux (photos F. Jordan)

Pour évaluer la quantité annuelle de sédiments arrivant à la retenue, cinq levés bathymétriques ont été effectués depuis la construction du barrage. Ces relevés effectués en 1959, 1970, 1978, 1997 et 2002 permettent de calculer la perte de volume annuelle moyenne entre deux mesures. En considérant un alluvionnement constant depuis la construction de la digue, le volume annuel moyen est de $5'000 \text{ m}^3/\text{an}$. Environ $40'000 \text{ m}^3$ de matériaux ont été excavés pour la construction de la digue d'une part et pour libérer du volume utile d'autre part. Enfin, il faut considérer les volumes de

sédiments évacués lors des purges annuelles. Ces opérations sont réalisées depuis 1970 et le volume moyen évacué à chaque purge est d'environ 1'500 m³. Les différents volumes pris en compte pour évaluer le volume annuel moyen de sédiments entrant dans la retenue sont résumés dans le Tableau 1.

Période	Remplissage de la retenue	Remplissage du dépotoir	Purges	Volume utilisé pour la digue et excavations	Total
1959 - 1970	15'260	0	0	0	15'260
1970 - 1978	450	5'000	1'500	3'000	9'950
1978 - 1997	2'190	5'000	1'500	2'000	10'690
1997 - 2002	1'400	5'000	1'500	0	7'900

Tableau 1: Répartition des volumes annuels moyens de sédiments entrant dans à la retenue [m³/an]

Le volume annuel moyen de sédiments est ainsi estimé à 12'000 m³/an. Le bassin versant contributif ayant une superficie de 37.4 km², l'érosion spécifique moyenne vaut donc 320 m³/(an.km²) ou 0.3 mm/an.

Le dépotoir est actuellement quasiment plein. Si aucune mesure n'est prise, la retenue de Tourtemagne verra son volume utile diminuer rapidement, raison pour laquelle plusieurs variantes de gestion des sédiments sont étudiées.

4. Gestion des sédiments

4.1 Exploitation actuelle

Actuellement, des purges sont réalisées chaque année vers le mois d'octobre pour dégager la prise d'eau. Ces opérations permettent d'évacuer une certaine quantité de sédiments mais restent peu efficaces en regard de l'alluvionnement à long terme de la retenue. Les purges actuelles se déroulent selon les étapes suivantes:

- vidange de la tranche supérieure de la retenue (jusqu'à la prise d'eau) par turbinage à Mottec;
- ouverture progressive de la vanne de fond jusqu'à vidange complète de la retenue;
- ouverture de la vanne siphon à Mottec pour apport d'eau propre depuis Moiry;
- manœuvre de la vanne de fond pour provoquer des variations du plan d'eau et parfaire le nettoyage des abords de la vanne;
- fermeture de la vanne siphon à Mottec;
- vidange complète et contrôle technique des ouvrages;
- fermeture de la vanne de fond.

L'hydrogramme à la sortie de la vanne de fond de la purge effectuée en 2002 ainsi que l'évolution des matières en suspension (MES) sont représentés à la Figure 10. Conformément à l'arrêté sur les purges édité par le Conseil d'Etat du Valais, le taux de matières en suspension était mesuré toutes les 15 minutes au cours de la purge.

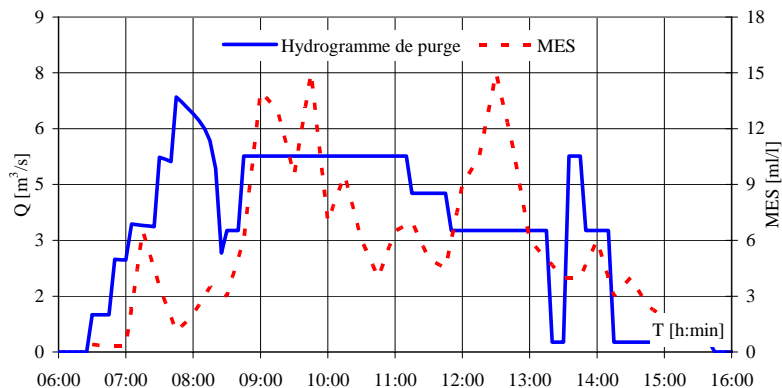


Figure 10: Hydrogramme reconstitué de la purge de 2002 et concentration de MES (Dufour 2002)

La connaissance du débit et de la concentration de MES permet de calculer le volume de sédiments évacués pendant la purge. En tenant compte d'un taux de vide des dépôts de 20%, la purge de 2002 a permis d'évacuer un volume de 1'100 m³. Le protocole de purge est identique pour les autres années et le volume évacué également. La concentration de matières en suspension mesurée lors des purges de 1995 à 2004 ainsi que les courbes enveloppes et le taux limite fixé par l'arrêté cantonal sont illustrés à la Figure 11.

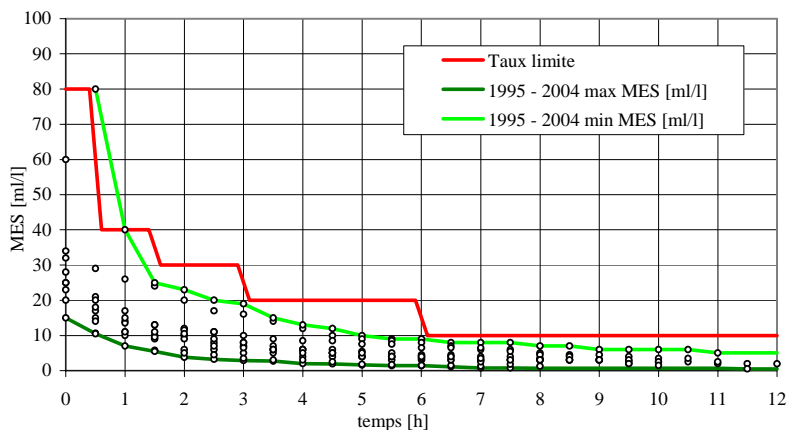


Figure 11: Concentration classée de MES mesurés au cours des purges de 1995 à 2004 avec les courbes enveloppes et taux limite autorisé

Ces mesures montrent que le taux limite fixé par la norme a toujours été respecté.

L'augmentation de la concentration de MES consécutive à l'opération de purge a inévitablement des répercussions sur l'écosystème de la rivière à l'aval de la retenue.

Les matières en suspension ont tout d'abord un effet direct sur la faune piscicole. Ensuite, lors de la diminution du débit dans la rivière, une sédimentation et un colmatage du lit sont observés, provoquant une perturbation des communautés de macrofaune benthique. Cette atteinte peut être réduite par un rinçage à l'eau claire à l'issue de la purge.

D'après l'expertise du bureau ECOTEC, les impacts des purges sont inévitables mais leur quantification reste difficile, surtout en ce qui concerne les effets à long terme. Dans le cas de rivières alpines d'altitude, certaines caractéristiques des eaux et des sédiments doivent néanmoins être prises en compte pour apprécier les impacts des purges. En particulier, la température basse de l'eau associée à des sédiments contenant très peu de matières organiques permet une plus faible diminution du taux d'oxygène dissout pour des taux de MES élevés. Dans le cas de la Tourtemagne, les alluvions remplissant la retenue sont pour la plupart d'origine glaciaire et donc de type minéral. Les eaux ont également une température très basse. Ces éléments jouent donc un rôle favorable quant aux impacts des purges de la retenue. L'expertise précise encore que les cours d'eau naturels ou quasi-naturels possèdent un plus grand pouvoir tampon car ils offrent, de par leur diversité morphologique, une protection suffisante aux organismes vivants pour leur permettre de supporter des concentrations en MES plus élevées. La dynamique alluviale de la Tourtemagne étant réduite sous l'effet du barrage, ce dernier point est plutôt défavorable dans ce cas.

Pour remédier à la problématique d'alluvionnement de la retenue, plusieurs solutions de gestion des sédiments ont été étudiées. Trois variantes principales ont été étudiées. La première consiste en une adaptation des purges actuelles. La seconde a pour but d'installer un dessableur à l'entrée de la retenue pour décanter les matières en suspension dans les eaux provenant du glacier.

4.2 Variante 1: Curage de la retenue après la purge

L'analyse des purges actuelles montre que la concentration de MES mesurées pendant les opérations (Figure 11) respecte assez largement le taux limite fixé par l'arrêté cantonal. L'idée de la variante 1 est d'utiliser cette réserve de tolérance pour procéder à un curage de la retenue lors des opérations de purge annuelles. Le volume de sédiments évacué au cours du temps pendant la purge est toutefois difficilement contrôlable, car il dépend notamment des apports annuels en MES et d'éventuels glissements de terrain dans la retenue en cours d'année.

En planifiant l'opération de curage le lendemain de la purge, la vidange de fond serait déjà dégagée et peu de sédiments seraient évacués à l'ouverture de celle-ci. En injectant des volumes de sédiments préparés à l'avance, la concentration de MES pourrait être contrôlée de manière assez précise. Enfin la mesure dans le cours d'eau de la concentration de MES à l'aide d'un cône Imhoff ou d'un turbidimètre permettrait de moduler l'injection des sédiments au cours de l'opération.

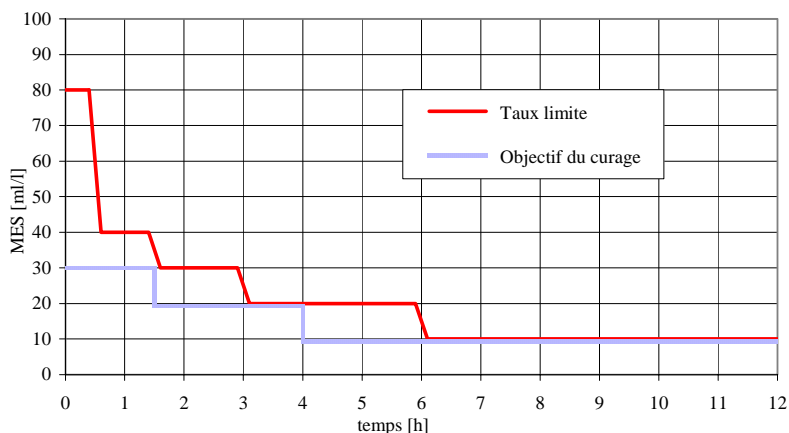


Figure 12: Objectif de la concentration de MES à atteindre pendant le curage en comparaison du taux limite fixé par l'arrêté cantonal

Pour respecter le taux de MES fixé par l'arrêté et limiter les atteintes à l'environnement, il est nécessaire de se fixer un objectif raisonnable concernant le taux de MES souhaité pendant le curage. Une telle opération étant assez délicate à exécuter, il faut conserver une bonne marge par rapport au taux limite, et notamment pour les valeurs de concentration élevées qui peuvent avoir des conséquences dommageables sur l'environnement. L'objectif décrit par la Figure 12 semble être raisonnable en comparaison du taux limite. Il peut être adapté en fonction des concentrations mesurées la veille, lors de la purge, notamment, si cette dernière a été particulièrement éprouvante pour l'écosystème (fort taux de MES mesuré). De plus, un suivi des atteintes à l'environnement en cours d'opération permettrait d'ajuster le taux de MES à atteindre lors des prochains curages.

En considérant la distribution de MES proposée à la Figure 12 et un débit constant, le volume de sédiments évacués est une fonction linéaire du débit injecté. Il s'élève à 650 m^3 évacué par m^3/s de débit siphonné depuis Moiry. Ainsi pour un débit de $4 \text{ m}^3/\text{s}$, le volume de sédiments évacué pendant le curage serait de $2'500 \text{ m}^3$. La durée de l'opération étant de 12 heures, le volume d'eau nécessaire s'élève à $172'800 \text{ m}^3$. Par ailleurs, il est nécessaire de considérer une période sans injection de sédiments au début de l'opération de curage au cours de laquelle le débit est augmenté progressivement pour permettre à la faune de trouver refuge dans des abris. De même, à la fin de la purge, il faut prévoir une période de rinçage du cours d'eau à l'eau claire, puis une réduction progressive du débit de manière à ne pas piéger les poissons dans des gouilles isolées. Ces deux périodes couvrent une durée d'environ deux heures pour une perte d'eau d'environ $15'000 \text{ m}^3$.

Pour mener à bien l'opération de curage il est nécessaire de préparer à l'avance les volumes de sédiment à injecter. Le taux de MES admis dans cette étude comprend 3 paliers sur les 12 heures de curage. Les volumes à préparer pour chaque palier sont

présentés dans le Tableau 2. La Figure 13 montre une possible disposition des tas et les moyens mécaniques à mettre en oeuvre pour l'opération.

Période [h]	MES [ml/l]	Volume brut [m ³]	Volume sur sol [m ³]	Diamètre du tas [m]	Hauteur du tas [m]
0 à 1.5	30	650	800	22	4
1.5 à 4	20	720	900	23	4
4 à 12	10	1150	1450	27	5

Tableau 2: Volumes de sédiments à préparer et dimensions des tas correspondants

Le volume de sédiment à introduire pendant le premier palier est disposé le plus près possible de la vidange de fond car le débit de sédiments à insérer est très élevé. De plus une bonne connaissance des conditions météorologiques doit être assurée afin de garantir le bon déroulement de l'opération.

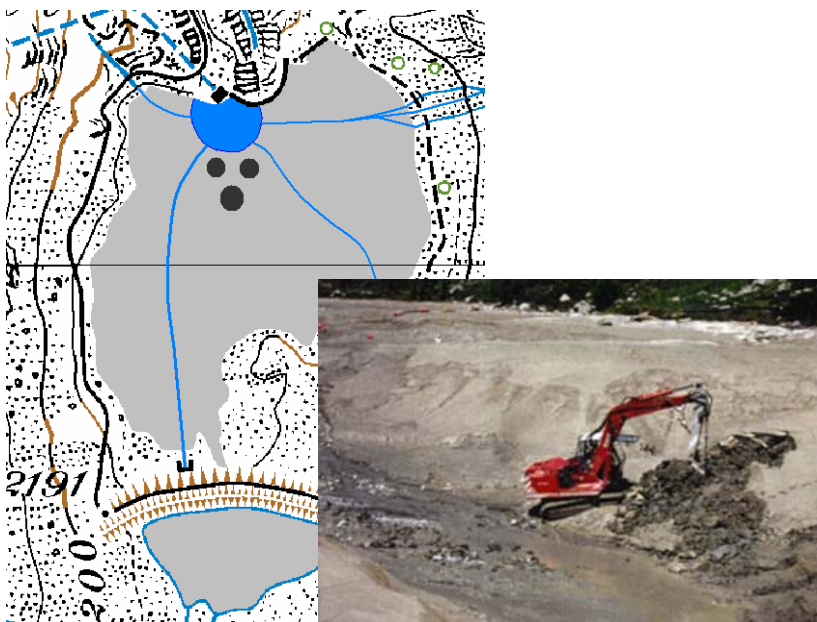


Figure 13: gauche: Disposition des tas dans la retenue pour le curage du bassin; droite: augmentation de l'efficacité du curage par déplacement des matériaux solides à l'intérieur de la retenue à l'aide de moyens mécaniques (photo D. Job, Colenco)

4.3 Variante 2: Dessablage des eaux de l'affluent principal

Cette variante consiste en la réalisation d'une prise d'eau tyrolienne à l'amont du bassin de retenue des sédiments. L'eau captée passe par un dessableur dans lequel une partie des matériaux fins et la totalité des matériaux plus grossiers se déposent. L'eau ainsi libérée de sa charge solide est ensuite restituée à la retenue de Tourtemagne. Les sédiments retenus dans le dessableur sont évacués par un système de purge automatique dans un canal contournant la retenue. L'eau de purge et les sédiments sont restitués à la rivière dans les gorges situées à l'aval du barrage (Figure 14).

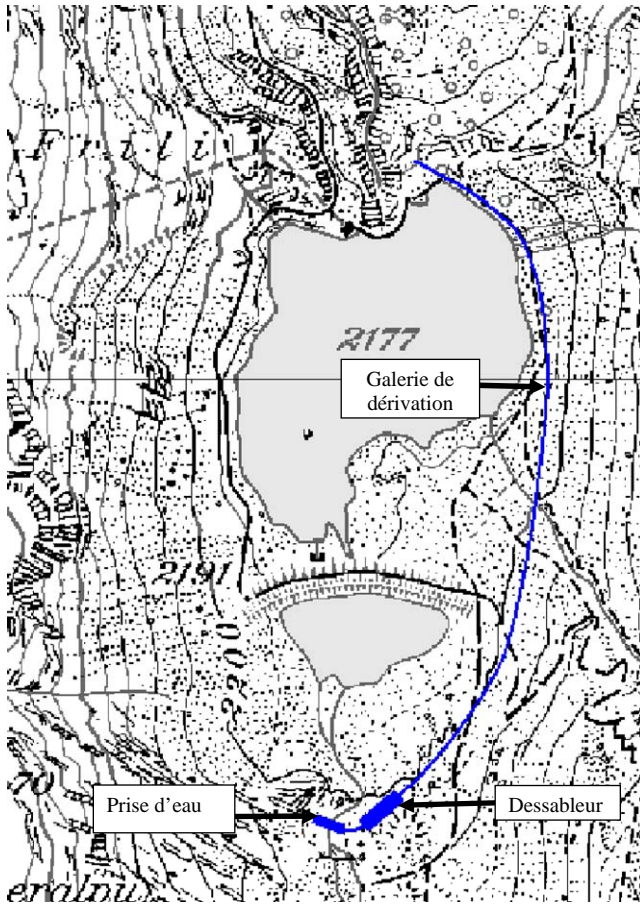


Figure 14: Disposition schématique des éléments principaux de la variante 2

Le prédimensionnement des différents ouvrages hydrauliques constituant cette variante a été effectué et son efficacité étudiée en tenant compte des débits et des volumes de sédiments. Du point de vue du transport solide, il a été estimé que 80 % du volume total de l'apport sédimentaire passera au droit de la prise d'eau, ce qui représente un volume annuel de 9'600 m³.

Sur la base du volume annuel, la relation empirique suivante a été utilisée:

$$Q_s = a \times Q^b$$

où Q_s est le débit solide de matière en suspension, a un coefficient de calage, Q le débit liquide et b un coefficient qui se situe entre 0.5 et 2 pour les grandes fleuves (Mulder and Syvitsky 1995) et plus de 2 pour des plus petits cours d'eau. En utilisant la valeur de 2.5 pour le coefficient b , le coefficient a a pu être calé de manière à obtenir un volume annuel de sédiments de 9'600 m³. Par cette relation, l'apport en MES sur un cycle annuel est déterminé.

Le volume charrié a été estimé par application de la formule de Smart & Jäggī (1983) qui relie le débit charrié au débit liquide après rupture de la couche de pavage.

La prise d'eau tyrolienne est dimensionnée de manière à ce que tous les débits moyens horaires soient captés. En effet le débit solide de MES variant avec le débit liquide à la puissance 2.5, il est judicieux de prévoir une prise d'eau de capacité suffisante pour capter tous les débits et ainsi la majeure partie de sédiments.

Le dimensionnement d'un dessableur pour la protection d'une usine hydroélectrique impose de retenir toutes les particules inférieures à un diamètre donné, ceci pour le débit de dimensionnement. Dans le cas de la protection d'une retenue contre l'alluvionnement, le problème se pose différemment, l'objectif étant de capter le volume maximal de sédiments pendant l'année. Ainsi le calcul de l'efficacité du dessableur doit être réalisé pour un débit de dimensionnement tenant compte de tous les débits transitant dans le dessableur au cours de l'année.

Le volume des sédiments piégés dans le dessableur s'élève à 115 m³. Ces matériaux solides sont évacués par un système de purge de type Bieri (www.bierihydraulik.ch) dans un chenal situé sous le dessableur. Le chenal de purge de pente 3.3% est raccordé à la galerie de dérivation contournant la retenue avec une pente constante de 2.4% et aboutissant à la gorge naturelle à l'aval du barrage.

4.4 Variante 3: Turbinage au fil de l'eau des eaux chargées

La construction d'un aménagement fonctionnant au fil de l'eau avec une prise d'eau située à l'entrée de la digue de retenue des sédiments permettrait d'augmenter la quantité de MES turbinées. La chute d'eau pourrait aller théoriquement jusqu'à Turtmann avec plus de 1'500 m de charge. Un dessableur efficace doit toutefois être prévu. Cette variante peut notamment être combinée à la variante 2 étudiée précédemment.

En effet, en considérant le dessableur de la variante 2, une quantité importante de sédiments fins pourrait être turbinée. Le Tableau 3 montre pour chaque tranche granulométrique, la part des sédiments dessablés, et la part sortant du dessableur.

Diamètre [mm]	Volume annuel entrant		Partie dessablée		Partie sortante	
	[m ³]	[%]	[m ³]	[%]	[m ³]	[%]
<0,01	289	3	0	0	289	100
0.01 à 0.03	963	10	0	0	963	100
0.03 à 0.05	866	9	0	0	866	100
0.05 à 0.07	866	9	0	0	866	100
0.07 à 0.1	963	10	0	0	962	100
0.1 à 0.2	1348	14	7	0	1341	100
0.2 à 0.3	1059	11	48	5	1011	95
0.3 à 0.4	674	7	114	17	560	83
0.4 à 0.5	385	4	138	36	247	64
0.5 à 0.7	289	3	180	62	109	38
0.7 à 1	289	3	289	100	0	0
1 à 2	578	6	578	100	0	0
2 à 30	866	9	866	100	0	0
TOTAL	9433	98	2219	24	7214	76

Tableau 3: Efficacité du dessableur en fonction de la granulométrie

Une part très importante de matériaux fins (<0.3 mm) n'est donc pas dessablée représentant plus de 7200 m³ pour le dessableur choisi dans la variante 2. Néanmoins il serait impossible de turbiner tous les débits sortant du dessableur. Le volume turbiné avec le dessableur proposé est estimé à 1800 m³/an par m³/s de débit d'équipement.

Une étude économique tenant compte de l'abrasion de la turbine permettra de définir le débit équipé optimal. Les débits supérieurs sont déversés dans la retenue. Cette variante est tout à fait envisageable mais elle implique la mise en œuvre de moyens très importants et une analyse économique poussée pour son optimisation.

5. Analyse des variantes et critères d'évaluation

Afin de déterminer une stratégie optimale de gestion des sédiments de la retenue de Tourtemagne, les différentes variantes de gestion des sédiments proposées doivent être analysées et évaluées selon différents critères adéquats. De plus, la gestion des sédiments devant s'inscrire dans une politique de développement durable, les critères doivent permettre une évaluation critique de chaque variante dans la perspective d'une gestion globale des sédiments à long terme. Ces critères d'évaluation sont décrits succinctement dans les paragraphes suivants.

5.1 *Efficacité*

Le premier critère considéré est l'efficacité d'évacuation des sédiments, exprimée en volume. Ce critère est déterminant, car le volume d'alluvions évacué grâce à chaque variante ne remplira pas la retenue et ne réduira pas son volume utile. Le critère « efficacité » est donc chiffré en volume de sédiments évacués par unité de temps, exprimé dans cette étude en m³/an. L'efficacité peut aussi être exprimé sous forme de temps : il s'agit alors de la durée nécessaire pour que le volume de la retenue soit réduit à 300'000 m³.

5.2 *Durabilité*

Le but final du projet étant la gestion à long terme des sédiments, la durabilité des variantes proposées est un critère primordial. Une différenciation importante est notamment faite entre une variante constructive et une variante d'exploitation. En effet, une fois construites, les ouvrages fonctionnent de manière autonome pour évacuer les sédiments. De plus, leurs coûts d'investissement sont importants lors de la construction et les coûts d'exploitation faibles. Une variante d'exploitation au contraire nécessite la mise en œuvre répétée de moyens importants.

5.3 *Incertitudes et adaptabilité*

La gestion des sédiments demande de prendre en considération des phénomènes naturels chargés de nombreuses incertitudes, liées notamment à l'hydrologie et au transport solide. Le dimensionnement de variantes de gestion des sédiments est également soumis à de nombreuses incertitudes. La robustesse des variantes face à ces incertitudes ainsi que leur éventuelle adaptation sont ainsi des critères d'évaluation importants.

5.4 *Environnement*

La présence d'un barrage sur un bassin versant naturel modifie sensiblement son comportement hydrologique et hydraulique et provoque une modification de l'équilibre du système (rupture de la continuité hydraulique et sédimentaire). Cependant, une nouvelle stratégie de gestion des sédiments aura également pour conséquence la modification du comportement du bassin versant (reprise partielle de la continuité du système hydraulique et sédimentaire) et de son écosystème. Les quantités de matières en suspension et de sédiments charriés, le contrôle de leur débit ainsi que la durée des phénomènes constituent des critères très importants.

5.5 *Economie*

La rentabilité de chaque variante est évidemment un aspect important à considérer. La réduction de l'alluvionnement, et donc de le gain de volume utile, permet une augmentation de la vente d'énergie de pointe et ainsi des bénéfices. Chaque variante engendre également des coûts d'investissement, d'exploitation et de maintenance. Cette étude aborde simplement et qualitativement quelques aspects économiques. Il conviendrait d'optimiser chaque variante ultérieurement sur la base d'une analyse coûts/bénéfices avant de les comparer définitivement.

6. Evaluation des variantes

6.1 Variante 1 : Curage de la retenue après la purge

6.1.1 Efficacité

En fixant comme objectif la courbe de matières en suspension (MES) de la figure 12 et un débit liquide constant pendant l'opération de curage, le volume de sédiments évacués est proportionnel au débit d'eau claire injectée. Sur les 12 heures de l'opération, 650 m³ sont évacués par m³/s de débit siphonné depuis Moiry. Le débit proposé est de 4 m³/s. Ainsi, le volume total de sédiments évacué pendant l'opération atteint 2'500 m³. Sur une durée 12 heures, le volume d'eau nécessaire s'élève à 172'800 m³.

6.1.2 Durabilité

Le curage de la retenue n'est pas une variante constructive et nécessite la mise en œuvre de moyens importants à chaque opération. Ce n'est donc pas une variante « durable » dans le sens qu'elle n'engendre aucune réduction de l'alluvionnement si aucun travail n'est fourni.

6.1.3 Incertitudes et adaptabilité

L'incertitude principale de cette variante réside dans le fait qu'il est difficile de prévoir l'état de sédimentation précédant la purge et le curage. Il est de ce fait difficile de prévoir comment disposer préalablement les sédiments à évacuer. Cette variante demande une adaptation pour chaque nouvelle opération. Néanmoins, l'adaptabilité est l'un des avantages de cette variante : cette dernière n'étant pas de type constructif, elle peut aisément être modifiée au cours des années.

6.1.4 Environnement

Les purges effectuées annuellement pour dégager la prise d'eau et la vidange de fond peuvent créer de fortes perturbations à l'écosystème situé à l'aval. Les impacts engendrés par les purges sont relativement aléatoires car ils dépendent du processus de sédimentation qui s'est déroulé au cours de l'année. Par exemple, une avalanche s'est produite en 1999 à Tourtemagne et a entraîné une quantité importante de sédiments dans la retenue. En conséquence, la purge de 1999 a été particulièrement éprouvante pour l'environnement avec un pic de MES de 300 ml/l. Les effets des purges sont donc difficilement prévisibles et contrôlables.

A l'opposé, l'opération de curage proposée consiste à suivre un taux objectif de MES, qui est assuré grâce à un contrôle du débit solide (préparation à l'avance des matériaux à évacuer) et du débit liquide (apports d'eau claire de Moiry). Le taux de MES est donc maîtrisé et les impacts à l'environnement peuvent être gérés.

De plus, grâce à un contrôle continu du taux de MES à l'aval, la quantité de sédiments évacués (taux objectif de MES) peut être adaptée au cours de l'opération. De même, un suivi des conséquences environnementales à court, moyen et long terme par un spécialiste permettra d'adapter l'opération au fil des ans.

Par ailleurs, il est nécessaire de respecter une période sans injection de sédiments au début de l'opération de curage, pendant laquelle le débit est augmenté progressivement pour permettre à la faune de se réfugier dans des abris. De même, à la fin de la purge, il

faut prévoir une période de rinçage à l'eau claire du cours d'eau, puis une diminution progressive du débit de manière à ne pas piéger les poissons dans des zones de faible profondeur d'eau. Ces périodes de pré et post curage représentent une durée d'environ deux heures pour une perte d'eau d'environ 15'000 m³.

6.1.5 Economie

Cette variante n'étant pas constructive, aucun investissement initial important n'est à considérer. Par contre, des moyens importants sont à mettre en œuvre chaque année. Des ressources importantes en personnel et en machines sont nécessaires, avec un rythme de travail soutenu le jour de la purge pour préparer les tas, ainsi que le jour de l'injection des sédiments.

6.2 Variante 2 : Dessablage des eaux de l'affluent principal

6.2.1 Efficacité

L'efficacité de cette variante dépend des dimensions données aux différents ouvrages utiles. Le but étant de dessabler toutes les eaux entrant dans la retenue, la prise d'eau est dimensionnée pour une crue annuelle.

Les dimensions du dessableur vont directement influencer le volume annuel de sédiments évacués. En considérant les débits liquides et solides (courbe des débits classés) arrivant pendant une année moyenne, le volume de sédiments évacués annuellement est calculé pour différentes dimensions du dessableur (Longueur L, largeur B, pour une hauteur h). La figure 15 montre les résultats de ce calcul pour une hauteur de 3.5 m.

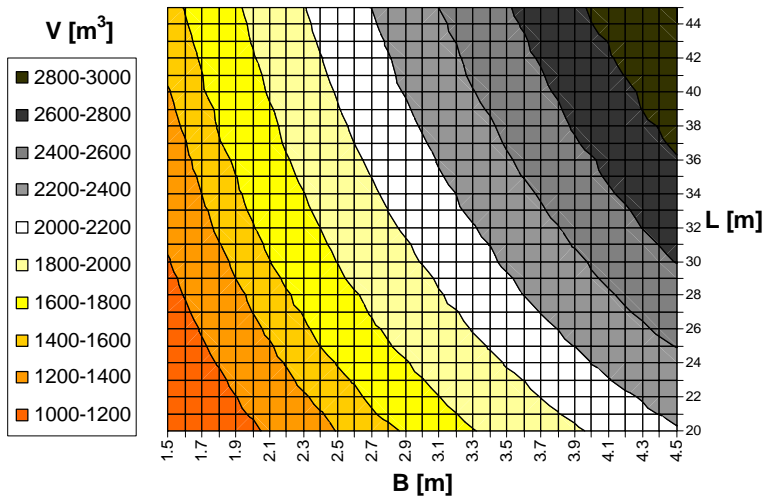


Figure 15 : Volume dessablé annuellement à Tourtemagne en fonction des dimensions d'un dessableur de hauteur $h=3.5$ m.

Ce graphique peut être utilisé pour trouver les dimensions optimales de l'ouvrage et faciliter l'implantation de l'ouvrage sur le site, plusieurs valeurs du couple longueur/largeur (L/B) étant possibles pour un même volume annuel de sédiments évacués. Pour le bon fonctionnement du dessableur, il convient de respecter la règle de l'art $B < L/8$.

6.2.2 Durabilité

L'aménagement proposé est un système fonctionnant de manière autonome, les purges pouvant être déclenchées automatiquement. Une fois construite, cette solution permet de réduire l'alluvionnement sur le long terme sans autre intervention et peut donc être qualifiée de durable. Seul le système de purge du dessableur nécessite un certain entretien.

6.2.3 Incertitudes et adaptabilité

Le dimensionnement d'un dessableur pour la protection d'une usine hydroélectrique impose le dessablage de toutes les particules inférieures à un diamètre donné pour le débit de dimensionnement. Dans le cas de la protection d'une retenue contre l'alluvionnement, le problème se pose différemment puisque le but est de capter le volume maximal de sédiments pendant l'année. Ainsi l'efficacité du dessableur ne doit pas être calculée pour un débit de dimensionnement, mais pour l'ensemble des débits qui passent dans le dessableur au cours de l'année. L'hydrologie est donc une première source d'erreur. D'autre part, le volume dessablé annuellement dépend fortement de la granulométrie choisie pour le dimensionnement. Le calcul de l'efficacité du dessableur a été effectué pour une courbe granulométrique moyenne intégrant les différents levés réalisés sur le site. D'autre part, une analyse de sensibilité sur la granulométrie a été effectuée en considérant trois distributions différentes qualifiées de fine, moyenne et grossière (figure 16).

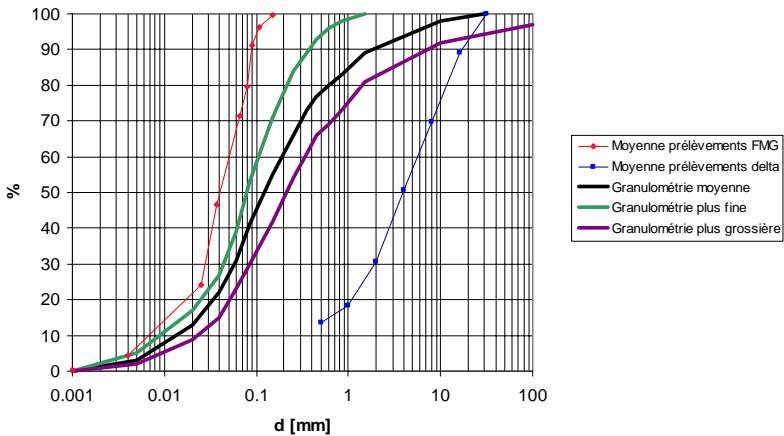


Figure 16 : Courbes granulométriques utilisées pour le calcul de l'efficacité du dessableur

Le calcul d'efficacité a été effectué pour ces trois courbes et pour trois dessableurs de dimensions différentes. Les résultats sont récapitulés dans le tableau 4.

Dimensions du dessableur de hauteur h=3.5 m		Volume annuel de sédiments dessablés [m ³] pour une granulométrie :		
Longueur [m]	Largeur [m]	Fine	Moyenne	Grossière
25	3	530	1'850	2'310
30	3.5	850	2'220	2'740
40	4	1'300	2'690	3'250

Tableau 4: Analyse de sensibilité sur la granulométrie : Volume de sédiments évacués annuellement [m³] en fonction de la granulométrie et des dimensions du dessableur

Ce tableau montre l'importance d'une bonne connaissance de la granulométrie pour dimensionner un dessableur efficace. Si cette variante devait être retenue par la suite, une analyse poussée de la granulométrie devrait être effectuée avant la construction, le dessableur étant difficilement adaptable par la suite.

6.2.4 Environnement

Les atteintes à l'environnement dépendent des purges du dessableur. Lors de cette opération des pics assez élevés de MES peuvent avoir lieu sur une courte période. De plus, les changements brusques de débit provoquent un marnage. Ces impacts peuvent être réduits grâce à une ouverture progressive du système de purge et une période de rinçage assez longue après chaque purge.

6.2.5 Economie

Cette variante est une solution constructive impliquant un investissement initial important. Cet investissement sera rentabilisé grâce à la diminution de perte de volume. Une étude économique approfondie permet de calculer les dimensions économiquement optimales en utilisant la figure 15.

6.3 Variante 3 : Turbinage au fil de l'eau des eaux chargées

6.3.1 Efficacité

Le but de cette variante étant de turbiner les MES non décantées dans le dessableur (variante 2), le volume de sédiments évacués annuellement par cette solution dépend de l'efficacité du dessablage des eaux, c'est-à-dire des dimensions du dessableur.

Par ailleurs, le volume annuel de sédiments évacués dépend directement du débit d'équipement de la centrale. Il se chiffre donc en m³ par m³/s de débit d'équipement de la centrale.

En considérant un dessableur de 30 m de long et de 3.5 m de large, le volume de MES turbiné annuellement s'élève à 1'800 m³ pour un débit d'équipement 1 m³/s à la centrale.

6.3.2 Durabilité

Une centrale au fil de l'eau est une variante constructive, qui une fois installée permet d'évacuer des sédiments de manière autonome. Néanmoins, le but étant de turbiner les MES, la turbine va se détériorer au cours du temps nécessitera des frais de maintenance. La figure 17 montre la part de MES dessablée ou non sur une année hydrologique moyenne (dessableur L=30 m et B=3.5 m).

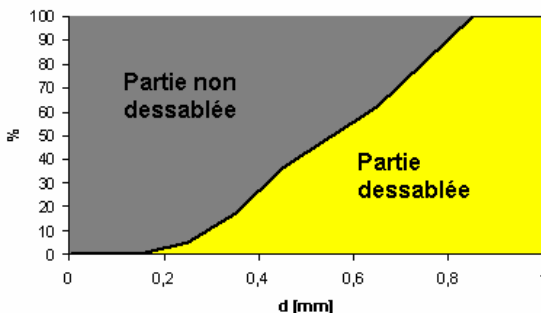


Figure 17 : Partie des sédiments dessablée en fonction du diamètre des particules pour une année hydrologique moyenne et pour un dessableur de dimensions L=30m, B=3.5m et h =3.5m

6.3.3 Incertitudes et adaptabilité

Comme pour la variante 2, l'incertitude réside dans la granulométrie des sédiments entrant dans la retenue. Néanmoins la variante 3 (centrale au fil de l'eau) permet de compenser en partie les incertitudes liées à la variante 2 (dessablage des eaux). En effet, si le dessableur fonctionne moins bien que prévu, plus de sédiments sortiront de celui-ci et la quantité de MES turbinée sera augmentée ou inversement. Une attention particulière doit également être portée à l'ouvrage de captage des eaux de la centrale, qui doit permettre de prélever le maximum de MES.

6.3.4 Environnement

Les eaux de restitution de la centrale ont un taux de MES plus faible que le taux naturel. De plus, le turbinage étant continu, cette variante n'entraîne pas de marnage. En comparaison de l'état actuel, une telle variante est certainement bénéfique du point de vue environnemental.

6.3.5 Economie

La construction d'une centrale au fil de l'eau implique un investissement important. Une étude économique tenant compte de l'exploitation de la centrale et des coûts de maintenance (abrasion de la turbine) doit être effectuée. Par ailleurs, cette variante implique la dérivation d'une certaine quantité d'eau qui ne sera plus utilisée par les aménagements actuels des FMG.

6.4 Matrice d'évaluation des variantes

Chaque variante a été évaluée pour les différents critères considérés. Le tableau 5 résume cette analyse comparative des différentes solutions proposées. Le critère économique n'apparaît pas dans ce tableau, une étude plus avancée (optimisation économique) étant préalablement nécessaire.

Variante	Efficacité	Durabilité	Incertitudes et adaptabilité	Environnement
1-Curage de la retenue	+++	-	++	-
2-Dessablage des eaux	+	+++	-	+
3-Centrale au fil de l'eau	+	++	-	++

Tableau 5: Matrice d'évaluation des variantes
(+++ : Excellent, ++ : bon, + : moyen, - : mauvais)

7. Gestion globale des sédiments

Actuellement, environ 12'000 m³ de sédiments alimentent la retenue et le dépotoir chaque année. Actuellement, la purge annuelle permet d'évacuer environ 1'500 m³/an. Le volume utile de la retenue a donc diminué considérablement depuis l'édification du barrage, malgré la construction de la digue et du dépotoir. Il était de 860'000 m³ en 1959 et ne vaut plus que 640'000 m³ actuellement. Le dépotoir est quasiment plein et sa fonction de décantation n'est plus assurée. Si aucune mesure n'est prise rapidement le volume utile de la retenue diminuera fortement pour atteindre 300'000 m³ d'ici une quarantaine d'années. A ce stade, l'exploitation du réservoir deviendra difficile.

Si l'une ou l'autre des variantes proposées était mise en œuvre, elle pourrait permettre de réduire l'alluvionnement de la retenue. Il serait de plus souhaitable de les combiner afin d'augmenter leur efficacité. La variante de curage (1) pourrait par exemple être combinée avec une ou l'autres des variantes constructives (2 et 3). Les deux variantes constructives proposées sont également compatibles. Il serait même envisageable de mettre en œuvre les 3 variantes ensemble.

La combinaison de variantes suivante peut ainsi raisonnablement être mise en œuvre :

1. Curage de la retenue après la purge (efficacité de 2'500 m³/an)
2. Dessablage des eaux arrivant à la retenue avec les dimensions proposées (efficacité de 2'200 m³/an)
3. Construction d'une centrale au fil de l'eau d'un débit équipé de 1 m³/s (efficacité de 1'800 m³/an)

En considérant de surcroît une purge de 1'500 m³/an, le volume total évacué s'élèverait à 8'000 m³/an, la perte de volume annuelle étant ainsi réduite de 60%. La diminution du

volume utile de la retenue à 300'000 m³ ne serait atteinte que d'ici une centaine d'années (combinaison 2).

Si l'opération de curage était réalisée 2 fois par année (5'000 m³/an), et le débit de la centrale au fil de l'eau augmenté à 1.8 m³/an, les apports en sédiments et les volumes évacués seraient en équilibre (combinaison 4).

Le tableau 6 décrit différentes combinaisons envisageables en comparaison avec l'état actuel. Ces combinaisons correspondent à différents scénarii de gestion des sédiments.

	Etat actuel	Combinaison 1	Combinaison 2	Combinaison 3	Combinaison 4
Purge	~1'500	~1'500	~1'500	~1'500	~1'500
1-Curage de la retenue	-	1 x 2'500	1 x 2'500	1 x 2'500	2 x 2'500
2-Dessablage des eaux	-	2'200	2'200	2'200	2'200
3-Centrale au fil de l'eau	-	-	1'800 (Q _d =1 m ³ /s)	3'200 (Q _d =1.8 m ³ /s)	3'200 (Q _d =1.8 m ³ /s)
Volume total évacué	~1'500	~6'200	~8'000	~9'400	~12'000

Tableau 6: Description et efficacité [m³/an] de différentes combinaisons de variantes

Le tableau 7 montre la perte de volume annuelle résiduelle pour chaque combinaison de variantes ainsi que la durée nécessaire pour que le volume utile de la retenue soit réduit à 300'000 m³.

	Etat actuel	Combinaison 1	Combinaison 2	Combinaison 3	Combinaison 4
Perte de volume annuelle résiduelle [m³/an]	~10'500	~5'800	~4'000	~2'600	~100
V = 300'000 m³ en :	2040	2065	2090	2135	~Equilibre

Tableau 7: Perte de volume annuelle résiduelle de la retenue et durée maximale jusqu' à la réduction du volume utile à 300'000 m³

8. Conclusions

La gestion globale des sédiments de la vallée de Tourtemagne est dictée en partie par les deux principales directives élaborées par le canton du Valais en matière de gestion des eaux. Elle répond de plus aux intérêts des propriétaires des aménagements hydroélectriques situés sur ce cours d'eau.

Les études concernant l'hydrosystème de la vallée de la Tourtemagne tiennent compte de l'hydrologie, du transport solide et de la dynamique alluviale. La modélisation numérique du système non aménagé a permis de mettre en évidence l'influence du

barrage de Tourtemagne, qui capte la quasi totalité des eaux et des sédiments de la partie supérieure du bassin versant.

La capacité du réservoir de Tourtemagne, situé au pied d'un glacier en phase de retrait, s'est considérablement réduite sous l'effet de l'alluvionnement. La progression annuelle de ce processus a été quantifiée et des analyses granulométriques permettent de qualifier la nature des sédiments rencontrés à l'amont, à l'intérieur et à l'aval du réservoir.

Plusieurs variantes de gestion des sédiments ont été étudiées. La première consiste en un curage à lac vide suite à la purge annuelle. Les matériaux déposés dans la retenue seront mobilisés par des moyens mécaniques et injectés à proximité de la vidange de fond. Le débit nécessaire au transport et à la dilution provient par siphonage ou pompage du lac de Moiry situé dans la vallée voisine. Ainsi, le taux de matières en suspension à l'aval du barrage peut être contrôlé et limité. La seconde variante consiste en la construction d'un dessableur à l'amont de la retenue captant l'affluent principal et sa charge sédimentaire. Les matériaux décantés sont évacués à l'aval de la retenue par un système de purge automatique et une galerie de dérivation. L'excédant des matériaux fins non décanté dans le dessableur peut encore être évacué à travers une centrale au fil de l'eau (troisième variante). Cette alternative permet de redynamiser le cours d'eau aval avec un débit liquide et solide, auquel s'ajoutent les particules plus grossières libérées par la purge automatique du dessableur.

Pour analyser et évaluer efficacement les différentes variantes, plusieurs critères ont été considérés. Ces critères sont l'efficacité, la durabilité, et la valeur économique. Les incertitudes et l'adaptabilité liées à chaque variante ainsi que les aspects environnementaux ont été également pris en compte. L'analyse des variantes selon ces critères a montré que chaque solution proposée possédait des avantages et des inconvénients parfois opposés, notamment en fonction de leur type, constructif ou d'exploitation. Une variante seule ne permet pourtant pas la résolution du problème d'alluvionnement de la retenue de Tourtemagne.

L'analyse a donc montré la pertinence de combiner les différentes solutions. Ainsi, les problèmes d'alluvionnement de la retenue de Tourtemagne pourraient être réduits voire résolus si des moyens plus importants étaient directement mis en œuvre. Une solution idéale serait la mise en œuvre simultanée des 3 variantes étudiées, celles-ci se révélant complémentaires.

Bibliographie

- Hingray B., Hamdi Y., Musy A.** *Modèle de prévision hydrologique du Rhône supérieur*, dans Communications du Laboratoire de constructions hydrauliques N° 21, ISSN 1661-1179, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, 2005
- Beyer Portner N.** *Erosion des bassins versants alpins par ruissellement de surface*; Communication LCH N° 6, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, 1998
- Boillat J.-L., De Cesare G., Schleiss A., Oehy Ch.** *Successful Sediment flushing conditions in Alpine Reservoirs*, Proc. of Intern. Workshop and Symposium on Reservoir Sedimentation Management, 26-27 Oct. 2000, Tokyo, pp. 155-167 (traduit en Japonais)
- Boillat J.-L., Dubois J., De Cesare G., Bollaert E.** *Sediment Management Examples in Swiss Alpine Reservoirs*, Proc. of Intern. Workshop and Symposium on Reservoir Sedimentation Management, 26-27 Oct. 2000, Tokyo
- Boillat J.-L., Oehy Ch., Schleiss A.** *Reservoir Sedimentation Management in Switzerland*, Proc. 3rd World Water Forum, Challenges to the Sedimentation Management for Reservoir Sustainability, March 2003, pp. 143 – 158
- Bouvard M.** *Barrages mobiles et ouvrages de dérivation*; IAHR, 1984
- Bravard J.P., Petit F.** *Les cours d'eau, dynamique du système fluvial*; Armand Colin, 2002
- De Cesare G., Beyer Portner N. A., Boillat J.-L., Schleiss A.** *Modelling of erosion and sedimentation based on field investigation in Alpine hydropower schemes*, Proc. 3rd International Conference on Hydroscience and Engineering, Cottbus, Berlin, Vol. 3, 1998
- Dubois J.** *Simulation des systèmes hydrauliques et hydrologiques complexe: Routing System II*, dans Communications du Laboratoire de constructions hydrauliques N° 21, ISSN 1661-1179, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, 2005
- Dufour J.C.** *Assainissement des cours d'eau en Valais et Analyse de l'hydrosystème du bassin versant de la Tourtemagne*, Travail Postgrade LCH, non publié, 2004
- Jenzer J., De Cesare G., Hauenstein W.** *Nachhaltiges Sedimentmanagement in alpinen Speichern; EU-Projekt "ALPRESERV" im Rahmen von Interreg III B*, Wasser, Energie, Luft - Eau, Energie, Air // Jahrgang 97, Heft 3/4-2005, pp. 77-78
- Mulder T., Syvitsky J. P. M.** *Turbidity Currents generated at River Mouths during exceptional Discharges to the World Oceans*, The Journal of Geology, Vol. 103, pp. 285-299, University Press of Chicago, 1995
- Ramez P.** *Erosion et transport solide en rivière*, tome 1, CEMAGREF, 1993
- Smart G., Jäggi M.** *Sediment transport in steilen Gerinnen*, Communication N°64, VAW-ETHZ, 1983

Remerciements

La présente étude a été effectuée dans le cadre d'un travail pratique de master EPFL en génie civil et du projet de l'Union Européenne ALPRESERV, partie du programme INTERREG III B. Les auteurs remercient toutes les personnes ayant contribué à sa réalisation notamment le Dr Jérôme Dubois (LCH), M. Pierre-Benoit Raboud (Service des forces hydrauliques), M. Jean-Christophe Dufour (Idealp) et M. Geoges-Alain Zuber (FMG). Enfin, les données météorologiques ont été fournies par MétéoSuisse.

Adresse der Autoren

Rémi Martinerie, Giovanni De Cesare, Frédéric Jordan et Jean-Louis Boillat
Laboratoire de Constructions Hydrauliques (LCH)
Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)
1015 Lausanne, Schweiz
Tél.: +41 21 693 23 85
<http://lchwww.epfl.ch>
remi.martinerie@epfl.ch, giovanni.decesare@epfl.ch,
fred.jordan@epfl.ch, jean-louis.boillat@epfl.ch

Interreg IIIB - Projet Alpreserv

Gestion durable des sédiments dans des réservoirs alpins tenant compte des aspects écologiques et économiques / Nachhaltiges Sedimentmanagement in alpinen Speichern unter Berücksichtigung von ökologischen und ökonomischen Aspekten

**Conférence sur la problématique de la sédimentation dans les réservoirs
Tagung über die Problematik der Stauseeverlandung**

Sion, 20 septembre 2005 / 20. September 2005

Session 2

**Bases légales
Gesetzesgrundlagen**

Modérateur / Sessionsleiter

Johannes Maier

Office fédéral des eaux et de la géologie (OFEG), Bienne
Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG), Biel

The European Union Water Framework Directive

Sven Hartmann

Cadre légal dans le canton du Valais

Pierre-Benoît Raboud

Interreg IIIB - Projet Alpreserv

Gestion durable des sédiments dans des réservoirs alpins tenant compte des aspects écologiques et économiques / Nachhaltiges Sedimentmanagement in alpinen Speichern unter Berücksichtigung von ökologischen und ökonomischen Aspekten

Conférence sur la problématique de la sédimentation dans les réservoirs Tagung über die Problematik der Stauseeverlandung

Sion, 20 septembre 2005 / 20. September 2005

The European Union Water Framework Directive

Sven Hartmann

Abstract

The EU Water Framework Directive (WFD), which is widely described as the most important, far-reaching water legislation ever to emerge from the EU, came into force in 2000. Its timetable for implementation extends over 15 years, requiring good ecological status to be achieved by 2015. The aim of WFD is to 'establish a Community framework for the protection of inland surface waters, transitional waters, coastal waters and groundwater, in order to prevent and reduce pollution, promote sustainable water use, protect the aquatic environment, improve the status of aquatic ecosystems and mitigate the effects of floods and droughts'. It updates and consolidates existing piecemeal EU water legislation, whilst establishing a new, integrated approach to water protection, improvement and sustainable use.

1. Introduction

Early European water legislation began, in a "first wave", with standards for those European rivers and lakes used for drinking water abstraction in 1975, and culminated in 1980 in setting binding quality targets for drinking water. It also included quality objective legislation on fish waters, shellfish waters, bathing waters and groundwater. Its main emission control element was the Dangerous Substances Directive. In 1988 the existing legislation was reviewed identifying a number of improvements that could be made and gaps that could be filled. This resulted in the second phase of water legislation, the first results of this were, in 1991, the adoption of the Urban Waste Water Treatment Directive, the Nitrates Directive, addressing water pollution by nitrates from agriculture, a new Drinking Water Directive, reviewing the quality standards and, where necessary, tightening them, and a Directive for Integrated Pollution and Prevention Control, adopted in 1996, addressing pollution from large industrial installations.

Pressure for a fundamental rethink of Community water policy came to a head in mid-1995: The Commission, which had already been considering the need for a more global approach to water policy, accepted requests from the European Parliament's environment committee and from the Council of environment ministers. Whilst EU actions such as the Drinking Water Directive and the Urban Waste Water Directive can duly be considered milestones, European Water Policy had to address the increasing awareness of citizens and other involved parties for their water. This is why the new European Water Policy was developed in an open consultation process involving all

interested parties. The outcome of this consultation process was a widespread consensus that, while considerable progress had been made in tackling individual issues, the current water policy was fragmented, in terms both of objectives and of means. All parties agreed on the need for a single piece of framework legislation to resolve these problems. In response to this, the Commission presented a Proposal for a Water Framework Directive (WFD) with the following key aims:

- expanding the scope of water protection to all waters, surface waters and groundwater,
- achieving "good status" for all waters by a set deadline,
- water management based on river basins,
- "combined approach" of emission limit values and quality standards,
- getting the prices right,
- getting the citizen involved more closely,
- streamlining legislation.

As part of a substantial restructuring of EU water policy and legislation, the Directive establishing a new framework for Community action in the field of water policy (2000/60/EC) was agreed by the European Parliament and Council in September 2000 and came into force on 22nd December 2000.

2. Key Objectives

The WFD sets a framework for comprehensive management of water resources in the European Community, within a common approach and with common objectives, principles and basic measures. It addresses inland surface waters, estuarine and coastal waters and groundwater. The fundamental objective of the Water Framework Directive aims at maintaining "high status" of waters where it exists, preventing any deterioration in the existing status of waters and achieving at least "good status" in relation to all waters by 2015. Member States will have to ensure that a co-ordinated approach is adopted for the achievement of the objectives of the WFD and for the implementation of programmes of measures for this purpose. The objectives of the WFD are:

- to protect and enhance the status of aquatic ecosystems (and terrestrial ecosystems and wetlands directly dependent on aquatic ecosystems),
- to promote sustainable water use based on long-term protection of available water resources,
- to provide for sufficient supply of good quality surface water and groundwater as need for sustainable, balanced and equitable water use,
- to provide for enhanced protection and improvement of the aquatic environment by reducing/ phasing out of discharges, emissions and losses of priority substances,
- to contribute to mitigating the effects of floods and droughts,
- to protect territorial and marine waters,
- to establish a register of 'protected areas' e.g. areas designated for protection of habitats or species.

The directive rationalises and updates existing water legislation by setting common EU wide objectives for water. It is very broad in its scope and relates to water quality in rivers, lakes, canals, groundwater, transitional (estuarine) waters and coastal waters out a distance of at least one nautical mile on the basis of River Basin Districts (RBD's). The main activities for the implementation of the WFD will take place in the context of River Basin Management Projects led by local authorities. The overall objective of river basin projects is to establish an integrated monitoring and management system for all waters within a RBD, to develop a dynamic programme of management measures and to produce a River Basin Management Plan, which will be continually updated. Central to the Water Framework Directive is a requirement for Member States to encourage the active involvement of all interested parties in its implementation.

3. General Approach

3.1 River Basin Management

The best model for a single system of water management is management by river basin - the natural geographical and hydrological unit - instead of according to administrative or political boundaries. "For river basins extending beyond the boundaries of the Community, Member States should endeavour to ensure the appropriate coordination with the relevant non-member States." (Directive 2000/60/EC, Preamble (35)). Initiatives taken forward by the States concerned for the Maas, Schelde or Rhine river basins have served as positive examples of this approach, with their cooperation and joint objective-setting across Member State borders, or in the case of the Rhine even beyond the EU territory. While several Member States already take a river basin approach, this is at present not the case everywhere. For each river basin district - some of which will traverse national frontiers - a "river basin management plan" will need to be established and updated every six years, and this will provide the context for the co-ordination requirements identified above.

3.2 "Good status" for all waters by a set deadline

"Member States should aim to achieve the objective of at least good water status by defining and implementing the necessary measures within integrated programmes of measures, taking into account existing Community requirements. Where good water status already exists, it should be maintained. For groundwater, in addition to the requirements of good status, any significant and sustained upward trend in the concentration of any pollutant should be identified and reversed." (Directive 2000/60/EC, Preamble (26)).

There are a number of objectives in respect of which the quality of water is protected. The key ones at European level are general protection of the aquatic ecology, specific protection of unique and valuable habitats, protection of drinking water resources, and protection of bathing water. All these objectives must be integrated for each river basin. While the last three apply only to specific bodies of water ecological protection should apply to all waters: the central requirement of the Treaty is that the environment be protected to a high level in its entirety.

For this reason, a general requirement for ecological protection, and a general minimum chemical standard, was introduced to cover all surface waters. These are the two elements "good ecological status" and "good chemical status". Good ecological status is

defined in Annex V of the Water Framework Proposal, in terms of the quality of the biological community, the hydrological characteristics and the chemical characteristics. As no absolute standards for biological quality can be set which apply across the Community, because of ecological variability, the controls are specified as allowing only a slight departure from the biological community which would be expected in conditions of minimal anthropogenic impact. Good chemical status is defined in terms of compliance with all the quality standards established for chemical substances at European level. The Directive also provides a mechanism for renewing these standards and establishing new ones by means of a prioritisation mechanism for hazardous chemicals. This will ensure at least a minimum chemical quality, particularly in relation to very toxic substances, everywhere in the Community.

“In cases where a body of water is so affected by human activity or its natural condition is such that it may be unfeasible or unreasonably expensive to achieve good status, less stringent environmental objectives may be set on the basis of appropriate, evident and transparent criteria, and all practicable steps should be taken to prevent any further deterioration of the status of waters.” (Directive 2000/60/EC, Preamble (31)). It is obvious that a misunderstanding of the relevance of a water body being designated heavily modified exists. Heavily modified water bodies (HMWB) will still have to meet protection and restoration targets. The emphasis for HMWB will be on improvement (where necessary) towards good ecological potential.



Picture 1: Objectives of the Water Framework Directive for the Status of Waters.

The case of groundwater is somewhat different. The presumption in relation to groundwater should broadly be that it should not be polluted at all. The approach taken by the Community is to comprise a prohibition on direct discharges to groundwater, and (to cover indirect discharges) a requirement to monitor groundwater bodies so as to detect changes in chemical composition, and to reverse any anthropogenically induced upward pollution trend. Taken together, these should ensure the protection of groundwater from all contamination, according to the principle of minimum anthropogenic impact. Quantity is also a major issue for groundwater. There is only a certain amount of recharge into a groundwater each year, and of this recharge, some is needed to support connected ecosystems (whether they be surface water bodies, or terrestrial systems such as wetlands). For good management, only that portion of the overall recharge not needed by the ecology can be abstracted - this is the sustainable resource, and the Directive limits abstraction to that quantity.

One of the innovations of the Directive is that it provides a framework for integrated management of groundwater and surface water for the first time at European level.

3.3 *The River Basin Management Plan*

The plan is a detailed account of how the objectives set for the river basin (ecological status, quantitative status, chemical status and protected area objectives) are to be reached within the timescale required. The plan will include all the results of intensive analysis: the river basin's characteristics, a review of the impact of human activity on the status of waters in the basin, estimation of the effect of existing legislation and the remaining "gap" to meeting these objectives; and a set of measures designed to fill the gap. One additional component is that an economic analysis of water use within the river basin must be carried out. This is to enable a rational discussion on the cost-effectiveness of the various possible measures. As part of it Member States will be required to ensure that the price charged to water consumers - such as for the abstraction and distribution of fresh water and the collection and treatment of waste water - reflects the true costs.

3.4 *Public Participation*

It is essential that all interested parties are fully involved in this discussion, and indeed in the preparation of the river basin management plan as a whole. There are two main reasons for an extension of public participation. The first is that the decisions on the most appropriate measures to achieve the objectives in the river basin management plan will involve balancing the interests of those who will be affected. The second reason concerns enforceability. The greater the transparency in the establishment of objectives the greater the care Member States will take to implement the legislation in good faith, and the greater the power of the citizens to influence the direction of environmental protection.

4. **Timetable for Implementation**

The Water Framework Directive sets out clear deadlines for each of the requirements. The key milestones are listed below.

Year	Issue	Reference
2000	Directive entered into force	Art. 25
2003	Transposition in national legislation	Art. 23
	Identification of River Basin Districts and Authorities	Art. 3
2004	Characterisation of river basin: pressures, impacts and economic analysis	Art. 5
2006	Establishment of monitoring network	Art. 8
	Start public consultation (at the latest)	Art. 14
2008	Present draft river basin management plan	Art. 13
2009	Finalise river basin management plan including programme of measures	Art. 13 & 11
2010	Introduce pricing policies	Art. 9
2012	Make operational programmes of measures	Art. 11
2015	Meet environmental objectives	Art. 4
2021	First management cycle ends	Art. 4 & 13
2027	Second management cycle ends, final deadline for meeting objectives	Art. 4 & 13

Picture 2: Timetable for implementation of the Water Framework Directive.

5. Conclusions

Much progress has been made in water protection in Europe, in individual Member States, but also in tackling significant problems at European level. But Europe's waters are still in need of increased efforts to get them clean or to keep them clean. The initiative generated by the present political process on the Water Framework Directive aims on:

- getting Europe's waters cleaner,
- getting the citizens involved.

References

Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council

<http://europa.eu.int/comm/environment/water/index.html>

Authors' Address

Sven Hartmann

Universität der Bundeswehr München/ German Armed Forces University Munich

Faculty for Civil Engineering and Geoinformation

Institute for Hydrosiences

Hydrodynamics and Hydraulic Structure Engineering

Werner-Heisenberg-Weg 39

85579 Neubiberg/ Germany

Tel.: +49 - (0)89 - 6004 2618

<http://www.bauw.unibw-muenchen.de/institute/inst6.1/index.html>

sven.hartmann@unibw-muenchen.de

Interreg IIIB - Projet Alpreserv

Gestion durable des sédiments dans des réservoirs alpins tenant compte des aspects écologiques et économiques / Nachhaltiges Sedimentmanagement in alpinen Speichern unter Berücksichtigung von ökologischen und ökonomischen Aspekten

Conférence sur la problématique de la sédimentation dans les réservoirs Tagung über die Problematik der Stauseeverlandung

Sion, 20 septembre 2005 / 20. September 2005

Cadre légal dans le canton du Valais

Pierre-Benoît Raboud

Abstract

The directive 2000 / 60 / CE of the European Parliament and council in the field of the water (which is presented in this session of conferences) fixes the analysis of the characteristics of every hydrographic district and of human activity incidence on waters, the economic analysis of the use of these and the establishment of a register of zones which require a special protection and, finally, the establishment of a management plan and of a program of measures. In Switzerland, the federal law on water protection fixes a similar program of action towards the cantons. In this frame, the canton Valais began the preliminary works of analysis from 1995 and set up an action plan of watercourses sanitation by catchment area, from October 2002, with the publication of directives as methodological working bases and the settling of a data bank (BD-EAUX). The practical works began in 2004 and will end at the end of 2007. This action plan requires a double effort: financial (about 1.5 mios Euros) and human (collaboration of five services of canton Valais, six public invitations to tender for the allocation of mandates to specialized offices and a public call for tender for the allocation of the mandate to a pilot office working as project manager). This approach of watercourses sanitation is a true challenge, because it proceeds on a multidisciplinary and transverse working approach, associating mainly municipalities and hydroelectric companies. Actually almost 80 % of the Rhone catchment area (5220 km²) is being studied.

Résumé

La directive cadre 2000/60/CE du Parlement et du Conseil européen dans le domaine de l'eau établit l'analyse des caractéristiques de chaque district hydrographique et de l'incidence de l'activité humaine sur les eaux, l'analyse économique de l'utilisation de celles-ci et l'établissement d'un registre des zones qui nécessitent une protection spéciale et, finalement, la mise sur pied d'un plan de gestion et d'un programme de mesures. En Suisse, la loi fédérale sur la protection des eaux définit un programme d'action similaire vis-à-vis des cantons. Dans ce cadre, le canton du Valais a commencé les travaux préliminaires d'analyse dès 1995 et a mis sur pied un plan d'action d'assainissement des cours d'eau par bassins versants, dès octobre 2002, par la publication de directives comme bases méthodologiques de travail et la mise au point d'une banque de données (BD-EAUX). Les travaux pratiques ont débuté en 2004 et se termineront à fin 2007. Ce plan d'action nécessite un double effort important: financier (env. 1.5 mios Euros) et humain (collaboration de cinq services cantonaux, six appels d'offres publics pour

l'attribution de mandats d'études à des groupements de bureaux spécialisés et un appel d'offres public pour le mandat de bureau pilote oeuvrant comme chef de projet). Cette approche d'assainissement est un vrai défi, puisqu'elle fonctionne sur une démarche multidisciplinaire et transversale de travail, associant principalement les communes et sociétés hydroélectriques concernées. Actuellement, env. 80 % du bassin versant du Rhône (5220 km²) est sous étude.

Zusammenfassung

Die Richtlinie 2000 / 60 / CE 23. Oktober 2000 des europäischen Parlaments und des Rates im Bereich der Wasserpolitik (die in dieser Konferenzsession präsentiert ist) legt die Analyse der Merkmale jeder Flussgebietseinheit und die Überprüfung Umweltauswirkungen menschlicher Tätigkeiten auf den Zustand der Gewässer, die wirtschaftliche Analyse der Wassernutzung, ein Verzeichnis der Zonen, für die ein besonderer Schutzbedarf festgestellt wurde, einen Bewirtschaftungsplan und ein Massnahmenprogramm fest. In der Schweiz, legt das Bundesgesetz über den Wasserschutz ein ähnliches Programm fest. In diesem Rahmen hat der Kanton Wallis die Vorarbeiten seit 1995 begonnen und einen Aktionsplan über die Gewässersanierung pro Einzugsgebiet seit Oktober 2002, durch die Realisierung eine Datenbank (BD-EAUX) und die Veröffentlichung von Richtlinien, auf die Beine gestellt, Die Arbeiten haben 2004 angefangen und werden Ende 2007 fertig sein. Dieser Aktionsplan erfordert eine doppelte Anstrengung: finanziell (ca. 1.5 mios Euros) und menschlich (Zusammenarbeit von fünf kantonalen Dienststellen, sechs öffentlichen Ausschreibungen für die Zuweisung der Aufträge an die Spezialbüros-Arbeitsgemeinschaften, eine öffentliche Ausschreibung für die Zuweisung des Auftrages an das Pilotbüro die als Projektchef wirkt). Diese Sanierungsbetrachtungsweise ist eine wahre Herausforderung, weil sie auf einer multidisziplinären und transversalen Arbeitsweise funktioniert, die hauptsächlich die Gemeinden und die Elektrizitätsgesellschaften betrifft. Heute sind zirka 80 % des Rotteneinzugsgebietes (5220 km²) unter Studien.

1. Introduction

Rappelons succinctement la directive cadre 2000/60/CE du Parlement et du Conseil européen dans le domaine de l'eau présentée dans cette session de conférences, dont l'objectif pour chaque Etat membre est d'effectuer dans un délai de 4 ans une analyse des caractéristiques de chaque district hydrographique, de l'incidence de l'activité humaine sur les eaux, de l'analyse économique de l'utilisation de celles-ci et d'établir un registre des zones qui nécessitent une protection spéciale. Neuf ans après l'entrée en vigueur de la directive, un plan de gestion et un programme de mesures doivent être élaborés au sein de chaque district hydrographique (objectif:mesures réalisées en 2014). Ceci permet de faire le lien avec le cadre légal suisse de la protection des eaux.

1.1 Exigences légales en Suisse

Les concessions octroyées pour l'utilisation des forces hydrauliques sont de longue durée (80 ans au max.) et c'est lors de leurs échéances que la situation des cours d'eau captés pourra être nettement améliorée par des mesures telles que: débit de dotation, mesures environnementales, etc. Dans ce cadre, la loi fédérale sur la protection des Eaux du 24 janvier 1991 (LEaux), entrée en vigueur au 1^{er} novembre 1992, prescrit ainsi aux Cantons l'obligation d'établir (pour des concessions encore en force):

- ❑ **un inventaire** des prélèvements d'eau existants (au sens de la LEaux article 82, alinéa 1 et de l'Ordonnance sur la protection des eaux (OEaux article 36). Cet inventaire cantonal des prélèvements a été transmis à la Confédération par le service de protection de l'environnement du canton du Valais en décembre 1995. Sur la base de cet inventaire, l'Etat devait définir les bassins versants nécessitant une démarche d'assainissement
- ❑ **et un rapport** indiquant l'étendue et la nature des mesures d'assainissement nécessaires.

L'établissement de l'inventaire en Valais n'a pas été problématique, par contre l'établissement de rapports d'assainissement, au sens de la LEaux, article 82, alinéas 2 et 3, devait être effectué et livré à la Confédération dans un délai de 5 ans à compter de l'entrée en vigueur de la LEaux, c'est à dire en octobre 1997. Ce délai n'était matériellement pas possible de tenir, ni le délai de réalisation des mesures d'assainissement fixé au 31 octobre 2007.

Heureusement, la Confédération a prolongé en 2003 ce délai de réalisation des mesures d'assainissement jusqu'en octobre 2012, ce qui est à nouveau raisonnable, même si cette réalisation prendra certainement un temps plus long, car les capacités humaines et matérielles du Canton sont limitées et le resteront probablement à l'avenir.

Ainsi, l'objectif du canton du Valais est de présenter en décembre 2007 un "rapport cantonal sur les assainissements" élaboré sur la base de **rapports d'assainissement établis pour chaque bassin versant sur la période 2004-2007**.

1.2 Directives élaborées pour fixer la méthodologie d'assainissement des cours d'eau et des purges et vidanges répétitives d'ouvrages d'accumulation

Pour un traitement homogène de la matière, le canton du Valais a édicté une directive d'assainissement des cours d'eau à l'intention des différents services de l'Etat concernés et des différents bureaux mandatés pour leur réalisation.

Finalité de la directive : la directive est un document officiel exposant l'interprétation que le canton du Valais fait des prescriptions légales en la matière. A ce titre, il s'agit d'un élément de référence pour toutes les institutions ou organismes intéressés par la démarche et d'un guide destiné aux instances et aux bureaux qui élaboreront de 2004 à 2007 des rapports d'assainissement. Cette directive doit faciliter la concrétisation d'**une politique d'assainissement global** souhaitée par le canton du Valais.

Esprit de la directive : la directive a été élaborée dans un esprit de gestion intégrée de l'eau, conformément au Plan directeur cantonal (**Fiche de coordination G.1.2: Gestion de l'eau**), c'est-à-dire:

- un esprit systémique (approche pluridisciplinaire);
- une approche globale, plutôt qu'une juxtaposition d'expertises sectorielles;
- une perspective d'utilisation des données récoltées dans un cadre plus large et valorisées à d'autres fins (purges et vidanges, mesures associées, mesures de revitalisation, etc.).

Pour mettre en pratique le concept de gestion intégrée de l'eau, les processus d'élaboration du rapport d'assainissement de chaque cours d'eau concerné et de la notice d'impact purges et vidanges définie dans une deuxième directive, celle des purges et vidanges relative aux ouvrages d'accumulation - env. 30 ouvrages sont soumis à des purges périodiques, dont l'ouvrage d'accumulation de Tourtemagne, projet pilote dans le

cadre du programme Interreg IIIB – sont combinées au niveau des cahiers des charges distribués aux bureaux spécialisés.

De cette manière, on assure d'une part une juste répartition des coûts d'étude entre l'Etat et les exploitants des aménagements hydroélectriques concernés par les purges et vidanges et, d'autre part, on analyse tous les facteurs qui influencent le cours d'eau concerné dans une approche commune et globale, ce qui en améliore l'efficacité.

Dans cet état d'esprit, il s'agit de développer toutes les synergies nécessaires entre la politique cantonale de protection contre les crues et de renaturation des cours d'eau et les opérations d'assainissement des cours d'eau, sans cependant nuire à la valorisation d'une énergie indigène renouvelable.

1.3 Types de mesures d'assainissement définies (4 types de mesures)

A titre de rappel historique, la directive sur l'assainissement des cours d'eau résulte d'une étude pilote réalisée sur 4 bassins versants (Borgne, Lienne, Lonza et Saaser Vispa) par deux groupements de bureaux conduits dans le cadre d'un groupe interdépartemental de travail coordonné par le Service des forces hydrauliques (SFH), en partenariat avec le Service de la protection de l'environnement (SPE), le Service des forêts et du paysage (SFP), le Service de la chasse, de la pêche et de la faune (SCPF) et le Service des routes et cours d'eau (SRCE). L'Association valaisanne des producteurs d'énergie électrique (AVPEE) a été intégrée dans ce groupe de travail.

Pour les cours d'eau, qui sont d'une part influencés sensiblement par des prélèvements existants (art. 80 al. 1 LEaux) et qui d'autre part traversent des biotopes et paysages inventoriés (art. 80 al. 2 LEaux), le canton du Valais a décidé de situer l'assainissement dans le cadre d'une **gestion intégrée à l'échelle du bassin versant**, visant à une amélioration de l'état général du cours d'eau (voir Fig. 1).

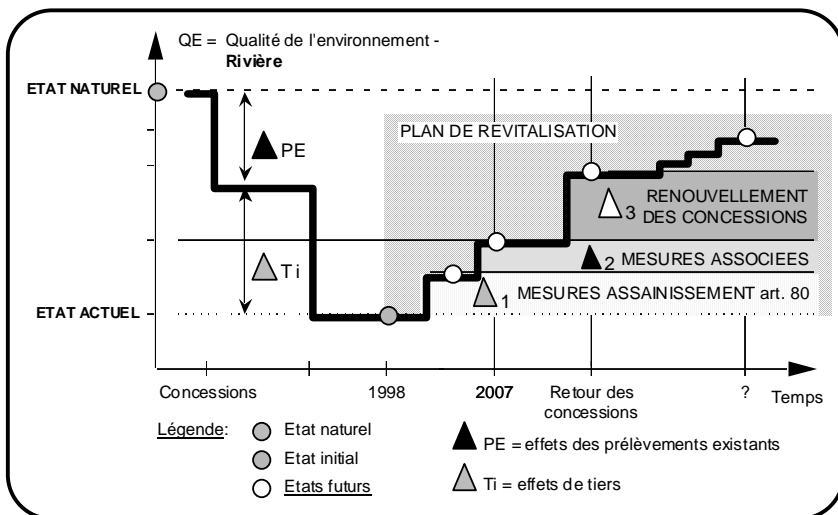


Figure 1: Gestion intégrée des cours d'eau

Les types de mesures sont:

1. **des mesures relevant de l'article 80 al. 1 LEaux** : *si un prélèvement influence sensiblement¹ un cours d'eau, il y a lieu dans ce cas d'assainir, dans la mesure du possible, le tronçon à débit résiduel, indépendamment du but du prélèvement : utilisation des forces hydrauliques ou irrigation. En ce qui concerne les forces hydrauliques, ces mesures sont effectuées sans que les droits d'utilisation existants soient atteints d'une manière ou d'une autre qui justifierait un dédommagement.* Ces mesures doivent donc être économiquement supportables pour le concessionnaire, tout en apportant un gain correspondant sous l'angle matériel économique et sécuritaire pour la satisfaction des impératifs écologiques en question.
2. **des mesures d'assainissement supplémentaires relevant de l'article 80 al. 2 LEaux.** Contrairement aux mesures précédentes, définies en premier lieu selon des critères économiques, ces mesures supplémentaires sont définies principalement selon des critères écologiques. Ainsi, *pour les prélèvements qui influencent sensiblement des zones naturelles inventoriées, des mesures d'assainissement plus conséquentes feront l'objet d'une indemnisation aux deux conditions suivantes:*
 1. "paysages ou biotopes répertoriés dans un inventaire national ou cantonal";
Les mesures devront être coordonnées avec les plans de gestion de ces objets. Les inventaires actuels concernent principalement les milieux riverains (zones alluviales, sites de reproduction des batraciens, objets IFP, etc.). Les connaissances actuelles en matière de biotopes et biocénoses aquatiques ne sont pas suffisantes pour évaluer la rareté de la faune piscicole et benthique des cours d'eau du canton. Ces inventaires devraient être établis pour mieux répondre aux objectifs de protection de la faune benthique et piscicole. A défaut, les milieux aquatiques ne devront pas être sous-estimés.
 2. "des intérêts publics prépondérants l'exigent...".
3. **des mesures associées** qui sont les mesures d'assainissement dépendant des tiers (communes, riverains, divers utilisateurs, Etat), mesures exigibles selon les bases légales qui, dans la mesure du possible, doivent être coordonnées avec les mesures d'assainissement relevant de l'article 80 et augmenter leurs effets; on peut parler ici du renforcement des rives des cours d'eau, d'un section suffisante des cours d'eau permettant le passage des crues;
4. **des mesures de revitalisation** des cours d'eau qui sont appelées à être réalisées à court et moyen terme (en cas de financement par les taxes écologiques sur les énergies non renouvelables) ou à moyen et long terme (si ce financement est impossible) en servant de concept général pour une revitalisation future.

La démarche d'assainissement, telle qu'expliquée ci-dessus, se distingue des démarches préconisées dans **les directives fédérales de l'OFEPF** par les aspects suivants:

- **l'échelle de l'assainissement:** une approche globale d'assainissement à l'échelle des cours d'eau du canton au lieu d'un assainissement lié à chaque prélèvement.

¹/chaque canton doit élaborer une pratique propre qui réponde aux conditions prévalant sur son territoire. C'est ce que nous avons effectivement réalisé.

S'il est nécessaire de considérer le réseau hydrographique du bassin versant étudié, de même que sa spécificité propre par rapport à d'autres bassins du canton, les efforts sont toutefois concentrés sur les tronçons affectés par la réduction actuelle des débits. Ici, la notion de tronçon sensiblement influencé doit être précisée. Il faut également définir les conditions de délimitation des aménagements intégrés dans l'étude du bassin versant concerné, en tenant compte des cas particuliers propres à la situation valaisanne:

- aménagements situés sur plusieurs bassins versants;
- bassins versants où se situent des aménagements soumis à l'art. 80 et des aménagements arrivant à l'échéance de la concession;
- **échelle d'investigation:** l'ensemble du cours d'eau principal, y. c. les tronçons situés à l'amont des prélèvements (qui peuvent aussi influencer les mesures d'assainissement) et les embouchures des affluents, seront pris en compte dans le cadre des rapports d'assainissement par bassin versant. Le cours d'eau est un flux qui ne peut se limiter au seul tronçon à débit résiduel;
- **évaluation écologique:** un diagnostic complet au lieu d'une évaluation sommaire;
- **prise en compte d'objectifs de sécurité (protection contre les crues) et socio-économiques;**
- **nature des mesures** d'assainissement: assainissement des eaux usées, aménagements du lit, lâchers de crues artificielles, entretien du cours d'eau autant que celles concernant l'exploitation des installations hydroélectriques;
- **conséquences économiques et les gains écologiques:** ils seront consignés pour chaque mesure proposée à travers une fiche récapitulative.

La Figure 2 illustre concrètement l'approche de travail voulue par le canton du Valais.

Enfin, pour élaborer les études dans le terrain, chaque groupement de bureaux spécialisés mandaté dispose d'un outil de saisie des données dans une banque de données relationnelle (appelée BD-EAUX) permettant d'effectuer les relevés d'une manière homogène et précise sur le terrain.

La BD-EAUX comprend, par bassin versant, toutes les données administratives et techniques nécessaires (limite des communes, numérotation des cours d'eau **GEWISS** (GEWässerInformationsSystem der Schweiz), captages hydroélectriques et autres, etc.), de manière à limiter la saisie des données à l'essentiel.

Ainsi, à cette démarche du canton du Valais, situant l'assainissement dans le cadre d'une **gestion intégrée à l'échelle du bassin versant**, correspondra également un outil intégrant et regroupant en grande partie les données récoltées dans chaque bassin versant.

A long terme, c'est la méthode qui permet la meilleure maîtrise puisqu'elle tient compte des atteintes de diverse nature que les cours d'eau subissent (déversements d'eaux usées, extractions de matériaux, corrections, etc.). Une opération limitée à l'assainissement des seuls prélèvements, uniquement par une augmentation du débit résiduel, ne suffirait souvent pas à améliorer notablement leur état, ni à une protection cohérente des populations contre les crues.

1.4 Approche de travail des bureaux spécialisés et du bureau pilote (schéma)

L'organisation du travail est représentée ci-après (fig. 2).

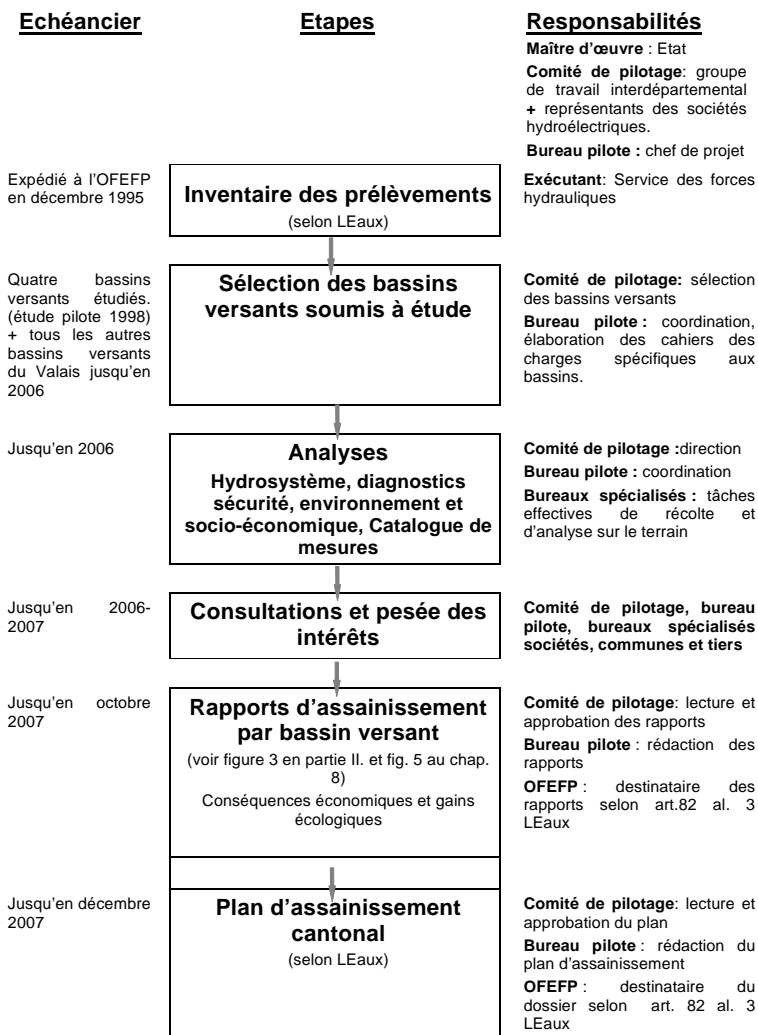


Fig. 2 Démarche d'assainissement adoptée par le canton du Valais

Cette gestion intégrée du cours d'eau implique logiquement que la mise en pratique de la directive sur l'assainissement des cours d'eau et celle sur les purges et vidanges soit coordonnée, en particulier lorsque les bureaux spécialisés effectuent leur analyse sur le terrain (voir Fig. 3).

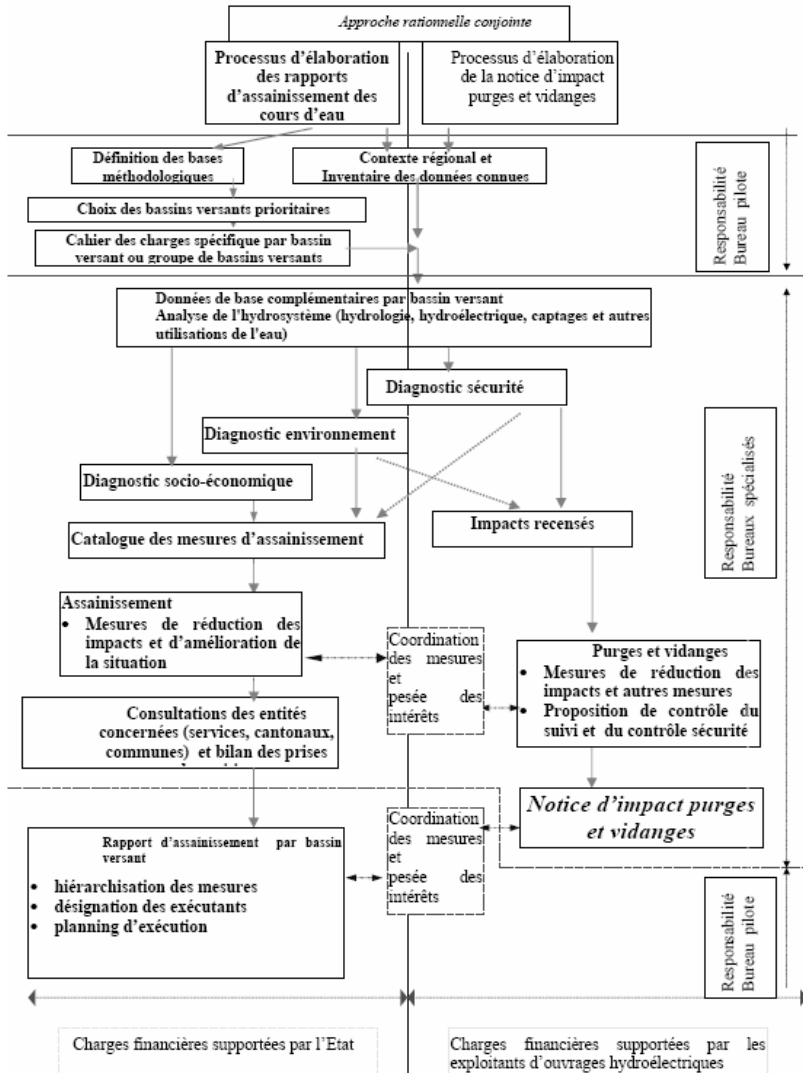


Fig. 3 Approche intégrée de gestion et d'assainissement des cours

Cette gestion intégrée implique également l'utilisation de toutes les synergies au niveau des études en cours dans chaque groupement de bassins versants soumis à un mandat d'assainissement de cours d'eau (étude de carte des dangers, étude de Plan Général d'Evacuation des Eaux (PGEE), etc.

2. Tâches/coordination du bureau pilote

2.1 Tâches du bureau pilote

Les différentes tâches du bureau pilote sont:

- élaboration des cahiers des charges spécifiques par groupement de bassins versants. Le Valais a été divisé en 6 groupements représentés en fig. 4;

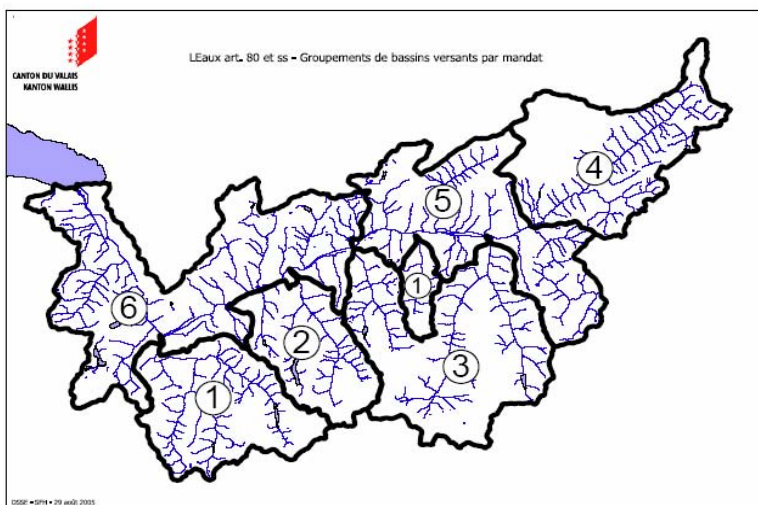


Fig. 4 Représentation des 6 groupements de bassins versants en Valais (5220 km²)

- établissement des bases méthodologiques en se basant sur les 2 directives citées auparavant (directives d'assainissement des cours d'eau et des purges et vidanges);
- coordination entre les services cantonaux, le bureau pilote et les groupements de bureaux spécialisés mandatés pour les études, les sociétés hydroélectriques, communes, associations, pêcheurs et offices fédéraux;
- consolidation des mesures d'assainissement par société hydroélectrique;
- consolidation du plan cantonal d'assainissement au fur et à mesure de l'avancement des études d'assainissement;

2.2 Approche intégrée – Difficultés et chances

Ces tâches et cette coordination se passent dans le cadre d'une approche intégrée schématisée en fig. 5.

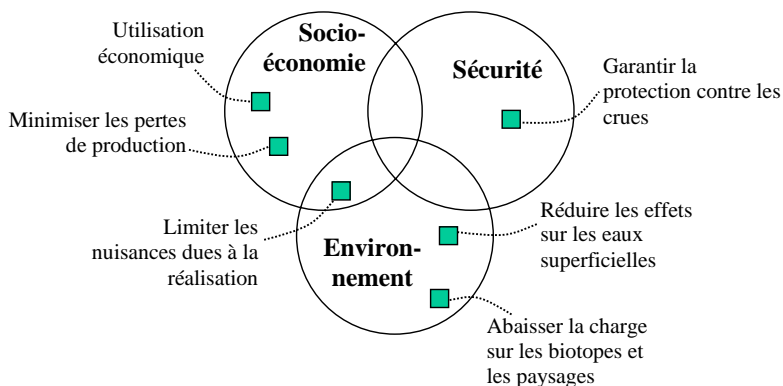


Fig. 5 approche intégrée – difficultés et chances

2.3 Pesée des intérêts (activités prévues avec les communes et sociétés)

Le bureau pilote participe également à la pesée des intérêts avec le groupe interdépartemental de travail après que les mesures d'assainissement aient été présentées aux communes et aux sociétés hydroélectriques.

2.4 Elaboration du rapport d'assainissement et notices d'impact purges et vidanges par groupement de bassins versants

Le déroulement de la réalisation des rapports précités est résumé ci-après :

- information préalable aux communes et sociétés hydroélectriques concernées de la démarche d'assainissement voulue par le canton du Valais dans le cadre de l'application de la LEaux (art. 80 al. 1 et 2);
- résultats des études des bureaux spécialisés sous forme de rapports provisoires d'assainissement et notices d'impact;
- pesée des intérêts
- élaboration des rapports d'assainissement et des notices d'impact des purges et vidanges répétitives et information aux communes et sociétés hydroélectriques concernées pour avoir leur prise de position finale;
- dernière touche éventuelle aux documents élaborés;
- mise à jour du plan cantonal d'assainissement au fur et à mesure de l'élaboration définitive des rapports d'assainissement et des notices d'impact purges et vidanges.

2.5 Structure des rapports d'assainissement

Dans le cadre de chaque groupement de bassins versants, il y a un rapport d'assainissement par bassin versant qui est structuré de la manière suivante :

- **un rapport principal** contenant :
 - . les bases
 - introduction/bases

- . méthodologie
- . *l'état actuel et les déficits*
 - . analyse du système hydrologique et hydraulique
 - . diagnostic environnemental
 - . diagnostic en matière de sécurité
 - . diagnostic socio-économique
- . *les mesures à prendre*
 - . catalogue des mesures
 - . analyse multicritère et matrice d'influence des mesures d'assainissement
 - . pesée des intérêts
 - . mesures prioritaires d'assainissement
- **l'annexe 1 du rapport principal** contenant:
 - . *les données existantes*
 - . *les résultats des travaux de terrain*
 - . *les calculs*
 - . *les plans et vues d'ensemble*
- **l'annexe 2 du rapport principal** contenant:
 - . *le résumé des résultats des études concernant l'état actuel et les déficits*
 - . *la liste des mesures d'assainissement par aménagement hydroélectrique.*

2.6 Structure de la notice d'impact sur les purges et vidanges à l'attention de chaque société concernée

Pour chaque ouvrage d'accumulation qui fait l'objet d'une purge ou vidange répétitive (voir réf. *Arrêté sur les purges, vidanges de bassins et galeries de retenue et le curage des cours d'eau*), dont le contenu est structuré de la manière suivante:

- . un résumé
- . une introduction
- . une description de l'opération (purge ou vidange répétitive)
- . le suivi environnemental des opérations
- . les conséquences de l'opération durant la période prévue pour la faire
- . les mesures (obligatoires) pour réaliser les purges/vidanges répétitives
- . les autres atteintes dues à l'exploitation hydroélectrique
- . les annexes

La finalité de l'arrêté est de réduire les conséquences écologiques des purges et vidanges dans les cours d'eau et d'améliorer la situation des cours d'eau en terme de sécurité (protection des populations contre les crues) et d'environnement.

En précisant la procédure d'autorisation et les modalités d'exécution des opérations de purges et vidanges de bassins de retenue et galeries, ainsi que de rinçage et le curage des cours d'eau, le présent arrêté met également en œuvre des objectifs de simplification et de coordination des procédures et un objectif de meilleure utilisation des eaux, en visant également à limiter les pertes d'eau pour les sociétés. L'arrêté et la directive visent globalement un objectif de qualité par l'amélioration des opérations de purges et vidanges ainsi que d'assurance qualité par le suivi.

Au sens de la LEaux art. 40, le principal objectif de la **DEMANDE D'AUTORISATION** de purges et vidanges est de fournir une information appropriée à l'autorité qui délivre cette autorisation décennale, soit le service des forces hydrauliques. Elle doit fournir les

éléments qui lui permettent d'apprécier les impacts des opérations, de fixer les modalités et les périodes des opérations, de prescrire les mesures permettant de limiter les impacts résiduels, de définir les mesures de contrôle et le suivi écologique et de sécurité et de les adapter éventuellement.

La finalité de la directive est la prise en compte globale des divers aspects liés notamment à l'environnement (valeur écologique du milieu récepteur, valeur piscicole, etc.), la sécurité, la production hydroélectrique, l'irrigation et le tourisme, dans l'optique d'une gestion intégrée du cours d'eau (coordination de tous les acteurs) et de l'analyse des répercussions multiples des purges et vidanges.

2.7 *Information prévue des offices fédéraux et associations de protection de l'environnement*

Cette information sera entreprise après que les communes et sociétés hydroélectriques auront été informées et seront en possession des rapports d'assainissement, après que la pesée des intérêts aura été effectuée. L'approche d'assainissement étant complexe, il faut logiquement aborder les entités concernées dès que les rapports d'assainissement ont suffisamment élaborés et soient dans un état presque définitif.

3. **Approche des bureaux spécialisés**

Cette approche est représentée en fig.6. Elle comprend les éléments suivants:

- Thèmes techniques
 - . environnement: biotope, qualité de l'eau
 - . milieu physique: étiage, crues, transport solide
 - . contexte hydroélectrique: prises et vidanges
- Thème sécurité
 - . protection contre les crues et coulées
 - . définition des zones vulnérables
- Thèmes socio-économique
 - . production d'électricité
 - . autres prélèvements, rejet d'eaux usées
 - . usages de l'eau: pêche, eau-vive...
 - . paysage / urbanisation / bassin d'emploi
 - contexte hydroélectrique: prises et vidanges

Par le biais de cette description, on se rend compte que les analyses à réaliser par les bureaux spécialisés doivent traiter les thèmes suivants:

- la présence physique relativement importante des aménagements hydroélectriques par les nombreux ouvrages d'accumulation en Valais (71) et captages d'eau (255). Dans ce cadre, il faut étudier:
 - . les bases de l'hydrosystème (données de pluie, débits, glaciers):
 - . les captages: volumes prélevés, mode de prélèvement, débit Q347, problématique des sédiments (aussi bien des sédiments fins lors des purges/vidanges que les sédiments plus grossiers déposés dans le lit du cours d'eau étudié;
- la description du régime naturel / actuel;

- l'impact environnemental évident dû au régime d'écoulement influencé des rivières et à l'impact visuel des structures. Dans cadre, l'analyse de mesures telles que crues artificielles et crues morphogènes doit retenir l'attention des bureaux spécialisés et ceci à un coût supportable pour les sociétés hydroélectriques;
- les implications économiques importantes directes - si les sociétés perdent un certain pourcentage de production à travers des mesures liées à l'eau (dotation ou crues artificielles) - et indirectes au niveau des redevances et de l'impôt spécial, des infrastructures et du tourisme;
- les implications sociables durables au niveau de l'emploi et de postes de travail.

L'approche globale et intégrée du cours des cours d'eau à assainir est illustrée ci-après.

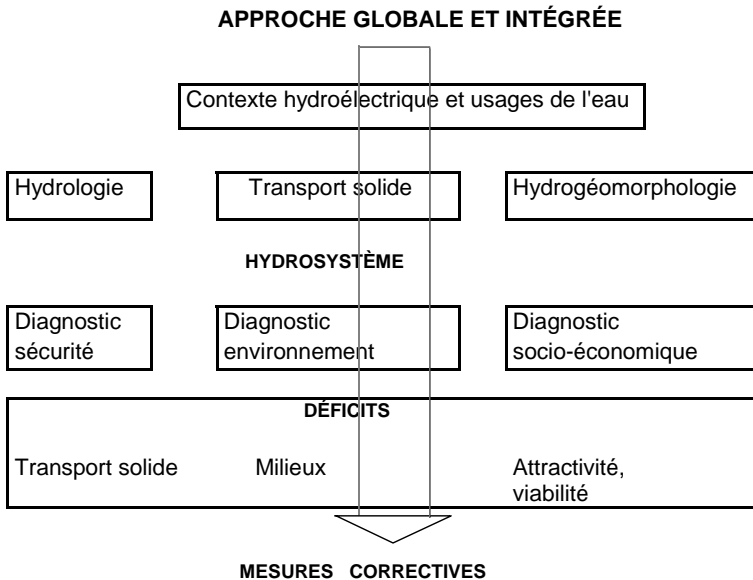


Fig. 6 Approche globale et intégrée

4. Principe d'un fonds cantonal de péréquation

4.1 Pourquoi l'idée d'un fonds de péréquation? Quelques réflexions

L'idée d'un fonds de péréquation provient du fait qu'il faudra traiter toutes les sociétés hydroélectriques de manière raisonnable et équitable dans la fixation des mesures d'assainissement, sans que les droits d'utilisation existants soient atteints d'une manière ou d'une autre qui justifieraient un dédommagement. Comment le faire?

Le fil rouge que nous proposons est le suivant:

1. On constate que les concessions octroyées au début du 20^{ème} siècle arrivent à échéance, certaines ayant déjà fait l'objet de la procédure de renouvellement de concession ou en cours de procédure. On peut parler des concessions des avaliers, c'est à dire d'aménagement pour la plupart au fil de l'eau à basse ou moyenne altitude (à part les concessions de Chandoline-Dixence, des CFF Barberine-Vernayaz, etc.).
2. d'autres concessions ont été homologuées après la 2^{ème} guerre mondiale et pour beaucoup, elles ont donné lieu à la construction d'ouvrages d'accumulation en plus haute altitude. Ce sont les aménagements amontiers (qui se situent en amont des concessions datant du XX^{ème} siècle).
3. Ces aménagements ont eu pour conséquence de changer complètement le régime hydrologique des cours d'eau et en particulier la dynamique de transport des sédiments. Il en résulte que:
 - les sédiments s'accumulent à l'amont ou dans les ouvrages d'accumulation
 - les sédiments s'accumulent à l'aval des ouvrages d'accumulation (bassins versants intermédiaires) et réduisent ainsi la section de passage des cours d'eau.
 Ça n'est pas un débit résiduel qui pourra modifier cette situation de danger, puisque les volumes de sédiments accumulés peuvent se mobiliser lors d'une crue ou d'un orage violent et mettre ainsi en danger des populations riveraines ou dans la plaine du Rhône.

Il faut donc trouver des solutions.

4. Le Canton a décidé d'aborder toutes ces études de mise en place des mesures d'assainissement des cours d'eau dans une approche intégrant tous les aspects des cours d'eau concernés. C'est pour cela que trois diagnostics ont été élaborés, ce que ne prévoyait pas la Confédération. Dans un milieu alpin, on ne peut aborder des solutions écologiques sans régler l'aspect de protection contre les crues et les aspects socio-économiques. Si l'on veut régler correctement l'assainissement des cours d'eau, il faut donc trouver des solutions durables. C'est pour cela que nous avons combiné les deux directives: celle de l'assainissement des cours d'eau et celle des purges et vidanges liée à l'arrêté sur les purges et vidanges.
5. Ces aménagements ont eu pour conséquence de changer complètement le régime hydrologique des cours d'eau et en particulier la dynamique de transport des sédiments:

Une des priorités est de travailler avec des crues artificielles pour résoudre le problème de sécurité. Nous savons par les expériences faites, par exemple dans les Grisons sur la Spöl, que des crues artificielles peuvent avoir des effets positifs intéressants sur l'écologie d'un cours d'eau. Ce sont ces effets que nous devons exploiter au mieux.

Pour y arriver, il faut travailler en termes de volumes d'eau. Sans avoir un volume d'eau suffisant à disposition, il n'est pas possible de mettre sur pied des crues artificielles.

C'est ici que la notion d'aménagements amontiers et avaliers prend son sens. En principe, les aménagements amontiers sont ceux qui sont soumis à l'obligation légale d'assainir leurs prélèvements d'eau, donc les cours d'eau, les aménagements avaliers devant respecter eux-mêmes les conditions d'homologation d'une nouvelle concession qui sont plus sévères que les conditions d'assainissement (particulièrement en ce qui concerne les débits résiduels, art. 31 ss de la LEaux).

Pour les aménagements amontiers, il faut donc pratiquement définir des mesures d'assainissement sans dédommagement.

Comme la Confédération n'a pas défini où se situer cette limite du dédommagement, on se rend tout de suite compte de la difficulté de la démarche..

Les communes seront également appelées à prendre des mesures sur les cours d'eau, en renforçant les rives pour laisser passer des crues artificielles.

Pour trouver une solution, il faut donc chercher des mesures faisant perdre le minimum d'eau aux amontiers, Ceci nécessite de connaître les coûts des différentes variantes des mesures d'assainissement, en particulier d'estimer le coût des volumes d'eau à mettre à disposition par chaque exploitant d'aménagement amontier. L'idée du fonds de péréquation est probablement un moyen incontournable de traiter les sociétés hydroélectriques de façon équitable et correcte.

4.2 *Quelques chiffres sur base d'un exemple fictif pour illustrer le fonctionnement d'un fonds de péréquation (fig 7 et 8)*

L'exemple des fig. 7 et 8 a pour but de montrer que le fonds de péréquation a pour but de permettre de faciliter l'élaboration de mesures d'assainissement selon les art. 80 ss LEaux, en visualisant de manière claire les aspects économiques (pertes d'eau).

Par le système proposé, les sociétés hydroélectriques seraient appelées à contribuer à l'assainissement des cours d'eau de manière claire en combinaison et lien étroit avec des mesures de tiers (celles des communes et du canton).

Pour faciliter les discussions, la pesée des intérêts et la recherche d'un consensus, on peut partir du principe suivant:

- les volumes d'eau réservés pour une mesure d'assainissement avec crues artificielles ne devraient pas provoquer des pertes de production supérieure à par ex. 1.0 % /an* de l'aménagement concerné;
- le solde de pertes d'eau dues à un débit résiduel qui serait lâché ne devrait pas dépasser une perte de production supérieure à 1.0 %/an*;

*Ces pourcentages devront être vérifiés dans les études d'assainissement.

L'équivalence perte d'eau – perte de production spécifique peut être défini d'un commun accord avec le facteur énergétique de chaque aménagement qui est connu et qui s'exprime en kWh/m³. On multiplie le volume perdu par le facteur énergétique.

L'objectif est de viser, au niveau du canton du Valais, une perte moyenne de production d'environ 2 % par an et par exploitant d'aménagement hydroélectrique.

Les exploitants qui auraient des pertes de production inférieures à la moyenne, mettent à disposition du fonds la différence entre leurs pertes réelles et la perte moyenne (*valeurs (+) à équilibrer*).

Les exploitants qui auraient une perte de production supérieure à la moyenne, reçoivent du fonds la différence en GWh entre leurs pertes réelles et la perte moyenne (*valeurs (-) à compenser*).

Dans les exemples fictifs donnés en fig. 7 et 8, on remarque, ceci:

- en fig. 7, le montant des pertes correspond à 2.58 % (en moyenne pondérée sur l'énergie) et le différentiel en énergie (valeurs positives et négatives en GWh) n'est pas équilibré.

- en fig. 8, dans un 1^{er} essai d'équilibrage, on amène la moyenne pondérée des pertes à 2 % (objectif visé par le canton), mais le différentiel en GWh dans le fonds de prééquilibration n'est toujours pas équilibré. Ces différences en GWh pourraient par exemple être gérées par un trader puisque la valeur de l'énergie par société n'est pas identique. Ainsi, on se rend compte de la difficulté, mais globalement les différences en GWh à équilibrer sont faibles, ce qui relativise la difficulté pour une 2^{ème} équilibration où les différences des GWh, exprimées en argent, seraient équilibrées ou presque par le trader.
- ce qui ne peut pas être équilibré en énergie sur une année serait pris en compte l'année suivante, puisque l'équilibrage a pour but de ne pas préitériter une société par rapport à l'autre sur la durée.

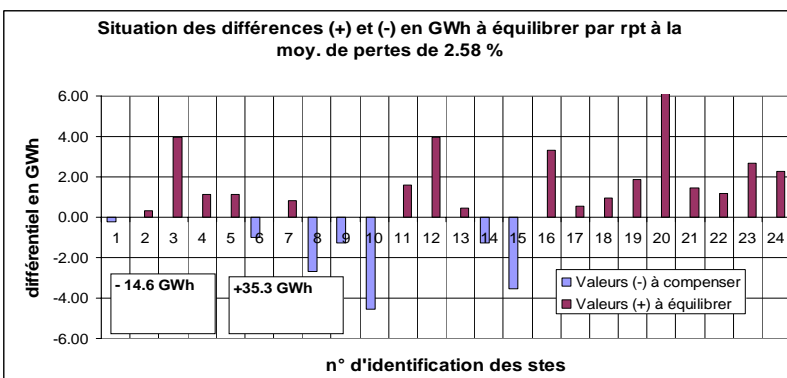
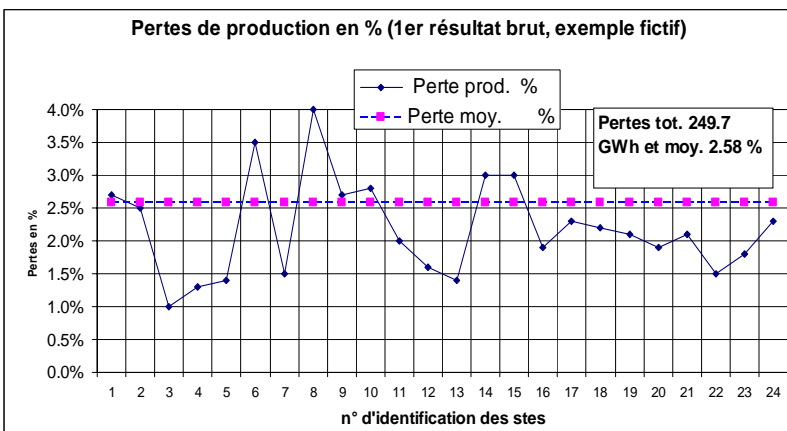


Fig. 7 Pertes de production en % et en GWh avant équilibration

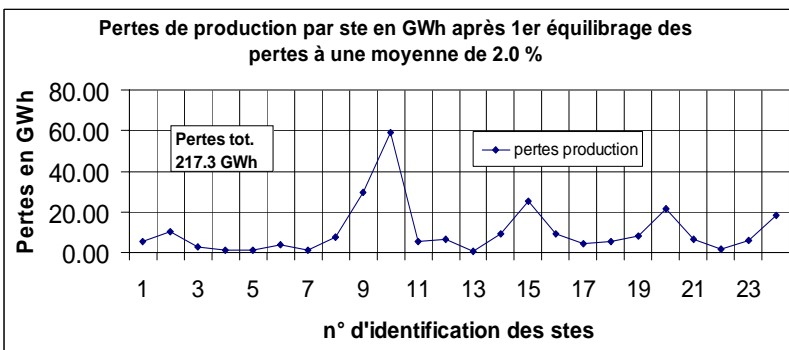
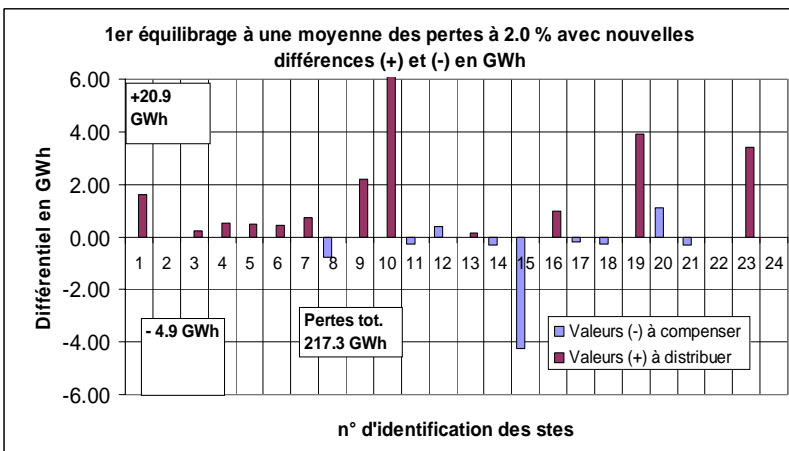
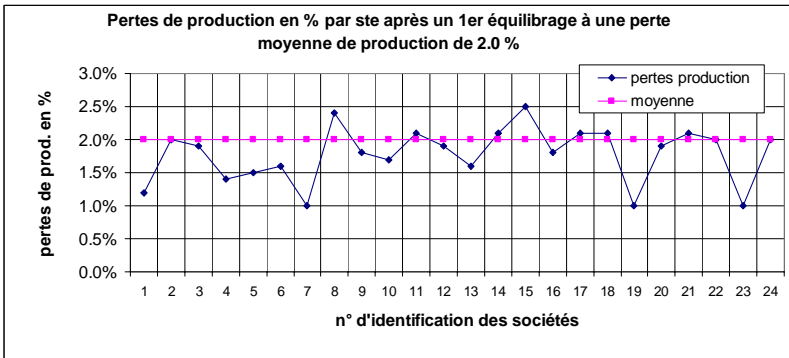


Fig. 8 Pertes de production en % et GWh (après un 1^{er} équilibrage)

5. Conclusions

La situation des études d'assainissement des cours d'eau en Valais est la suivante:

- 6 mandats d'étude ont été attribués par le Conseil d'Etat (mandat du bureau pilote en octobre 2003 et 5 mandats pour les bureaux spécialisés (octobre 2003, mars 2004, octobre 2004, décembre 2004 et septembre 2005). Il reste encore un mandat à attribuer.
- les mandats attribués aux bureaux spécialisés couvrent une surface d'env. 4066 km², soit env. 78 % du bassin versant du Rhône.
- l'établissement des rapports d'assainissement est prévu pour la fin 2005 pour le premier groupement de bassins versants (3 Dranse et Tourtemagne). L'établissement des autres rapports d'assainissement va s'enchaîner jusqu'en octobre 2007.

Si l'on fait référence à la philosophie de "Idées directrices Cours d'eau suisses pour une politique de gestion durable de nos eaux" de l'année 2003 qui rappelle le principe fondamental du développement durable - c'est à dire de réaliser un équilibre entre les aspects écologiques, économiques et sociaux d'un cours d'eau - et à la philosophie actuelle de la Confédération en matière de protection contre les crues - qui prend en compte les déficits écologiques du cours d'eau - l'approche d'assainissement des cours d'eau s'effectue dans une même philosophie.

Mentionnons que l'une des principales difficultés de l'assainissement des cours d'eau réside dans le choix et la pondération des mesures d'assainissement, de manière à ce que l'utilisation des ressources en eau en général et celles des forces hydrauliques en particulier, soit effectuée dans une optique de développement durable ne préterit pas l'état de nos cours d'eau pour les générations futures ni la production d'une énergie indigène et renouvelable.

Enfin, dans le cadre de la Gestion durable des sédiments dans des réservoirs alpins tenant compte des aspects écologiques, économiques et de sécurité, il y a deux méthodologies fondamentales qui se complètent:

- 1) celle de l'assainissement des cours d'eau, tel que présenté, qui permet de gérer les sédiments qui se trouvent en aval d'ouvrages d'accumulation ou ceux qui ont été amenés par des purges ou vidanges;
- 2) celle des purges et vidanges des ouvrages d'accumulation qui s'occupe d'éviter les impacts dus aux sédiments qu'on amène dans le cours d'eau. Dans ce contexte, la loi valaisanne sur l'utilisation des forces hydrauliques, par son art. 55, et la loi fédérale sur l'utilisation des forces hydrauliques, par son art. 67 al. 3, obligent également les propriétaires d'aménagements hydroélectriques à un bon entretien de leurs installations jusqu'à l'échéance des concessions, ce qui suppose également que les ouvrages d'accumulation ne soient pas remplis de sédiments à une telle échéance.

Quelle que soit la technique utilisée pour évacuer les sédiments d'un ouvrage d'accumulation, on sait maintenant qu'il faut harmoniser la gestion du cours d'eau de manière à faire transiter les sédiments de manière hydraulique de la montagne à la plaine, en minimisant les impacts.

Bibliographie

- Service de l'aménagement du territoire (SAT).** *Plan directeur cantonal Fiche de coordination G.1/2.*
http://www.vs.ch/Public/public_sat/sat_sheet_view.asp?Language=fr&ServiceID=15&id=G%2E1%2E2
- Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEPF).** *LEaux. Loi fédérale sur la protection des eaux.* <http://www.admin.ch/ch/fr/rs/81.html#814.2>
- Service des forces hydrauliques (SFH).** *Directive pour l'élaboration des rapports d'assainissement (art. 80 LEaux).*
[http://www.vs.ch/Press/DS_20/FHAD-2003-02-14-2545/fr/Directive%20assainissement%20200406%20\(F\).pdf](http://www.vs.ch/Press/DS_20/FHAD-2003-02-14-2545/fr/Directive%20assainissement%20200406%20(F).pdf)
- Service des forces hydrauliques (SFH).** *Directive pour l'élaboration des demandes d'autorisation de purges et vidanges (selon LEaux art. 40) et cahier des charges de la notice d'impact*
http://www.vs.ch/Press/DS_20/FHAD-2003-02-14-2546/fr/Directive17_purges.pdf
- Service des forces hydrauliques (SFH).** *Directive pour l'élaboration des demandes d'autorisation de purges et vidanges (selon LEaux art. 40) et cahier des charges de la notice d'impact*
- Service des forces hydrauliques (SFH).** *Arrêté sur les purges, vidanges de bassins et galeries de retenue et le curage des cours d'eau*
<http://www.vs.ch/Navig/navig.asp?MenuID=672>
- Office fédéral de l'environnement (OFEPF).** *Diverses directives sur la protection des eaux et les débits résiduels*
http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/shop/shop.php?action=show_thema&lang=F&id_thema=36&warenkorb=e50f6d5f0e9240eedd47d18b22942ddd

Notations

BEAUX	Banque de données relationnelle comme outil comprenant des données administratives et techniques sur les bassins versants et outil de saisie des données (par. Ex: l'analyse écomorphologique, etc.) et outil de représentation intégrant le logiciel Arcview pour les données SIG
GEWISS	GEWässerInformationsSystem der Schweiz
OFEPF	Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage
PGEE	Plan Général d'Evacuation des Eaux
SCPF	Service de la chasse, de la pêche et e la faune
SFP	Service des forêts et du paysage
SFH	Service des forces hydrauliques
SPE	Service de la protection de l'environnement
SRCE	Service des routes et cours d'eau

Remerciements

Ce travail d'assainissement des cours d'eau en Valais s'intègre dans un projet d'équipe commencé en 1995 avec cinq services (SFH, SFP, SRCE, SPE, SCPF) de l'Etat du Valais dans un esprit multidisciplinaire et transversal de travail. Malgré les difficultés rencontrées pour la mise sur pied des directives d'assainissement des cours d'eau, de purges et vidanges et de la BEAUX, le déroulement des mandats actuels se passe dans un vrai esprit de collaboration malgré la complexité des problèmes rencontrés dans cette approche globale d'assainissement des cours d'eau. Dans ce contexte, je tiens à remercier en particulier mes collègues des services cantonaux qui m'accompagnent dans

cette démarche (MM Y. Crettenand, M. Bernard, D. Bérod, E. Vez, Chr. Werlen, S. Costa) and last but not least les membres du bureau pilote et des bureaux spécialisés qui oeuvrent avec nous.

Adresse de l'auteur

Dr. Pierre-Benoît Raboud
Service des forces hydrauliques
Avenue du Midi 7
1950 Sion Suisse

Tél.: +41 27 606 3100

Fax: +41 27 606 3004

energie@admin.vs.ch

pierre-benoit.raboud@admin.vs.ch

<http://www.vs.ch/Navig/navig.asp?MenuID=668>

Interreg IIB - Projet Alpreserv

Gestion durable des sédiments dans des réservoirs alpins tenant compte des aspects écologiques et économiques / Nachhaltiges Sedimentmanagement in alpinen Speichern unter Berücksichtigung von ökologischen und ökonomischen Aspekten

**Conférence sur la problématique de la sédimentation dans les réservoirs
Tagung über die Problematik der Stauseeverlandung**

Sion, 20 septembre 2005 / 20. September 2005

Session 3

**Base de données sédimentation
Datenerhebung der Stauseeverlandung**

Modérateur / Sessionsleiter

Andreas Zurwerra
ProNat Conseils SA, Schmitten

The Structure of the ALPRESERV Database

Leon Gosar, Tanja Prešeren, Daniel Kozelj, Franci Steinman

**Möglichkeiten und Anwendung einer Datenbank
bezüglich der Stauraumverlandung von alpinen
Speichern**

Jolanda Jenzer, Giovanni De Cesare

Interreg IIIB - Projet Alpreserv

Gestion durable des sédiments dans des réservoirs alpins tenant compte des aspects écologiques et économiques / Nachhaltiges Sedimentmanagement in alpinen Speichern unter Berücksichtigung von ökologischen und ökonomischen Aspekten

Conférence sur la problématique de la sédimentation dans les réservoirs Tagung über die Problematik der Stauseeverlandung

Sion, 20 septembre 2005 / 20. September 2005

The Structure of the ALPRESERV Database

Leon Gosar, Tanja Prešeren, Daniel Kozelj, Franci Steinman

Abstract

In order to facilitate access and sharing of the information on the reservoirs ALPRESERV Database was created. The database enables storage of data in large quantities and extent data mining and also successful editing and technical administration of the collected data. At the first stage the ALPRESERV Database was prepared and tested on a simplified level and the extent of data has been reduced. At this level ALPRESERV Database is already accessible on the ALPRESERV homepage by using the ALPRESERV Database Application. So far the data of seven pilot action projects has been collected.

1. Introduction

In the frame of an international established project called Sustainable Sediment Management of Alpine Reservoirs considering ecological and economical aspects (hereinafter ALPRESERV project) several typical reservoirs were selected for pilot projects. The activities are focused on different strategies to transfer or remove sediments in a larger scale taking into consideration the fragile environment of the Alps. The measurements in those pilot projects are accompanied by extended measurements of biotic and non-biotic parameters using experiences from different nations and competent authorities. Information of sediment removal efforts throughout the Alps will add valuable data not only for project but also for future management tasks.

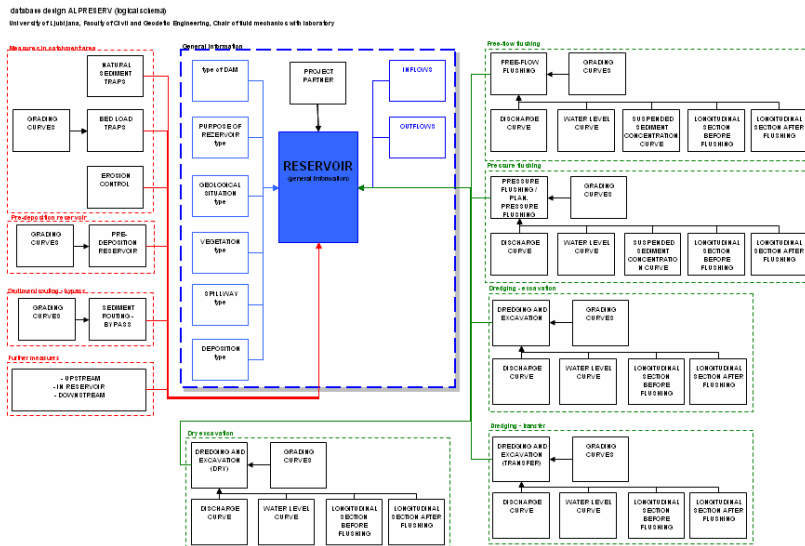
One of mayor results of the ALPRESERV project is the established database which will support several activities from collecting to analysis of information on reservoirs of different geometry and operational procedures. By means of intensive cooperation within the partner network database could be extended by collecting datasets of several monitoring stations or from other sources if applicable.

Proactive collaboration of the involved public authorities on all relevant levels ensures the solid basis and expertise of common sediment management approaches for reservoirs. It is already provided that the data-base is accessible via internet allowing data input. It serves as a basic information and communication tool between the partners as well as public administrations, research institutes and commercial businesses (e.g. planning and engineering companies).

2. ALPRESERV database

Database was prepared for the purpose of collecting as much valuable information about different types of reservoirs with different types of managing operations. On the other hand ALPRESERV database must be operative from the very first beginning even if we haven't got all the data. Data are stored in many tables that have to be logically connected as unique data storage which can provide not only basic queries about reservoir but also nested queries with which we can calculate large amount of datasets for decision making processes on different levels.

The best way to build a database is to know the answers that database can provide. However, each answer is almost always unknown. For this reason databases have been built to store large amount of datasets in the so called data warehouses. ALPRESERV database is set up as a data warehouse to store a large amount of data which can be only basic information about reservoirs or extended information about management of reservoirs or activities related to the reservoirs. Database structure (picture 1) and logical schema (picture 2) of ALPRESERV database allows future extension of the database structure and also extended database management such as data mining and OLAP (On-line Analytical Processing).



Picture 1: ALPRESERV database structure.

ALPRESERV database can support users' needs with data about:

- general information on the reservoir;
- measurements in the catchment area;
- measures in reservoir catchment area;

- pre-deposition reservoir;
- free-flow flushing;
- pressure flushing;
- dredging and excavation;
- dredging transfer;
- dry excavation;
- further measures.

This list is not limited respectively inadaptable - additional issues could be added at any time. In the following paragraphs on step deeper information about contents of ALPRESERV database is presented:

General information on the reservoir:

- type of the dam;
- purpose of the reservoir;
- geological situation type;
- vegetation type;
- spillway type;
- deposition type.

Information on measures in reservoir catchment's area:

- natural sediment traps;
- bed load traps (grading curves);
- erosion control.

Information on pre-deposition reservoir:

- grading curves;
- sediment routing-bypass.

Information on further measures:

- further measures upstream from the reservoir;
- further measures in reservoir;
- further measures downstream from the reservoir.

Information on performed Free-flow flushing:

- grading curves;
- discharge curves;
- water level curve;
- suspended sediment concentration curve;
- longitudinal section before flushing;
- longitudinal section after flushing.

Information on performed Pressure flushing:

- grading curves;
- discharge curves;
- water level curve;
- suspended sediment concentration curve;
- longitudinal section before flushing;
- longitudinal section after flushing.

Information on performed Dredging and excavation:

- grading curves;
- discharge curves;
- water level curve;
- longitudinal section before flushing;
- longitudinal section after flushing.

Information on performed Dredging and excavation (transfer):

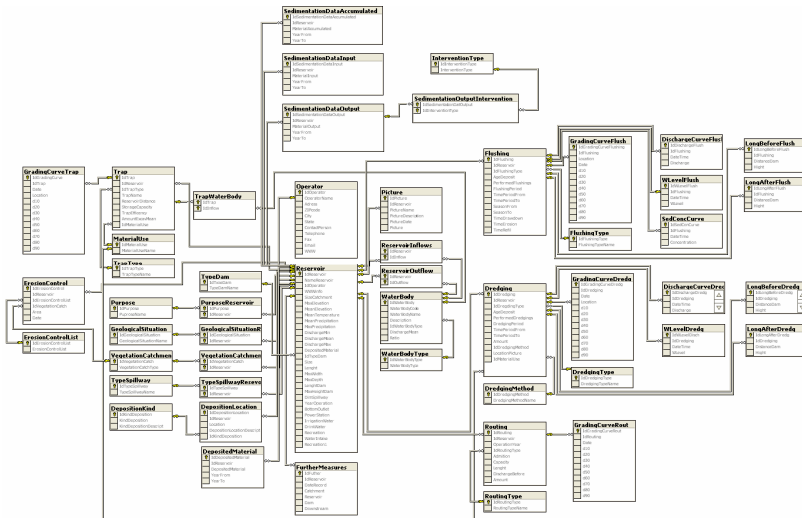
- grading curves;
- discharge curves;
- water level curve;
- longitudinal section before flushing;
- longitudinal section after flushing.

Information on performed Dry excavation:

- grading curves;
- discharge curves;

- water level curve;
- longitudinal section before flushing;
- longitudinal section after flushing.

All the data are recorded in the database only once. How they are interlinked is shown on picture 2 where the logical structure of different contents can be seen.



Picture 2: ALPRESERV database logical schema (software Microsoft SQL server 2000).

ALPRESERV database is composed of 49 tables where logical connection between key identifiers builds relation database. In ALPRESERV database 11 external classifications are used to classify different characteristics of reservoirs and sediment management. All external classifications can be supplemented or updated or upgraded.

3. Summary of the data of limited extension for the first stage of ALPRESERV database

For the first stage of the ALPRESERV database some very detailed pieces of information have been simplified and the extent of data has been reduced. In the following text the basic data of reservoirs in the first stage of ALPRESERV database will be described and summarized.

In order to keep clear overview the data on the reservoir were sorted in six main sublists: 'General', 'Catchment', 'Climatology, Hydrology and Discharges', 'Sedimentology', 'Dimensions' and 'Additional Information'.

3.1 *General Information*

The general data starts with the identification number of the reservoir which is set automatically and presents a code of the reservoir in the frame of the ALPRESERV project. The identification number does not refer to any other (e.g.: local, state) code classification for the reservoirs but can be extended to unique identification number in Alpine space.

The general data consists also of the name of the reservoir and information on the operator of the reservoir. Detail information about the operator is edited separately and includes the official name of the operator, contact person, address, ZIP code, city, state, telephone, fax, e-mail and information on the web about the operator. Each operator whose details have been added in the database can be chosen out of the list of operators and the detail information can be used more than once (in case there is an operator responsible for more than just one reservoir in the database). With this approach Operator is recorded in the database only once.

Usually there are already many reach pieces of information on the reservoirs presented on the internet. Websites with information about the reservoir are unique and are therefore added in the database as an additional source of valuable information for users who are anxious to learn more about a specific reservoir.

The last section of general information covers purpose of the reservoir. Since multiple use of a reservoir is very common the number of chosen purposes is unlimited (of course in the frame of the given options). There is a variety of options a user can choose out from the list '*Purpose of Reservoir*':

1. Storage
2. Regulation (flood control, low flow, etc.)
3. Power supply
4. Re-regulating
5. Sedimentation
6. Irrigation
7. Water supply
8. Fishing
9. Recreation and leisure
10. Navigation

Besides textual information a user can also add any kind of digital graphics data by using the button '*Pictures and Graphics*'. It is advisable to provide digital pictures or design sketches of the reservoir.

3.2 *Catchment Data*

The information on drainage basin is given in the section Catchment data. This information includes size of the catchment area, maximal elevation above sea level within the catchment and mean elevation above sea level of the catchment.

3.3 *Climatology, Hydrology and Discharges Data*

The data on climatology and hydrology consists of basic climatological information such as mean temperature at the reservoir area, mean annual precipitation and maximal observed precipitation in the entire catchment.

The data on the discharge on turbines consists of minimal observed discharge, maximal observed discharge and mean discharge. In the future the complete set of annual data on the discharge could be added.

3.4 *Sedimentology Data*

The frame of the data on sedimentation was limited and simplified for the first stage of filling in the ALPRESERV database. The sedimentology data are separated into three divisions:

'*Input*' covers data on coarse material entering the reservoir within a specified time period.

'*Output*' deals with the removed material respectively with the amount of material that was removed from the reservoir within a specified time period. At the same time also the measures of the material removal have to be defined and they are to be chosen out from the list of the '*Intervention type*':

1. Free-flow flushing
2. Pressure flushing
3. Dredging - excavation
4. Dredging - transfer
5. Dry dredging and excavation
6. Routing - Bypass

It is possible to choose more than one of the measures listed as the given options.

'*Accumulated*' deals with the total amount of material that was accumulated in the reservoir within a specified time period.

The time period is defined with the first year and with the final year of observations and has to be specified separately in each division ('*Input*', '*Output*' and '*Accumulated*'). This enables the collection and free editing of the sedimentology data even when the dates (years when the pieces of information on sedimentation were registered) are incompatible.

3.5 *Dimensions Data*

Dimensions data include several dimensions of the reservoir (size of the reservoir at the maximal water level, length of the reservoir at the maximal water level, maximal width of the reservoir at the maximal water level and maximal depth of the reservoir at the maximal water level), dimensions of the dam (length of the dam at its crest, maximal height of the dam), spillway capacity and year set in operation.

In the section '*Dimensions*' also the type of the dam has to be defined with choosing the suitable type out of a list '*Type of the Dam*':

1. Arch dam
2. Buttress dam
3. Gravity dam
4. Embankment dam
5. Barrage

Only one type can be chosen for each reservoir at this stage. In the future also more diversity of types and combinations would be added.

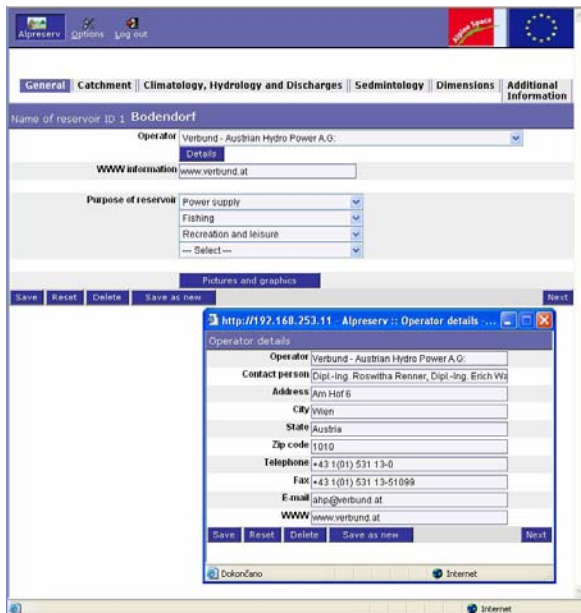
3.6 Additional Information

The additional information covers the discharge capacity of bottom outlet(s), the installed capacity of power station(s), annual amount of water used for irrigation system(s), annual amount of water used for drinking water system(s) and information concerning recreational use. For the first stage of ALPRESERV database no detail data on recreational use was collected - only the answer *whether the reservoir is being used for recreational purposes or not* has to be given.

4. ALPRESERV database network

The data on the reservoir structures contain plenty of pieces of information that need to be stored in a database and organized in a proper manner. The database enables storage of data in large quantities and extent and also successful editing and technical administration of the collected data. Therefore the database of Microsoft SQL Server 2000 that is supported by the operational system Microsoft Windows 2000 Server is being used for the attribute part of the ALPRESERV database. The user can access the database in local network by using a user interface developed with Microsoft Access XP/2003. These user interfaces are more useful when working with complex databases in fast local network.

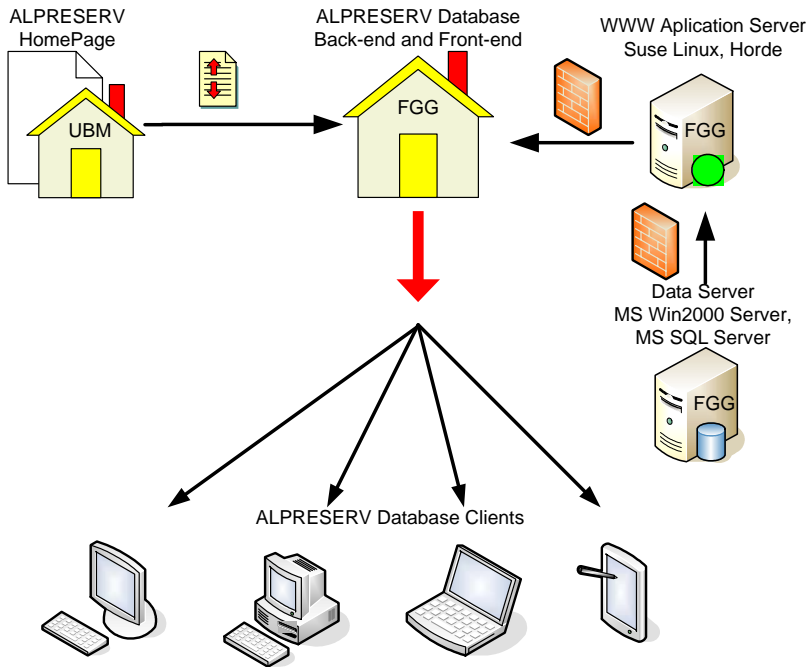
For 1st stage ALPRESERV database network within partners (as clients) was established. The ALPRESERV database internet Clients (picture 3) can view the ALPRESERV database when visiting ALPRESERV Home Page or directly on website "kmte.fgg.uni-lj.si/alpreserv".



Picture 3: ALPRESERV database internet user interface.

The data is collected in the database on the FGG Data Server (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Slovenia) which provides data for the Application server (based on Linux operating system and PHP internet technology) and further publishing on Internet server (picture 4). All the information is protected by firewalls.

Each user has to sign up to get own account. The administrator then gives him the access to the database and allocates the user's rights. After this step the user can access the database by using his password and username.



Picture 4: ALPRESERV database Network

Legend:

UBM - leading partner (Germany)

FGG - Database service provider

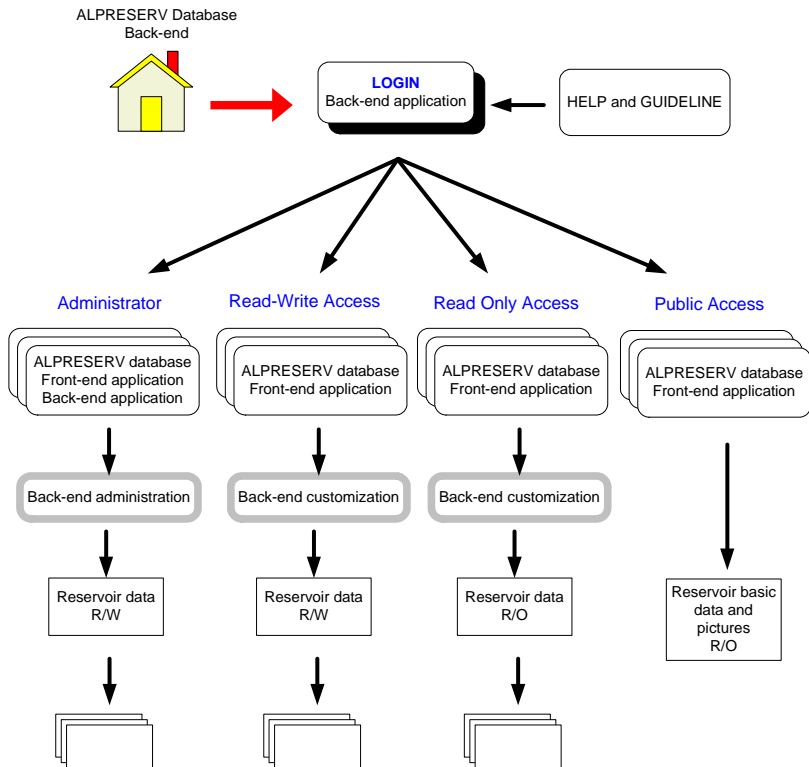
Clients - partners of the project

Besides the administrator there are three more types of ALPRESERV database user groups (picture 5). There is no free access and all users have to log in.

User with *Read-Write Access* can access Front-end application and he can change or add reservoir data. He can not administrate the Back-end application where user rights or user groups' permissions are managed but he can customize it.

User with *Read Only Access* can access Front-end application where he can view the reservoir data but he can not change them. He can also customize the Back-end application but he can not administrate it. All these users could benefit of analyzing, aggregating or data mining crossover the database.

General public access is designed for project result dissemination purposes. So user with *Public Access* can access Front-end application and he can view the basic data and pictures of the reservoir. Gradually also the results of the project would be given for the public use.



Picture 5: Overview of the ALPRESERV database User Authorization structure

In the future development new user groups with different permissions (e.g. operators, public access, authorities, etc.) can be added. In this manner also knowledge exchange inside particular fields of interests could be supported.

5. Conclusions

ALPRESERV database first aims at fulfilling basic data exchange between project partners. On the ground of the usage of the database the most relevant data needs will turn up and in the gained experience the fields of interest of the ALPRESERV database (information on the reservoir) will be redirected. Future work will closely follow project goals and objects. In the next stage of development the effective connection of biological data with management procedures of Alpine reservoirs will be established. Finally ALPRESERV database would serve as an example of an organized data pool as a decision supporting tool.

References

Morris, G.L., Fan, J. (1997). *Reservoir and sedimentation handbook: design and management of dams, reservoirs, and watersheds for sustainable use*. McGraw-Hill Companies

Authors' Addresses

Leon Gosar
Tanja Preseren
Daniel Kozelj
Prof. Dr. Franci Steinman
University of Ljubljana
Faculty of Civil and Geodetic Engineering
Chair of Fluid Mechanics with laboratory
1000 Ljubljana, Slovenia
Tel.: +3861 425 34 60
<http://fgg.uni-lj.si>
leon.gosar@fgg.uni-lj.si
tanja.preseren@fgg.uni-lj.si
daniel.kozelj@fgg.uni-lj.si
franci.steinman@fgg.uni-lj.si

Interreg IIIB - Projet Alpreserv

Gestion durable des sédiments dans des réservoirs alpins tenant compte des aspects écologiques et économiques / Nachhaltiges Sedimentmanagement in alpinen Speichern unter Berücksichtigung von ökologischen und ökonomischen Aspekten

Conférence sur la problématique de la sédimentation dans les réservoirs Tagung über die Problematik der Stauseeverlandung

Sion, 20 septembre 2005 / 20. September 2005

Möglichkeiten und Anwendung einer Datenbank bezüglich der Stauraumverlandung von alpinen Speichern

Jolanda Jenzer, Giovanni De Cesare

Abstract

Within the framework of the European project Interreg IIIB-ALPRESERV a database has been constructed containing data touched by the reservoir sedimentation context. The goal of the database is on the one hand to sensitize the operators of the sedimentation problems, on the other hand to build up a platform to animate the dialogs among the operators and to establish a base of comparing data in order to facilitate the decisions concerning future actions against sedimentation. There will be basin and watershed characteristic records, as well as entries about experiences with taken measures. As a result of the inquiry every operator is able to estimate the status quo of his own reservoir and to get an idea of the action necessity. At the time of the conference the database is under construction.

Résumé

Dans le cadre du projet Européen Interreg IIIB-ALPRESERV une base de données a été mise au point avec des données relatives à l'alluvionnement des réservoirs. Le but de cette base de données est d'une part de sensibiliser les exploitants au problème de l'alluvionnement et d'autre part d'établir une plateforme de dialogue entre les propriétaires. Elle est destinée à faciliter la comparaison des données et la prise de décisions sur de futures actions contre l'alluvionnement. Elle contient les caractéristiques des réservoirs et des bassins versants correspondants ainsi que des entrées sur les expériences faites avec des mesures de lutte contre l'alluvionnement. Grâce à cette banque de données, chaque opérateur peut estimer la situation de son propre aménagement et avoir une idée des actions à entreprendre. Au stade actuel, la base de données est en construction.

Zusammenfassung

Im Rahmen des europäischen Projektes Interreg IIIB-ALPRESERV wurde eine Datenbank eingerichtet, die Daten enthält, welche im Zusammenhang der Speicherverlandung wesentlich sind. Das Ziel der Datenbank ist die Sensibilisierung der Betreiber bezüglich der Problematik der Verlandung, eine Plattform zur Anregung des Dialogs unter den Betreibern, eine Grundlage mit Vergleichsdaten von andern Speichern zur erleichterten Entscheidungsfindung zukünftiger Entlandungsmassnahmen zu schaffen. Es werden einerseits die Charakteristiken einzelner Speicher und deren Einzugsgebiete eingetragen, andererseits werden Erfahrungen mit Massnahmen festgehalten. Aufgrund der Datenerhebung soll jeder Betreiber den Verlandungszustand seines Speichers abschätzen und sich ein Bild seiner Situation machen können. Die Datenbank ist zur Zeit der Konferenz in Sion noch nicht komplett.

1. Einleitung

Über die Jahre hinweg wurde in den verschiedenen Bergregionen der Alpen und Voralpen viel Erfahrung in der Speicherhaltung gesammelt. So wurde z.B. der Betrieb auf die einzelne Anlage und ihre Zweckbestimmung abgestimmt. Energie wird zu den Stunden erzeugt, wo danach gefragt wird. Der See wird in Abhängigkeit der Hydrologie und der vorherrschenden Wetterlagen gefüllt. Der Betrieb hat sich im Lauf der Zeit nach dem Markt orientiert und wurde optimiert.

Wo es die Umstände zulassen, wurden Zuflüsse von anderen Einzugsgebieten oder von den unteren Abschnitten desselben Einzugsgebietes in den Speicher umgeleitet, um über mehr Wasservolumen verfügen zu können. Es wurden Pumpspeicher eingerichtet, um bereits turbiniertes Wasser mehrfach zur Energieproduktion verwenden zu können. Der wirtschaftliche Nutzen dieser Anlagen ist bemerkenswert. Es gibt viele Fortschritte und Erfolge zu verzeichnen, im Hochwasserschutz, sowie auch in wirtschaftlich bezifferbaren Einheiten wie in der Turbinenleistung und der Energieproduktion, usw..

Jedoch wurde einem latenten Problem bisher in manchen Speichern zu wenig Beachtung geschenkt oder es mussten zu viele Kompromisse eingegangen werden, um dem Problem nachzukommen: die Verlandung der Speicher. Die Verlandung ist ein Prozess, der sich über die Jahre dahinzieht, daher lange unbemerkt bleibt, und den Betreiber, falls nichts unternommen wurde, eines Tages vor ein ungelöstes Problem stellt. Die durchschnittlichen Verlandungsraten aller Stauseen werden weltweit auf 1-2% geschätzt, das heisst, dass jährlich 1-2% der weltweiten Speicherkapazität verloren geht (Oehy et al., 2000).

Die Verlandung ist ein typisches Problem der Nachhaltigkeit. Alleine die Erhöhung der Bauwerke der Triebwasserfassung und des Grundablasses oder der Sperre selbst löst das Problem nicht dauerhaft (Boillat, J.-L. und Delley, P., 1992; Hug, Ch. et al., 2000).

Die bis heute bekannten und erprobten Massnahmen, wie etwa das Spülen, Baggern, Saugbaggern oder die Umleitung von Grobsedimenten erwiesen sich bisher als aufwändig, kostenintensiv und teils zu wenig effizient. Es musste ausserdem festgestellt werden, dass sich nicht jede Massnahme für jede Stauanlage gleich gut eignet (Boillat, J.-L. und Pougatsch, H., 2000).

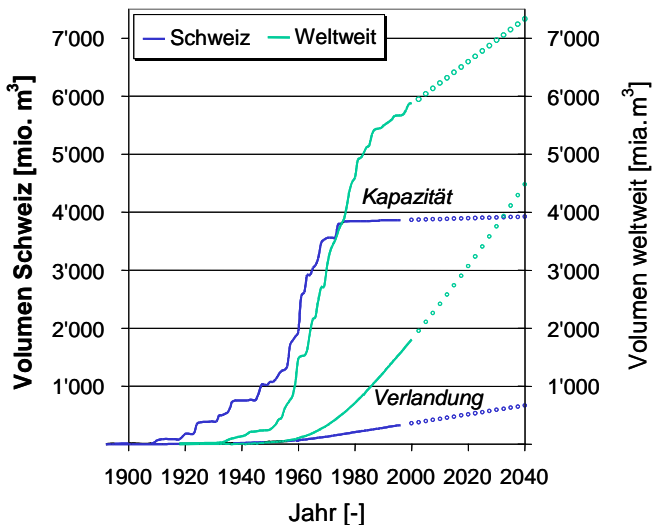


Abbildung 1: Zunahme der Kapazität der Stauseen durch Bautätigkeit und Abnahme durch Verlandung in der Schweiz und weltweit, gemäss Oehy (2003)

Dies liegt darin begründet, dass jeder Speicher und jedes dazugehörige Einzugsgebiet einzigartig ist und sich von den anderen durch mehrere Charakteristiken unterscheidet. Jede Anlage ist ein Prototyp, und bei jeder Anlage ist das Problem mehr oder weniger stark ausgeprägt. Diese Tatsache erschwert es, eine einzige Patentlösung gegen die Verlandungsproblematik zu entwickeln. Der Erfolg der Methode ist somit abhängig von den Charakteristiken der Anlage, des Einzugsgebietes, des Zwecks der Anlage und den Randbedingungen, die durch den Betrieb und das Management gegeben werden. Die Methode muss sich den Eigenschaften der Anlage anpassen.

2. Datenbank

In weiser Voraussicht ist es nun im Interesse jeden Betreibers, sich ein Bild über die Situation seines eigenen Speichers zu machen. Trägt man die Charakteristiken der Anlagen zusammen und sortiert nach Gemeinsamkeiten, können Anlagen untereinander verglichen werden. Es gibt Argumente, die die Sedimente bzw. den Verlandungsprozess stärker oder direkter beeinflussen als andere, oder die in einigen Anlagen von grösserer Bedeutung sind als in anderen. Die Verlandung ist je nach Dauer seit der Inbetriebnahme und je nach Region, hiermit je nach Klima, Geologie und Topographie, Vegetation, usw., mehr oder weniger fortgeschritten, und nimmt in der Zukunftsplanung des Betreibers eine entsprechende Position ein.

Um eine Vergleichsmöglichkeit mit anderen Anlagen zu haben und den Zustand seiner eigenen Anlage bezüglich der Verlandung einschätzen zu können, ist eine Datenbank

die beste Grundlage. Bei der Anwendung und Auswertung einer Datenbank müssen deshalb erst die wesentlichen Eigenschaften bestimmt werden, anhand derer die Anlagen einander gegenübergestellt werden sollen. Für jede Gruppe von Anlagen können das wieder andere Argumente sein, die den besten Vergleich herstellen.

Die so erstellte Kategorisierung kann helfen, bestimmte Massnahmen und ihre Wirksamkeit in ähnlichen Speichern abzufragen. Es kann überprüft werden, ob die eigenen angewandten Methoden sich in ähnlichen Speichern bewähren, oder ob andere vorgezogen werden.

Das Projekt der Datenbank unterscheidet sich von bestehenden Datenbanken insofern, dass sie die verlandungsspezifischen Faktoren zusammenträgt.

Das vorliegende Projekt der Datenbank soll ebenfalls helfen, den Dialog unter den Betreibern zu eröffnen oder bereits aufgenommene Kontakte bezüglich der Verlandung von Speichern zu fördern. Da die Datenbank Daten von Speichern aus Deutschland, Österreich, Italien und der Schweiz enthalten wird, wird der Horizont mit diesem Projekt erstmals ausgedehnt, so dass weitere Vergleichs- und Kontaktmöglichkeiten über die Grenzen hinweg bestehen werden.

3. Charakteristiken der Speicher und Einzugsgebiete

Die Charakteristiken der Speicher und Einzugsgebiete können wie folgt unterteilt werden:

1. Ursache der Sedimente und Verlandung
2. Morphologie des Speicher
3. Charakteristik des Einzugsgebietes
4. Anlagenzweck
5. Management und Betrieb

Die Abbildung 2 bietet einen Überblick der wichtigsten Eigenschaften, aufgeteilt auf die 5 oben genannten Punkte. Nicht alle dieser Eigenschaften sind notwendig um sich ein Bild über den erreichten Grad der Verlandungsproblematik zu verschaffen.

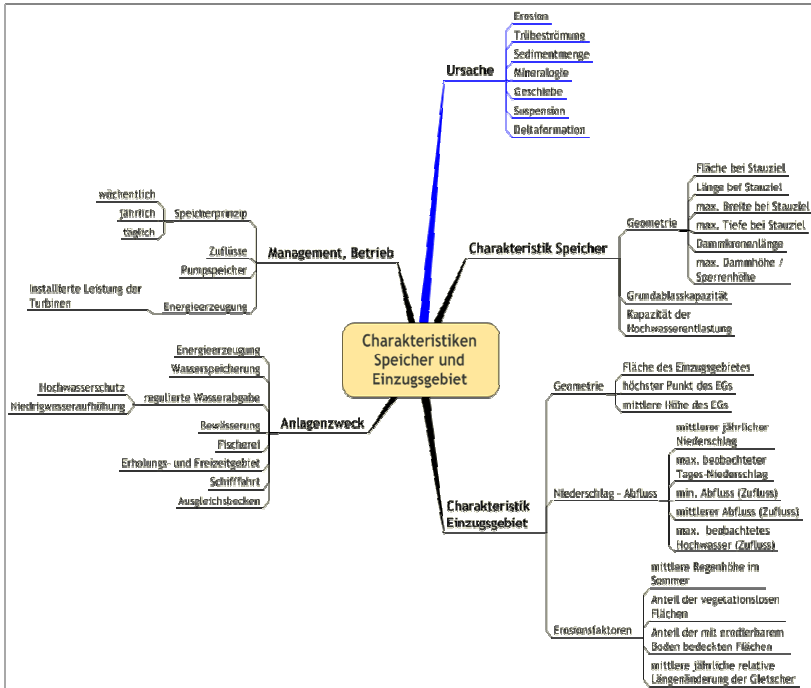


Abbildung 2: Parameter, die die Speicherverlandung beeinflussen

3.1 Ursache der Verlandung und Charakteristiken des Einzugsgebietes

Die Ursache der Verlandung von Stauseen ist vor allem im Eintrag von Geschiebe und Schwebstoffen durch die Fliessgewässer zu suchen, also den zuflussbedingten Ablagerungen. Geschiebe und Schwebstoffe sind Erosionsprodukte aus dem Abtrag des Einzugsgebietes des Stausees, wobei die Erosion von den Niederschlagsintensitäten und –mengen und vom Charakter des Einzugsgebietes (Vegetation, Bodenfestigkeit, Gefälle, Fläche, usw.) beeinflusst wird. Geschiebe besteht aus größeren Komponenten, welche in Sohlennähe der Fliessgewässer transportiert werden. Schwebstoffe stammen aus der Oberflächenerosion sowie der Zertrümmerung und dem Abrieb von Grobkomponenten. Die Verteilung der Sedimentkorngrößen in einem Fluss hängen von der Sedimentmenge, der Abflussgeschwindigkeit und von den Strömungsturbulenzen ab. In Hochwasserereignissen erreicht der Anteil der Sedimente feiner als Sand ca. 80 bis 90% der Feststofffracht. Erreicht der von Sedimenten getrübe Fluss den Speicher, werden die größeren Sedimente zuerst abgelagert und bilden im oberen Bereich des Speichers ein Delta, das sich, solange der Ablagerungsprozess anhält, immer mehr in den Speicher ausdehnt. Die feineren Partikel strömen in der Schwebelagung durch den Bereich des Deltas hindurch und treten nach dem Delta in eine quasi-homogene (nicht

stratifizierte) Strömungsregion ein. Durch den sich aufweitenden Fliessquerschnitt im See wird die Strömung abgebremst, und die Sedimente lagern sich an der Speichersohle im alten Flussbett fortlaufend ab. Der quasi-homogene Strom ist bei kleineren Abflussmengen und/oder höheren Sedimentkonzentrationen kürzer und umgekehrt. In der Folge kommen im Bereich der Sperre die feinsten Partikel zu liegen. Ab einer bestimmten Speichergrosse und -Tiefe, können die Feinsedimente auch sporadisch während Hochwasser als Trübestrome innerhalb des Stausees bis zur Talsperre transportiert werden.

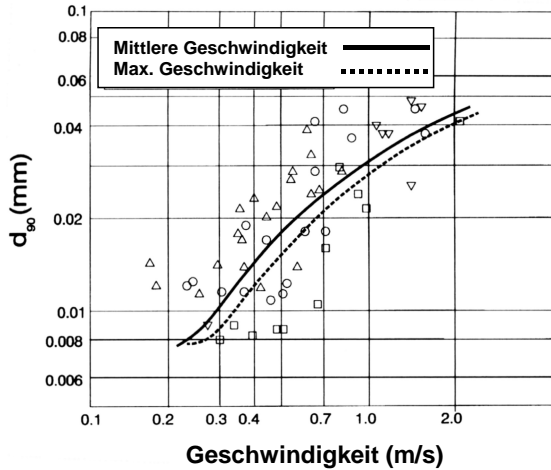


Abbildung 3: Maximal transportierbarer Korndurchmesser in Abhängigkeit der Fließgeschwindigkeit des Trübestroms gemäss Fan (1986)

Aufgrund obiger Überlegungen sind die Niederschlagsdaten für die Kategorisierung einer Anlage von Wichtigkeit, allerdings relativiert durch die geometrischen Parameter des Einzugsgebietes (EG). Bezüglich des Einzugsgebietes ergeben sich die folgenden übergeordneten Charakteristiken:

- Spezifischer Jahres-Niederschlag $P_{spez,a}$

$$\circ P_{spez,a} = \frac{P_{moy,a}}{A} \quad (1)$$

$P_{moy,a}$: Mittlerer jährlicher Niederschlag

A: Fläche des Einzugsgebietes

- Max. spezifische Tages-Niederschlagsintensität $P_{spez,d}$

$$\circ P_{spez,d} = \frac{P_{max,d}}{A} \quad (2)$$

$P_{max,d}$: Max. beobachteter Tages-Niederschlag

- Spezifischer mittlerer Abfluss $Q_{\text{spez,moy}}$

$$\circ Q_{\text{spez,moy}} = \frac{Q_{\text{moy}}}{A} \quad (3)$$

Q_{moy} : Mittlerer Abfluss

- Spezifischer max. Abfluss $Q_{\text{spez,max}}$

$$\circ Q_{\text{spez,max}} = \frac{Q_{\text{max}}}{A} \quad (4)$$

Q_{max} : Maximaler Abfluss

- Mittleres Gefälle G_{moy}

$$\circ G_{\text{moy}} = 2 \cdot (H_{\text{max}} - H_{\text{moy}}) / \sqrt{A} \quad (5)$$

H_{max} : Höchster Punkt des Einzugsgebietes

H_{moy} : Mittlere Höhe des Einzugsgebietes

Ein empirisches Modell zur Abschätzung der jährlichen Erosionsmaterialmenge basiert auf den folgenden Parametern und berechnet sich wie folgt (Beyer und Schleiss 2000):

$$V_A = 0.2112 \cdot 1.10683^{OV} - 5.684 \cdot OV + 0.2112 \cdot (H_{\text{Sommer}} \cdot \Delta GL + VO \cdot EB) + 11 \quad (6)$$

H_{Sommer} : Mittlere Regenhöhe während den Sommermonaten Juni bis September [mm]

OV: Prozentualer Anteil der mit erodierbarem Boden bedeckten Flächen des EGs [%]

EB: Prozentualer Anteil der vegetationslosen Flächen des EGs [%]

ΔGL : Jährliche Veränderung der Länge des Gletschers im Vergleich seiner Gesamtlänge [%]

Die Abschätzung des verlandeten Speichervolumenanteils nach Brune gibt eine Spannweite an, die in Funktion des Retentionsfaktors und des Verhältnisses zwischen dem Speichervolumen und dem jährlichen Abfluss ermittelt wird. Die 6 Pilotprojekte des europäischen Projektes Interreg IIIB-ALPRESERV wurden anhand dieser Abschätzungsmethode eingestuft und untereinander verglichen.

Die Brune's Kurve berechnet sich wie folgt:

$$TE = 100(0.97^{0.19^{98}(I/C)})$$

TE: Rückhaltefaktor

C: Speichervolumen [m³]

I: Mittleres jährliches Abflussvolumen [m³]

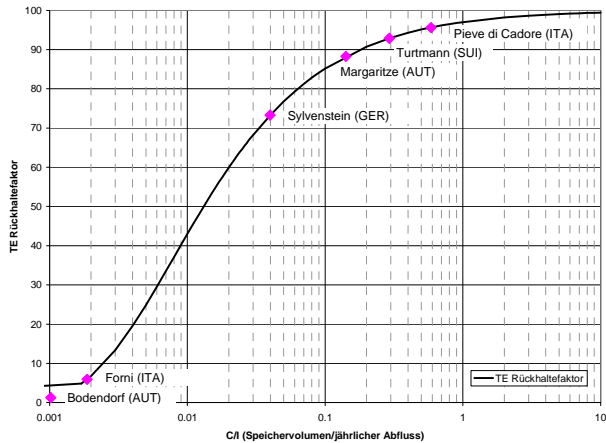


Abbildung 4: Rückhaltefaktor nach Brune (1953). Vergleich der Pilotprojekte im Rahmen des Projekts Interreg IIIB-ALPRESERV

3.2 Morphologie des Speichers

Die relevanten Parameter betreffend den Speicher sind die geometrischen Größen, die Kapazität des Grundablasses und diejenigen der Hochwasserentlastung. Die wichtigsten geometrischen Größen sind die folgenden:

- Speicherinhaltskurve bestehend aus dem Verhältnis Höhe-Volumen
- Kurve der Speicherfläche bestehend aus dem Verhältnis Höhe-Fläche

Daraus ergeben sich die folgenden Eckgrößen:

- Seefläche bei Stauziel
- Maximale Tiefe bei Stauziel
- Maximale Dammhöhe bzw. Sperrenhöhe
- Stauvolumen bei Stauziel

Von Interesse sind zudem in Anbetracht des Trübestromes:

- Seelänge bei Stauziel
- Maximale Breite bei Stauziel

Die Kapazität und Lage des Grundablasses und der Hochwasserentlastung sind zentral. Zusammen mit dem Abfluss und mit dem Speichervolumen bestimmt sie die Aufenthaltszeit des Wassers im Speicher. Durch die Aufenthaltsdauer wird auch die Menge der Sedimente, die sich im Speicher absetzen und zur Verlandung führen, beeinflusst.

3.3 Zweckorientierung

Die Zwecke der Anlagen sind weltweit gesehen vielfältig, im Alpenraum jedoch meist beschränkt auf die Elektrizitätsproduktion und den Hochwasserschutz. Um mit der Energieproduktion einen möglichst hohen Gewinn zu erwirtschaften, ist der Betreiber daran interessiert, den Speicher möglichst voll zu halten. Eine wirkungsvolle Speicherspülung schiebt jedoch die vollständige Absenkung des Stausees voraus, ansonsten bewirkt die Methode lediglich ein lokales Freispülen der Auslassorgane. Die Absenkung des Sees ruft aber eine Nullproduktion von Elektrizität während der Periode des Spülvorgangs hervor, welche in Abhängigkeit der Spüldauer hohe Kosten aufwerfen und evt. ökologische Folgen haben kann. Diese Methode wird deshalb im Frühling (voller Speicher) kaum angewendet, auch sonst häufig gemieden oder nur unregelmässig benützt.

3.4 Speicherbetrieb

Das Speicherprinzip hängt vom Speichervolumen und von den Zuflüssen ab. Je nach den Verhältnissen kann ein Speicher einen täglichen, wöchentlichen oder jährlichen Speicherrhythmus aufweisen. Wird das Speichervolumen häufig erneuert oder umgewälzt, können die Sedimente mit dem Triebwasser aus dem Speicher getragen werden, da sich die Sedimente bis zur Zeit der Wasserspiegelabsenkung teils noch nicht abgesetzt haben.

Ein Speicher mit Pumpbetrieb weist in der Regel weniger Sedimente auf als vergleichbare Speicher ohne Pumpbetrieb, da gepumptes Wasser meist beinahe ohne Sedimente in den Speicher eingespiesen wird.

Auch bei Speichern mit Zuleitungen aus benachbarten Einzugsgebieten kann einem starken Sedimenteintrag mittels Absatzbecken oder Entsander vorgebeugt werden.

Aufgrund der installierten Leistung der Anlage kann abgeschätzt werden, wie schwerwiegend eine Nullproduktion an Energie für die Jahresbilanz des Speicherbetriebs ist. Ist der Produktionsausfall auf die Dauer gross, so wird häufig eine länger andauernde Spülung des Speichers gemieden.

3.5 Datum der Inbetriebnahme

Wie eingangs erwähnt, wird die durchschnittliche Verlandungsrate weltweit auf 1-2% pro Jahr geschätzt. Diese Annäherung ist jedoch als Volumenbestimmungsmethode für die alpinen Speicher zu überschlägig und berücksichtigt nicht die Speicher eigenen Bedingungen. Eine qualitativ bessere Abschätzung ergibt die Verlandungskurve nach Brune (siehe Abschnitt 3.1). Diese gilt im Fall, wo keine Entlandungsmassnahmen angewendet werden.

Genauere Angaben werden durch Messungen erhalten (z.B. Echolotmessungen) oder anhand des empirischen Erosionsmodells (Niki Beyer, 2000) ermittelt. Dieses Modell wurde aufgrund 19 verschiedener schweizerischer Einzugsgebiete erstellt (siehe Abbildung 5).

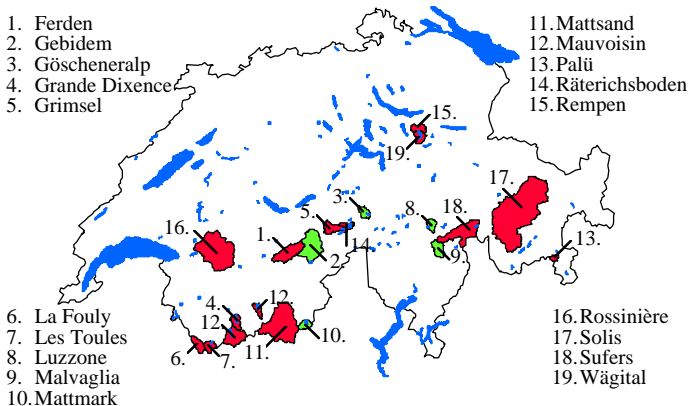


Abbildung 5: Geographische Situation der 19 bezüglich Bodenabtrag untersuchten Einzugsgebieten in der Schweiz (Beyer Portner 1998)

Darauf basierend können Rückschlüsse auf die Verlandungsrate und somit auf die zukünftige Entwicklung der Verlandung des untersuchten Speichers gemacht werden. Ist zusätzlich das Volumen-Höhe-Verhältnis des Speichers bekannt, kann daraus auch die Höhe der Sedimente ermittelt werden. Diese Angaben geben Aufschluss, ob die Bauwerke des Grundablasses und der Triebwasserfassung in Gefahr sind und ob Handlungsbedarf besteht.

4. Mögliche Methoden zur Entlandung

Sind die Sedimente einmal in den Stausee gelangt, gibt es nur noch retroaktive oder passive Möglichkeiten, welche zumindest die Verlandungen beseitigen oder deren negative Auswirkungen begrenzen. Die Verlandung kann hinausgezögert oder verhindert werden, falls man die Ablagerungen regelmässig räumt. Dies kann durch Baggerungen bei vollem oder abgesenktem See vom Ufer oder von Schiffen aus geschehen. Je nach der zu entfernenden Sedimentgranulometrie und der Baggertiefe kommen Saugbagger oder konventionelle, rein mechanische Bagger in Frage. Eine äusserst effiziente Massnahme ist die hydraulische Räumung des Staussees mit einer Spülung, wobei dieser – sofern möglich – vollständig entleert wird (Boillat, J.-L. et al., 2003). Dabei können sich ökologische Probleme und Auflandungen flussabwärts der Talsperre ergeben. Entscheidend dafür ist die Höhe der Feststoffbelastung während des relativ kurzen Spülvorgangs. Schwebstoffe tragen im Wesentlichen zur Verlandung eines Staussees bei. Falls es gelingt, diese am Absetzen zu hindern, können sie kontinuierlich über die Auslassorgane entfernt werden. Dabei sind begrenzte Feststoffkonzentrationen im Triebwasser durchwegs akzeptierbar.

Bei allen Methoden stellen sich die Fragen der Wirtschaftlichkeit, der Nachhaltigkeit und der Ökologie.

5. Anwendung der Datenbank anhand der Pilotstudien

Die Datenbank auf ihrer heutigen Projektstufe ist noch nicht vollständig. Es fehlen einerseits Einträge, die die Erosion betreffen und andererseits solche, die die Probleme der einzelnen Entlandungsmethoden erfassen.

5.1 Erosion und Sedimentabtragvolumen

Die Ermittlung des Verlandungsstadiums eines Speichers gibt die notwendige Grundlage für Diskussionen innerhalb eines Betriebes oder einer Region und für zukunftsorientierte Entscheidungen. Aufgrund dieses Wissens können die notwendigen Schritte in die Wege geleitet werden, wie z.B. Massnahmen ergriffen oder einen langfristigen Massnahmenplan aufgestellt werden. Der eigene Eintrag und das Einsehen der Datenbank sollen den Dialog zwischen den Betreibern fördern und als Plattform zum Erfahrungsaustausch dienen.

Die hierzu notwendigen Parameter wurden bereits im Abschnitt 3.1 erwähnt.

5.2 Entlandungsmethoden

Die Massnahmen gegen die Verlandung können anhand von mehreren Kriterien beurteilt werden. Das für den Betreiber vorerst wichtigste Kriterium ist die Effizienz der Methode, d.h. die Menge der Sedimententnahme pro Zeiteinheit und Kosten und gegebenenfalls pro nicht turbiniertes und somit für die Energieproduktion verlorenes Wasservolumen. Nebst diesen wirtschaftlichen Kriterien gibt es die ökologischen Aspekte: die Rücksicht auf die Biozönose des Unterwassers. Die Methode kann nicht durchgeführt werden, ohne die ökologischen Belange in hohem Masse zu berücksichtigen. Diese müssen von Fall zu Fall neu bestimmt werden, da die zulässige Konzentration von der Fauna und Flora der Region des Speichers abhängig sind.

Die zur Beurteilung relevanten Parameter einer Methode und Anwendungseinheit sind:

- Die zulässige Sedimentkonzentration
- Das benötigte Wasservolumen
- Die erforderliche Zeit
- Das beförderte Sedimentvolumen

5.3 Erfolgsmessung

Abschliessend ist es von grossem Interesse, die zum Speicher proportionale Effizienz der Methode oder der Methodenkombination zu erfahren. Die beförderten Sedimentmengen müssen unter dem Aspekt der Wirtschaftlichkeit dem Gesamtvolumen des Speichers und der jährlichen Sedimenteintragsmenge gegenübergestellt werden. Nur so kann abgewogen werden, ob die getroffene Wahl der Entlandungsmethoden berechtigt und für den Speicher geeignet war. Die Erwägung der Übertragung solcher Entscheidungen gründet vor allem auf den übrigen Parametern, die im Kapitel 3 behandelt wurden.

6. Schlussfolgerungen

Die Datenbank zur Speicherverlandung ist im Begriff zu entstehen. Einige unerlässliche Parameter wurden bereits definiert und in einer ersten Version übernommen. Um als Plattform für den Dialog und zur Erfahrungsaustausch im Alpenraum (Deutschland, Italien, Österreich, Slowenien, Schweiz) zu dienen, muss sie aber noch ergänzt werden: Charakteristiken, die zur Ermittlung des Verhandlungszustandes dienen, und solche, die die Entlandungsmethoden bewerten, müssen ebenfalls in die Datenbank integriert werden. Der nächste Schritt ist die Publikation und die Verbreitung der Datenbank. Es ist im Sinne des Projektes Interreg IIIB - ALRESERV, dass landesübergreifend Einträge getätigt werden, und die Datenbank als Quelle benutzt wird. Sie soll zum Austausch über die Grenzen hinweg zur Verfügung stehen und zum Dialog anregen. Die Datenbank soll allen Betreibern als Entscheidungsgrundlage für die zukünftigen Managementschritte und zur Massnahmenplanung dienen.

Bibliographie

- Beyer Portner, N.** (1998). Erosion des basins versants alpins par ruissellement de surface, PhD Thesis, Communication 6, Laboratoire de Constructions Hydrauliques (LCH), Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, Suisse.
- Beyer, N., Schleiss, A.** (2000). Bodenerosion in alpinen Einzugsgebieten in der Schweiz, Wasserwirtschaft, 90. Jahrgang, Nr. 3, pp. 88-92.
- Boillat, J.-L., Delley, P.** (1992). Transformation de la prise d'eau de Malvaglia; Etude sur modèle et réalisation, Wasser, Energie, Luft – Eau, énergie, air, 84. Jahrgang, Heft 7/8, Baden, Schweiz, pp. 145-160.
- Boillat, J.-L., Pougatsch, H.** (2000). State of the art of sediment management in Switzerland, Proc. Int. Workshop and Symp. on Reservoir Sedimentation Management, Toyama (Japan), pp. 143-153.
- Boillat J.-L., Oehy Ch., Schleiss A.** (2003) "Reservoir Sedimentation Management in Switzerland", The 3rd World Water Forum, Challenges to the Sedimentation Management for Reservoir Sustainability, March 2003. pp. 143 – 158.
- Brune, G. M.** (1953). Trap efficiency of small reservoirs. Transactions of the American Geophysical Union 34(3): 407-418.
- Fan, J.** (1986). Turbidity currents in reservoirs. Water International, 11(3), p. 107 – 116.
- Hug, Ch., Boillat, J.-L., Lier, P.** (2000). Hydraulic model tests for the new water intake of the Mauvoisin hydroelectric Scheme (Switzerland), Proceedings of HYDRO 2000 – "Making Hydro more Competitive", Session III: Sediment Management, 2-4 October 2000, Berne/Switzerland, pp. 161-170.
- Oehy, Ch., De Cesare, G., Schleiss, A.** (2000). Einfluss von Trübeströmen auf die Verlandung von Staubecken. Symposium Betrieb und Überwachung wasserbaulicher Anlagen, 19.-21. Oktober 2000, Graz, Österreich, Mitteilung des Instituts für Wasserbau und Wasserwirtschaft Nr. 34, 2000; p. 413-422.
- Oehy, Ch., Schleiss, A.** (2003). Beherrschung von Trübeströmen in Stauseen mit Hindernissen, Gitter, Wasserstrahl- und Luftblasenschleier, wasser, energie, luft – eau, énergie, air, 95. Jahrgang 2003, Heft 5/6, pp. 143-152.
- Schleiss A., Oehy Ch.** (2002). Verlandung von Stauseen und Nachhaltigkeit, wasser, energie, luft – eau, énergie, air, 94. Jahrgang 2002, Heft 7/8, pp. 227-234.
- Schleiss, A., Oehy, Ch.** (2001). Verlandung von Stauseen und Nachhaltigkeit. Internationales Symposium, Wasserkraft – die erneuerbare Energie, Oktober 2001, Chur.

Adresse der Autoren

Jolanda Jenzer et Giovanni De Cesare
Laboratoire de Constructions Hydrauliques (LCH)
Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)
1015 Lausanne, Schweiz
Tél.: +41 21 693 23 85
<http://lchwww.epfl.ch>
jolanda.jenzer@epfl.ch, giovanni.decesare@epfl.ch

- N° 1 1986 W. H. Hager
Discharge measurement structures
- N° 2 1988 N. V. Bretz
Ressaut hydraulique forcé par seuil
- N° 3 1990 R. Bremen
Expanding stilling basin
- N° 4 1996 Dr R. Bremen
Ressaut hydraulique et bassins amortisseurs, aspects hydrauliques particuliers
- N° 5 1997 Compte-rendu du séminaire à l'EPFL
Recherche dans le domaine des barrages, crues extrêmes

Communications du Laboratoire de constructions hydrauliques
Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne
Editeur: Prof. Dr A. Schleiss

- N° 6 1998 N. Beyer Portner
Erosion des bassins versants alpins suisse par ruissellement de surface
- N° 7 1998 G. De Cesare
Alluvionnement des retenues par courants de turbidité
- N° 8 1998 J. Dubois
Comportement hydraulique et modélisation des écoulements de surface
- N° 9 2000 J. Dubois, J.-L. Boillat
Routing System - Modélisation du routage de crues dans des systèmes hydrauliques à surface libre
- N° 10 2002 et suivants, voir verso page titre



ÉCOLE POLYTECHNIQUE
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

ISSN 1661-1179

Prof. Dr A. Schleiss
Laboratoire de constructions hydrauliques - LCH
EPFL, Bât. GC, Station 18, CH-1015 Lausanne
<http://lchwww.epfl.ch>
e-mail: secretariat.lch@epfl.ch